

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

2012



**Metody a techniky hodnocení krajiny
po těžbě hnědého uhlí**

**Methods and technics of recognition landscape values in
post-mining areas**

Disertační práce

RNDr. Ivana Kašparová

Obor: Aplikovaná a krajinná ekologie

Katedra: Biotechnických úprav krajiny

Školitel: prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Metody a techniky hodnocení krajiny po těžbě hnědého uhlí“ vypracovala sama na základě vlastní práce, vlastních zjištění a s použitím odborné literatury a materiálů uvedených v práci.

květen 2012

Ivana Kašparová

Ráda bych poděkovala všem, kteří mě provedli mým doktorským studiem a podporovali mě při práci na této disertaci. Především chci poděkovat prof. Ing. Petru Skleničkovi, CSc., svému vedoucímu práce a školiteli, doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc., mé konzultantce a osobní manažerce v jedné osobě a všem mým kolegům, které jsem často žádala o rady.

Chci poděkovat své rodině za trpělivost a toleranci v době, kdy jsem tuto práci dokončovala.

Souhrn

Povrchová těžba těžce postihuje krajinu a působí v ní nevratné změny. Posttěžební krajiny se zpravidla velmi liší od původních krajin. Tato práce má za cíl ukázat, jak lze modelovat krajinu před těžbou, stávající i tu cílovou, kdy je vhodné použít vektorový nebo rastrový model, jak využívat historická data k analýze krajinných a funkčních charakteristik těžebních krajin v různých časových obdobích. Na příkladech krajiny v Podkrušnohoří a Kladenska je ukázáno, jak lze analýzy použít v hodnocení zranitelnosti posttěžební krajiny, přírodního potenciálu nebo vizuálních kvalit, aby mohly sloužit k podpoře rozhodování v rámci krajinného, územního nebo regionálního plánování.

Klíčová slova

Těžební a posttěžební krajina, land use model, hodnocení funkcí, historická data

Summary

Open cast mining affects landscapes heavily and is mostly irreversible. Post-mining landscapes often differ considerably from the original ones. This work aims at presenting, how the pre-mining, current, and post-mining landscapes can be modelled, what is the right choice of raster or vector model, how to use historical data for analysis of landscape and functional properties of the post-mining landscapes at various time scenarios. The landscapes of Krušné hory foothills (Sokolovsko) and of the hard coal mines at Kladno were examined and the landscape vulnerability, nature potential or visual qualities were derived from the land use models. The obtained classification can be used for further decisions within landscape management or territorial planning.

Keywords

Mining and post-mining landscape, land use model, assessment of functions, historical data

Obsah

Úvod	3
Cíle práce	4
Literární přehled.....	4
Těžební krajina – hornická krajina – posttěžební krajina	6
Změny krajiny	8
Diagnostika krajiny	9
Funkce krajiny.....	11
Management posttěžební krajiny	13
Metodické postupy disertační práce.....	16
Model terénu.....	16
Model historického terénu.....	17
Model současného terénu.....	17
Model land use	19
Model historického land use	20
Data pro současný land use.....	21
Model současného land use	21
Data pro verifikaci současného land use	22
Výsledky.....	28
Použití land use/land cover jako indikátoru změn a funkčnosti krajiny.....	28
Paměť krajiny.....	28
Funkční změny krajiny Sokolovska 1842 – 2010	30
Topografie jako diagnostický nástroj	34
Komentář k souboru prací.....	35
Závěr	38
Reference	39
Přílohy:.....	47
Příloha 1. Historický land use zájmového území dle kategorií Stablního katastru (1842 – 43).	47
Příloha 2: Kategorie historického land use sjednocené na základě provedené vektorizace	48
Příloha 3a: Klasifikace druhů pozemků v katastru nemovitostí	48
Příloha 3b: Klasifikace využití pozemků druhu „ostatní plocha“	49
Příloha 4: CORINE hierarchie CLC kategorií.....	50
Příloha 5: Základní jednotky a podjednotky mapovaného land use v roce 2010	51

Příloha 6. Klasifikace a popis kultur na půdních blocích v LPIS	52
Příloha 7. Seznam autorských výstupů.....	54
Článek v časopise s IF	54
Článek recenzovaný (RIV, SCOPUS, WoS).....	54
Specializované mapy s odborným obsahem (RIV).....	55
Studijní texty.....	58
Texty v tisku nebo recenzním řízení	59
Účast v projektech za posledních 8 let.....	59
Příloha 8 - vybrané publikace v plném znění.....	60

letech u nás převažovala zemědělská rekultivace. V souvislosti s nižším využíváním zemědělské půdy se v současné době mění struktura rekultivací ve prospěch lesnických rekultivací a rekreačního využití nové krajiny. Obdobně jako v sousedním Německu se těžební společnosti snaží uplatnit i hydrickou rekultivaci a ostatní vhodné rekultivace využitelné pro podnikatelskou činnost. V případě, že se jedná o obnovu území po báňské činnosti pro ostatní účely lze využít i jiné, netradiční formy rekultivací. Těžba, která novou krajinu formovala, se i vhodným způsobem „přiznává“ jako součást její historie a její významné architektonické nebo geologické pozůstatky se stávají předmětem ochrany (Stalmachová 2006).

V Německu se dokonce hovoří o „největším krajinném staveništi“ Evropy, když se v lužické těžební krajině rozsáhlé cca 2500 km² (Pusch et Hoffmann 2000) nebo dolnosaské (cca 680 km²) uskutečňují projekty s cílem nejen obnovit využitelné zemědělské a lesní pozemky, ale vytvořit nové uspořádání na vyšší úrovni, zhodnocené další přidanou hodnotou (Bayerl 2006).

V Polsku, kde povrchová těžba surovin probíhá na cca 260 km², se také v rámci rekultivací uplatňují holistické přístupy s cílem vytvoření multifunkční krajiny. Tamější rekultivace mají v Polsku, tak jako těžba samotná, dlouhou tradici. Dnešní park Bednarskiego v Krakově je dokonce považován za jednu z vůbec prvních realizací rekultivačních prací v Evropě, byla provedena na konci 19. století (Kasztelewicz 2010).

Cíle práce

Použít nástroje geografických informačních systémů pro vytvoření vhodného modelu krajiny v oblastech s dominující funkcí produkce surovin (těžební krajiny) v různých historických obdobích.

Na vytvořených modelech analyzovat krajinné a funkční charakteristiky těžebních krajin v různých časových obdobích.

Využít těchto analýz pro hodnocení přírodního potenciálu nebo zranitelnosti posttěžební krajiny.

Literární přehled

Krajina sama je **pojem**, který vznikl historicky na základě vnímání lidí především svého dostupného (dohlédnutelného a dosažitelného) okolí. Krajinu si vymezuje každý vědní obor podle svých potřeb, a tak jinak chápou krajinu geografové, ekonomové, historici nebo sociologové. Kender (2000) dokonce shrnuje přístupy českých autorů ke zkoumání krajiny do kapitoly „typologie teorií o ekologii krajiny“, v níž ukazuje, že úhel pohledu opravdu nelze omezit. V Evropě nakonec došlo k dohodě nad pojmem krajina v dokumentu Evropská úmluva o krajině, který říká, že „krajina“ znamená část území, tak jak je vnímána obyvatelstvem, jejíž charakter je výsledkem činnosti a vzájemného působení přírodních a/nebo lidských faktorů (Council of Europe 2000). Toto pojetí krajiny tedy integruje jak přírodní kvality krajiny, tak její význam pro člověka, který ji obývá a využívá. V Evropě propagované holistické pojetí krajiny navazuje na definice např. Haase (1990): „biofyzikální jednotky jsou tvořeny přírodními procesy (primární struktura), zatímco krajiny představují interakci mezi primární

strukturou, land use a dalšími lidskými činnostmi: nebo Zonnevelda (1995 ex Sklenička 2003): „krajinu tvoří soustava systémů vyššího řádu s řadou subsystémů ve vzájemné interakci, které svou fyziognomií utvářejí zřetelně vymezenou část zemského povrchu a jsou spoluvytvářeny abiotickými, biotickými a antropogenními činiteli“. Forman a Godron (1993) ve své definici krajiny přímo interakci s člověkem nezdůrazňují, ale lze ji najít o úroveň struktury níže, jakou součástí chápání antropogenně ovlivňovaných (a tedy i udržovaných) ekosystémů.

S chápáním a způsobem zkoumání souvisí i **klasifikace/typizace** krajin nebo krajinných typů.

V odborné literatuře se používají pro popis souhrnu kvalit krajiny termíny jako klasifikace, typologie nebo stratifikace, na rozdíl od regionalizace, která vylišuje jedinečné souvislé části krajiny od ostatních (Lipský 1999). Klasifikace je obecný termín, znamená systém nebo činnost třídění. Pokud ale třídy neznamenaají popisné jednotky, ale představují spíše intervaly na nějaké škále, dávají současní evropští autoři přednost termínu stratifikace (Mücher et al. 2010, Metzger et al. 2005). Oproti tomu typologie se spíše dá použít v situacích, kdy jednotlivé typy představují entity jasně odlišné od ostatních.

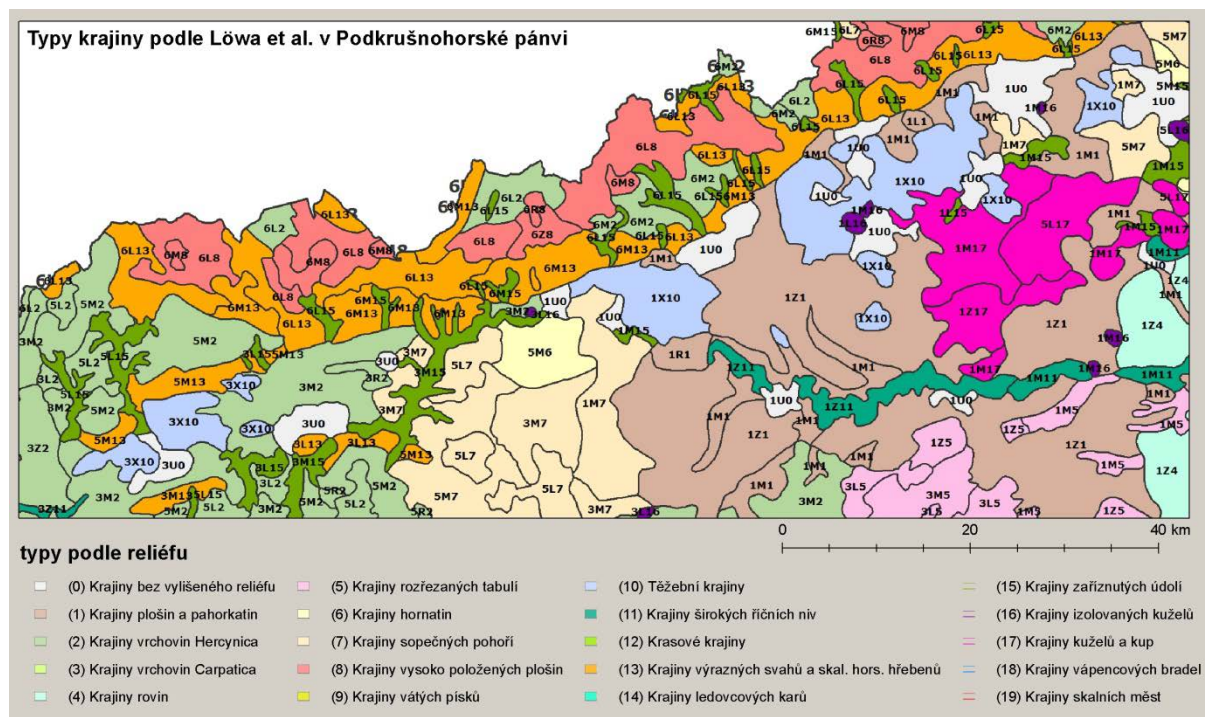
Co však determinuje použití klasifikace, je metodický přístup, podle kterého vznikla. Do konce 20 století převládaly expertní přístupy, založené na expertním posouzení a syntéze konkrétních (zjistitelných a měřitelných) dat o krajině. Vlastnosti, použité k expertní definici typů krajin, mohou být biogeografické (biochory), morfologické (tvaru reliéfu), vegetační stupně, nebo míra přetvoření člověkem (Sklenička 2003, Löw et Míchal 2003, Lipský et Romportl 2007). V rámci projektu MŽP ČR "Typologie české krajiny" (Löw et al. 2005) vznikla dosud nejucelenější soustava rámcových typů krajiny v ČR. Cílem bylo vymezení typů krajiny a jejich popis z hlediska jejich přírodních, socioekonomických a kulturněhistorických.

Nevýhodou takovýchto klasifikací je ale generace velkého počtu typů daných kombinacemi počtu existujících tříd v jednotlivých kategoriích. Vymezení tříd (typů) pak je navíc zatíženo subjektem autora a těžko je lze aplikovat na jiná území. Touto metodikou byly vytvořeny například typologie dle Culka (2005), Löwa (2005) nebo mapy v Atlase životního prostředí a zdraví ČSFR (1992).

Radikální navýšení dostupných dat a kapacity výpočetních systémů vedou k novým metodám klasifikace krajiny založené na kvantitativní typologii. Ta je nezávislá na subjektivním hodnocení, neboť používá statisticky založené metody (např. shlukovou analýzu nebo objektivě orientovanou analýzu obrazu). Tyto metody již umožňují vytvořit výstižnou typologii pro rozsáhlá a diverzifikovaná území, která současně umožňuje slučovat třídy podle podobnosti nebo naopak vytvářet podtřídy podle potřebného detailu. Takto vytvořená typologie navíc umožňuje vybírat náhodné reprezentativní vzorky krajin pro celé území kontinentu, ať již pro úlohy modelování scénářů, nebo zjišťování změn v evropském měřítku. Na kvantitativní typologii jsou založeny systémy navržené pro Evropské krajiny Metzgerem et al. (2005), Mücherem et al. (2010), van Eupenem et al. (2012) a další.

Pro české krajiny tento přístup použili Chuman et Romportl (2010), když analyzovali dostupné údaje o 7 proměnných utvářejících krajinu: klima, půdy, topografie-nadmořská výška, sklon a orientace, potencionální přirozená vegetace a CORINE land cover. Hledisko užívání člověkem je vyjádřeno kategoriemi CORINE. Metodou TWINSpan pak analyzovali shluky hodnot proměnných a identifikovali 11 odlišných typů krajin pro ČR. Reger et al. (2006) použili shlukovou analýzu k určení typů krajin

podle změny jejich land cover a dalších charakteristik (nadmořská výška, svazitost, půdní vlhkost, stupeň LFA).



Obr. 2.: Označení typů krajiny v Podkrusohorské pánvi podle Löwa et al. (2005). Kód X10 označuje krajinu bez určeného land cover a typ reliéfu těžební krajina.

Těžební krajina – hornická krajina – posttěžební krajina

Označení nebo vymezení kategorie „těžební krajina“ se blíží individualistickým přístupům nebo regionalizaci, kdy část území autoři vymezují tím, jak se odlišuje od ostatních. Těžební krajina se od ostatních krajiny liší typem land use, změnou geodiverzity, změnou fragmentace a prostupnosti, krajinným rázem, zastoupením „neidentifikovaných“ půd. Těžební krajiny sice přitahují velkou pozornost, ale svým rozsahem jsou v rámci velkých územních jednotek zanedbatelné. Typ těžební krajiny je definován jen v některých typologiích (klasifikacích) a v těch, které jsou založeny na kvantitativním přístupu, se tento typ nevyskytuje vůbec.

V současných evropských typologiích, hierarchicky uspořádaných a statisticky definovaných, jsou těžební krajiny příliš vzácné a prostorově zanedbatelné, takže pro ně nejsou vytvořeny samostatné typy (strata, kategorie). Většinou jsou zařazeny do urbanizovaných území. LANMAP, jak jej vytvořili Múcher et al. (2010), zahrnuje území postižená těžbou do urbanizovaných území.

U nás těžební krajinu nejpodrobněji determinují těžební krajinu v rámci ucelené typologie Löw et Míchal (2003) při zkoumání krajinného rázu. Vycházejí z regionalizace krajiny podle hlediska využívání krajiny a struktury sídel. Těžební krajinu determinují jako krajinu, v níž je nevratně změněna primární struktura a míra změny je taková, že zásadní. Tedy kategorizace expertní a individualistická, neboť do těžební krajiny řadí jen území povrchových dolů a výsypek. Löw (2003) sice do ní zahrnuje textově i Ostravsko-karvinskou pánev, ale v mapě Typologie krajiny podle využití se těžební krajina kromě Podkrusohorí vyskytuje jen u Horní Břízy na Plzeňsku a Milhostova u Chebu v souvislosti s těžbou

kaolínů. Jiné krajiny ovlivněné těžbou středověkou nebo pozdější (Kutná Hora, Krušné hory s hlubinnou těžbou, Kladensko) nejsou součástí žádné typologie.

Obdobně se těžební krajiny vylíší i v některých klasifikačních systémech okolních států, metodika se ale liší (Tabulka 1).

Tabulka 1. Příklady definování typu nebo samostatné kategorie pro těžební krajinu.

Autor	název	typ "těžební krajina"	název typu	Metodika
Česko(-Slovensko)				
Culek et al.	Biogeografické členění České republiky II. díl.	ne		
Nováček V. et al.	Atlas ŽP a zdraví ČSFR: Využití ploch	ano	těžební a devastované plochy	vizuální interpretace LANDSAT TM + vzorky z mapy land use 1:50000
Lacina J. Buček A.	Atlas ŽP a zdraví ČSFR: Ekologická stabilita	ano	území devastované těžbou s vysokým podílem ruderální vegetace	neurčeno
Löw & Míchal 2003, 2005	Typologie české krajiny	ano	Těžební krajiny	vizuální interpretace - změněný reliéf
Kolejka, Romportl, Lipský	Atlas krajiny: Typy současné krajiny	ano	Těžební s loukami	vizuální interpretace - land use
Romportl	Typy funkčních/současných krajin	ne		maska na urbanizované plochy nad 5 km ²
celá Evropa				
Mücher et al. 2003	LANMAP	ne		maska na urbanizovaná území
Metzger et al.	Environmental Stratification of Europe	ne		dtto
Hazeu et al.	Agri-environmental zonation	ne		dtto
Perez-Szoba et al.	FARO rural typology	ne		dtto
Evropské státy				
ELCAI report (GB)	English Landscape Types	ano	CoaldFields	3. úroveň - zakres "cultural pattern"
(HU)	National Atlas of Hungary: Landuse types	ano		topografie + přirozená vegetace + hydrologie + dominantní landuse: slovní popis
FNCA 2004 (DE)	BfN: LANIS	ano	mining landscape	GIS overlay: natural landscapes x soils x CORINE

Z popsané situace vyplývá, že nelze srovnávat vývoj těchto krajín v různých částech Evropy, pokud se nepřistoupí na ad-hoc model založení jen na vybraných srovnatelných komponentách typologie.

Zcela jiné pojetí těžební krajiny zavádějí Giurco a Cooper (2012), kteří definují koncept „surovinové krajiny“ (mineral resources map) přístupem podobným sestavování myšlenkové mapy. Surovinová krajina podle nich zahrnuje 4 složky – (i) zdroje, (ii) technologie dobývání a zpracování, (iii) využití – včetně zahrnuté hodnoty a služeb, které zdroje poskytují, a (iv) míry spotřeby a produkce. Takto vymezenou krajinu potom předkládají k diskuzi o variantách využívání příslušného zdroje, přičemž přínos v definici surovinové krajiny spatřují v možnosti identifikovat zájmy různých účastníků na jednotlivé složky surovinové krajiny.

Těžební krajiny se liší krajinným rázem – což je svou podstatou opět individualistické hodnocení, shrnující v sobě estetické a vizuální vnímání, prvky historického a sociálního kontextu. Ač Löw a Míchal (2003) nepřikládají ochraně krajinného rázu těžební krajiny žádný význam, ve skutečnosti uživatelé těchto krajín se chovají jinak a jak geomorfologické artefakty a na ně navazující vznikající a vyvíjející se biotopy, tak industriální architektura jsou předmětem zájmu a ochrany společností. Příkladem je zařazení některých historických hornických krajín do kategorie tzv. „fosilních“ nebo „reliktních“ krajín, jež jsou předmětem zájmu UNESCO (2006), a jež vycházejí ze zájmů různých Evropských států nebo regionů (Conesa et al. 2008, Albrecht et al. 2007, Stalmachová 2006).

Do krajiny hlubinné těžby náleží o to, co je pozorovateli na povrchu skryto – temná vnitřní krajina (Francaviglia 1991) – rozsáhlá síť šachet – která měla rozhodně ve své době pro obyvatele velký význam a dodnes má specifický vliv na krajinu na povrchu.

Změny krajiny

Změna krajiny je považována za jednu ze základních charakteristických vlastností krajiny, která se projevuje stejnými základními charakteristikami jako každý jiný systém, ať již jde o organismus nebo např. ekonomický systém (Lipský 1998). Studium změn ve vývoji krajiny je založeno na sledování změn základních charakteristik jednotlivých složek krajiny (matrice, plošky, linie). Těmito charakteristikami jsou (Forman et Godron 1993, Lipský 2000): plošné zastoupení, dynamika (rozšiřování, zmenšování) a prostorová konfigurace.

Časový průběh změn není rovnoměrný. Až do průmyslové revoluce byla krajina chápána jako (téměř) neměnná, byla součástí identity obyvatel (národa), protože poskytovala místa, prvky a nakonec i stavby, které byly považovány za věčné a pomáhaly upevnit příslušnost obyvatel k danému místu. (Cílek 2002).

Změny zaznamenané v rámci jedné generace nastaly až s technickým rozvojem a demografickými změnami v 18. století. Antrop (2005) v této souvislosti dělí krajiny na tradiční, revoluční a postmoderní. Hlavním rozdílem mezi tradičními a novými krajinami spočívá v jejich dynamice (rychlosti i měřítku) a změnách vnímání, kdy máme k dispozici nevládnutelnou záplavu dat o těchto změnách. Tradiční krajiny se podle Formana a Godrona (1993) vyvíjejí působením tří mechanismů: specifických dlouhodobých geomorfologických pochodů, forem osídlování krajiny jednotlivými organismy a místními krátkodobými disturbancemi jednotlivých ekosystémů.

Antrop (2005) považuje za hlavní činitele současných změn kulturní krajiny dostupnost, urbanizaci a globalizaci, které působí současně a zároveň reagují na jediný přírodní (nepředvídatelný) činitel a to kalamity. Také odvozuje trendy, které jsou ve vývoji současné kulturní krajiny nejzřetelnější:

- Intenzifikace a zemědělské produkce mění mokřady a přírodní oblasti v zemědělské půdy, což je pravděpodobnější v hustě obydlených oblastech.
- Živelný růst měst, růst infrastruktury a funkční urbanizace.
- Zvláštní turistické a rekreační formy využívání půdy, jejichž rozvoj se zrychluje v pobřežních a horských oblastech.
- Extenzifikace využívání půdy končící jejím opouštěním, které bude pravděpodobně nadále ovlivňovat vzdálené venkovské oblasti s méně příznivými podmínkami sociálními, ekonomickými podmínky a špatně dostupnými.

Vznik kulturní krajiny, tj. krajiny využívané a ovlivňované člověkem, spadá na území České republiky do období neolitu (5. tisíciletí př. n. l.), kdy zemědělci osídlili pouze nejsušší a nejteplejší, zároveň nejúrodnější oblasti kolem nadmořské výšky 300 m. Odlesnění území v neolitu, asi 10% dnešního území ČR, znamenalo zásadní zvrát v dosavadním přirozeném vývoji krajiny. Zemědělská činnost směřuje proti přirozenému vývoji lesních společenstev a udržuje v krajině otevřené nelesní enklávy i plochy nelesní matrice. Kulturní zemědělská krajina umožnila rozvoj a existenci ekosystémů, které nemají obdobu v předcházejících teplých ani studených obdobích. Udržováním kulturní stepi člověk vytvořil do té doby neznámou kombinaci otevřené stepní krajiny a relativně vlhkého lesního podnebí a díky pastvě se vyvinula náhradní společenstva křovin. Tímto člověk zvyšoval krajinnou heterogenitu a druhovou diverzitu (Charvátová, 2004). Krajinná heterogenita i druhová diverzita jsou v současné době ohroženy například v Podkrušnohorském regionu těžbou hnědého uhlí v povrchových dolech a na území sousedního Českého středohoří či Slavkovského lesa úbytkem aktivního managementu v krajině (Čermáková et al. 2010).

Změna je jednou z konstant těžební krajiny (Francaviglia 1991). Na rozdíl od urbanizovaných krajin lze u těžebních předpokládat, že (většinou, a v Evropě vždy) dojde k přechodu těžební krajiny v nějaký jiný typ.

V současné době se krajina narušená povrchovou těžbou hnědého uhlí považuje za samostatný podtyp kulturní krajiny, s dominantní produkční funkcí, která potlačuje všechny funkce ostatní. V průběhu těžby je obvykle označována jako krajina devastovaná. Její posttěžební obnovou ji lze opět vrátit do krajinných typů, které jsou z hlediska polyfunkčního charakteru relevantně vyvážené na rozdíl od například městských aglomerací s krajinou srovnatelně devastovanou, avšak bez zřejmé perspektivy obnovy (Löw et Míchal, 2003). V typologii krajiny podle Löwa et al. (2005) je pro těžební části stanovena samostatná jednotka reliéfu 10 – těžební krajina, většinou bez vymezeného typu využití „X“.

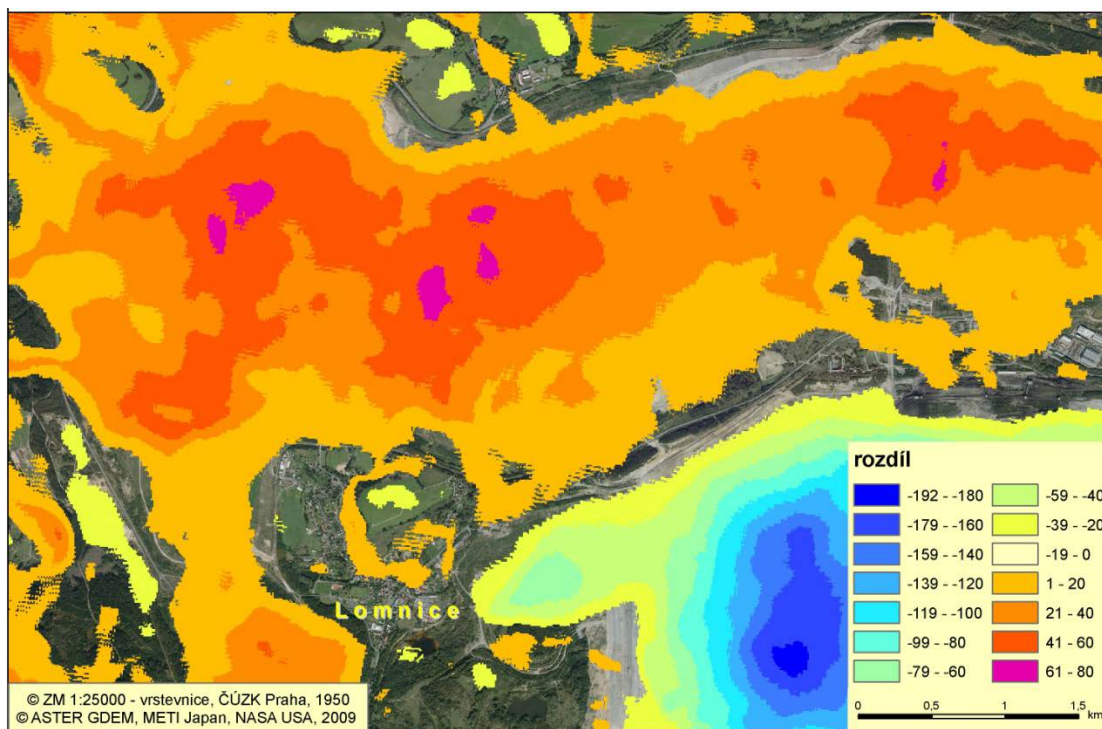
Diagnostika krajiny

Diagnostika současného stavu krajiny je vždy východiskem pro hospodaření s ní. Haase a Haase (2002) stanovují čtyři kroky v podrobné analýze krajiny jako metodický základ diagnostiky krajiny:

- Analýza sociálních funkcí krajiny zohledňující také budoucí využití půdy.
- Hodnocení geo- a bio-ekologických charakteristik krajiny (určených přírodními procesy) s ohledem na socio-ekonomické požadavky a funkce.
- Analýzu interakcí v krajině včetně druhotných a vzdálených účinků stejně jako omezení vyvolaných minulými, současnými a navrhovanými způsoby využití krajiny.

- Společenské hodnocení současných a navrhovaných krajinných forem vztahujících se ke konfliktům různých land use a přípravu strategií řešení.

Obdobně shrnuje postup hodnocení krajiny Sklenička (2003) a zdůrazňuje, obdobně jako metodika Haase a Haase (2002), že se jedná o antropocentrické hodnocení, jehož metodika vždy vychází z cíle, ke kterému se má diagnostika krajiny použít.



Obr. 3.: Zobrazení změny reliéfu v oblasti Velké podkrušnohorské výsypky na Sokolovsku s použitím srovnání nadmořských výšek v letech před zahájením těžby (1950) a v současnosti (2008)

Krajina postižená těžbou se liší od běžného schématu – relativní trvalosti a malé proměnlivosti geodiverzity a značné proměnlivosti biodiverzity. Na rozdíl od jiných hybatelů změn krajiny povrchová těžba zasahuje již geomorfologickou složku a podstatně ji přetváří (Obr. 3). Přesto vždy nemusí jít jen o negativní změny, naopak, těžba svým přesunem hmot a vytvářením nových morfologických útvarů může geodiverzitu zvyšovat a umožnit tak následně i zvýšení biodiverzity (Lipský 2010, Řehounek et al. 2010).

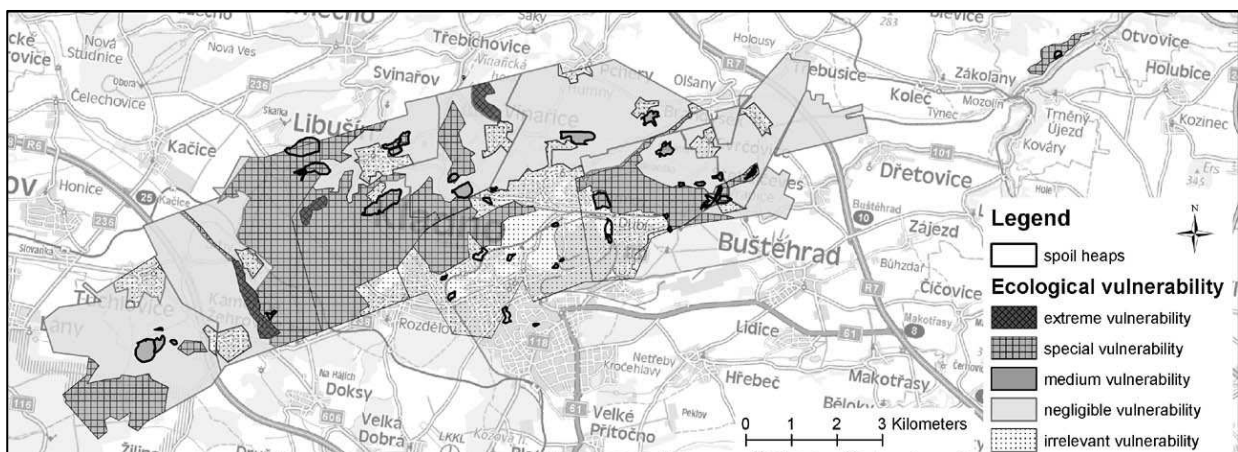
S rozvojem dálkového průzkumu země (dále DPZ) lze velmi efektivně některé z geoekologických, bioekologických a funkčních charakteristik zkoumat i z dat DPZ. Úspěšně se takto srovnává zdravotní vývoj porostů na rekultivovaných lokalitách (normalizovaným diferenčním vegetačním indexem NDVI) nebo funkční charakteristiky povrchu (indexem teploty vegetace a indexem vlhkosti) v pracích např. (Latifovic et al 2005, Bodlák et al. 2010, Brom et al. 2012, Demirel et al. 2010, Procházka et al. 2010).

DPZ poskytuje i další druhy dat, nejen záznam odrazu elektromagnetického záření, používaného pro výše zmíněné interpretace. Technologie laserového skenování povrchu umožňuje získávat údaje pro

velmi podrobné modely terénu (DEM) nebo pro modely odtoku z území a mikromorfologie hydrologické sítě, důležité pro modelování erozí na novém povrchu (Pasqualua, 2009).

Čím dál častěji se současný stav krajiny popisuje v kontextu s historickou situací. Ostatně, v Evropě, kde je k dispozici dostatek historických údajů ve formě map, plánů nebo leteckých snímků, je tento přístup obvyklý (Lipský, 1995). Hladník (2005) navrhuje způsob jak měřit rostoucí vliv disturbancí na základě historických map land-use a současných metod GIS a DPZ ve Slovinsku. Obdobně historický tvar krajiny využívá k popisu současné nebo modelování budoucí krajiny Dulias (2010) v Polsku. Bastian et al. (2006) vycházejí z konceptu diagnostikování krajiny a s použitím historických dat o land use modelují změnu funkcionality krajiny, konkrétně odtoku vody z území pro modelová území v Německu a Čechách. Haase et al. (2007) ukazují možnost využití historických dat pro kvantifikaci změn struktury a modelování změn funkčnosti krajiny, konkrétně hydrologických funkcí, jako je kontrola odtoku z území, doplňování spodních vod a odolnost proti erozi. Obdobně historická data byla použita i ke studiu změn v těžebních krajinách v české republice (Trpák et al. 2006, Trpáková et al. 2010, Skaloš et Kašparová 2012).

Komplexní analýzy krajiny, např. postupy uváděnými Skleničkou (2003) nebo Ružičkou (2000), a z nich vyvozené analýzy zranitelnosti dané krajiny nebo efektu plánovaných opatření na stav a funkčnost nové krajiny (Martiš et al. 2008, Martiš et al. 2009, Sklenička et Kašparová 2008, Dirner et al. 2010, Pecharová, Martiš et al. 2011) jsou pak nezbytným podkladem pro územně-plánovací činnosti, neboť do nich se soustřeďuje veškerá argumentace možných efektů (Obr. 4) a následná rozhodnutí o hospodaření s krajinou po těžbě a asanaci.



Obr. 4.: Hodnocení ekologické zranitelnosti území s hlubinnou těžbou na Kladensku. (Martiš et al. 2008)

Funkce krajiny

Krajina po těžbě má být **multifunkční**. Niemann (1977) pro krajinu identifikoval funkce produkční, krajinného managementu, ekologie (z hlediska lidí) a eticko-estetickou. Forman a Godron (1986) definovali krajinu jako "interakci mezi prostorovými prvky, to je, jako toky energie, materiálů a druhů mezi komponenty ekosystémů", čili funkčnost struktur byla jejich východiskem definice krajiny. Podle Haase (1990) je posuzování společenských funkcí krajiny základním předpokladem k určení vztahu krajiny k ekonomickým kategoriím a procesům a později de Groot (2006) definuje funkce krajiny jako

"schopnost přírodních procesů a komponentů k poskytování zboží a služeb, které splňují lidské požadavky přímo nebo nepřímo."

Bastian (1999) odvozuje, že pojem krajinných funkcí je spojen s diskusí o udržitelnosti s jejími uznanými ekologickými, ekonomickými a společenskými kategoriemi udržitelného vývoje. Příklady takových krajinných funkcí jsou: biotická produktivita, odolnost proti erozi půdy, schopnost zadržování vody, doplňování zásob podzemních vod, ochrana podzemních vod, schopnost poskytovat habitaty a estetické a rekreační využití. Nicméně přesná klasifikace není jednoduchá, neboť existují vzájemné závislosti a kauzální vztahy mezi různými krajinnými funkcemi.

Podobný přístup zastávají i další autoři, kteří se vesměs zaměřují na studium jedné nebo jen některých funkcí obnovované krajiny. Jako o funkční krajině hovoří tehdy, jestliže tato vykazuje schopnost udržovat vyrovnané klimatické podmínky (Pokorný, 2001), vyrovnané odtokové poměry povrchových vod (Procházka et al. 2009, Pecharová et al. 2011), nízké látkové ztráty (Procházka et al., 2008, Rippl 2010) a spolehlivou úrodnost půd (Rippl et Eiseltová, 2010). Vráblíková a Vráblík (2002) přeformulovali funkčnost posttěžební krajiny do podmínek, které by nová krajina měla maximálně splňovat: ekologickou vyváženost, zdravotní a hygienickou nezávadnost, efektivní i potenciální schopnost produkce, a esteticky příznivou působivost a rekreační využití.

Princip „udržitelné krajiny“ (*sustainable landscape*) je často diskutován a autoři se shodují na nezbytnosti nejprve jasně definovat funkce dané krajiny (nejen zdroj biodiverzity ale i místo pro produkci zboží a život obyvatel), zohlednit při managementu krajiny vývoj klimatu a změnu způsobů hospodaření v krajině a pak rozhodovat o optimálním rozložení a hospodaření s touto krajinou (Antrop, 2006, Crossman et Bryan 2009, Dramstad et Fjellstad 2011, Seabrook et al. 2011). K tomu navíc dodávají Van Andel a Aronson (2006), že na začátku řešení je třeba zodpovědět otázku, jaká krajina je cílem rekultivací – zda původní nebo nová, předvídatí budoucí stav prostředí. Hraniční je naopak názor Eliota (1997), že krajiny vytvářené technickou rekultivací jsou bezcenné.

U nás se stále vedou diskuze o míře uplatnění přirozené obnovy – sukcese – v rekonstrukci posttěžební krajiny. Zatímco jedny studie potvrzují vhodnost nových území pro uplatnění přirozené (člověkem neovlivněné) obnovy bioty až z 20 % (Řehounek et al. 2010), jiné poukazují na ekonomickou a společenskou degradaci takovýchto území, která by byla nevratná a zabránila by trvalé multifunkční schopnosti (využitelnosti) území (Stalmachová 2006, Vráblíková 2010). Zatímco u standardních rekultivací se předpokládá návrat obnovené krajiny do plnohodnotného využívání (zákon 44/1988 Sb.) v řádu desítky let, u přirozené sukcese se k cílovému stavu lze přiblížit za dekády či století, v závislosti na míře asistence přirozené sukcesí (Dirner 2010, Vráblíková 2010).

V souladu s holistickým pojetím krajiny v Evropské úmluvě o krajině se vědci zabývají integrováním hodnocení a plánování funkcí krajiny pomocí různých nástrojů. Jedním z nich je uplatnění ekosystémových služeb pro celou krajinu (Seják et al. 2010). Například Larondelle a Haase (2012) hodnotily ekosystémové služby jako např. produkci potravin, produkci dřevní hmoty, zásoby podzemní vody, regulaci klimatu, protipovodňovou funkci, rekreaci a biodiverzitu. Každou tuto funkci vyhodnotily pro CORINE CLC třídy v daném území pro tři scénáře (turistický, zemědělský a lesnický) definované podílem patřičných typů CLC land use. Z hlediska zlepšení biodiverzity se nejlépe jevil model s turistickým využitím krajiny, ve kterém bylo vyšší zastoupení lesů a trvalých travních porostů.

Management posttěžební krajiny

V managementu posttěžební krajiny se v zahraniční literatuře zmiňují **postupy**, které se dají zařadit zpravidla do třech kategorií:

Landscape ecological restoration: *ecological restoration* je proces, ve kterém napomáháme obnově ekosystému, který byl zničen, rozvrácen nebo degradován (SER, 2004). Cílem *ecological restoration* je napravit poškození v rozmanitosti a dynamice ekosystému. ER je proces návratu ekosystému co nejlíže k podmínkám a funkcím před disturbancí včetně nezávisle udržitelného chování ekosystému. Obdobně *landscape ecological restoration* by mělo vrátit do původního stavu všechny komponenty původní krajiny. Moreira et al. (2006) za tyto komponenty považuje kompozici a konfiguraci krajiny, tradiční způsoby obhospodařování, liniové a bodové prvky a historické objekty, a tvrdí, že *restoration* krajiny je nedosažitelná. Moreira et al. (2006) také shrnují hlavní rozdíly mezi obnovou ekosystémů a obnovou krajinných ekosystémů.

Landscape rehabilitation: navrácení produktivity do zničeného území, které bude ekologicky vyvážené. Území se nevrátí do původního stavu (ani původní biodiverzita nebude obnovena), ale krajina bude vesměs plnit většinu funkcí. *Rehabilitation* tedy představuje částečné obnovy původní (referenční) krajiny.

Landscape reclamation: velmi blízké přístupu popsanému jako *Landscape rehabilitation*. *Reclamation* počítá s velkou mírou nepůvodních druhů, použitých k naplnění funkcí nové krajiny. (Van Diggelen et al. 2001, Gilmour et al. 2000).

V české literatuře se používají tradičně termíny „**rekultivace**“ ve smyslu *landscape rehabilitation* i *landscape reclamation* a „obnova krajiny“ spíše ve smyslu *landscape ecosystem restoration*. Jak shrnuje Vráblíková a Vráblík (2009), rekultivace jsou postupy na menších územích, které se používají k obnově (některých) funkcí celé krajiny, k revitalizaci a následně resocializaci celého území. Rekultivace podle nich patří k dalším termínům, které se vážou k pojmu revitalizace krajiny, jako jsou rekonstrukce, optimalizace, rehabilitace, regenerace, remediace nebo obnova a asanace.

Zajímavá je rešerše literárních zdrojů, kterou provedli Holl et al. (2003) nad bibliografickou databází Biosis. Je z ní patrné, jak se na přelomu tisíciletí zvýšil počet publikací o tématu „*landscape restoration*“. Ze zhruba 300 titulů, které se v období 1985-2000 opravdu zabývaly otázkami nějak souvisejícími s obnovou krajiny, jich pouze 22 % opravdu řešilo krajinu, čili obnovu rozsáhlého území v krajinných souvislostech. Ukázalo se, jak je složité v tomto studiu nějak průkazně dokládat úspěch obnovy krajiny nebo rozdíly mezi různými lokalitami. Současně autorky doporučují využívat při studiu obnovy krajiny meta-analýzy (srovnávání výsledků z různých předchozích studií) a využití Bayesiánských statistik nebo AIC (Aike Information Criterion) statistik. Obě metody jsou podle nich vhodné k testování shody několika modelů s pozorovanými daty a obě metody jsou robustnější vůči k malému počtu vzorků a environmentálnímu „šumu“ než klasické statistické metody. Obě metody se nyní již běžně používají při studiu rozšíření konkrétních druhů bioty v krajině ale také ve studiích souvisejících s rekultivacemi (Alday et al. 2011, Oster et al. 2007)

Dle současné legislativy lze naši krajinu měnit především nástroji územního plánování a stavebního řádu (Stavební zákon č. 183/2006 Sb.) Rekultivace jako takové přímo stavební zákon neupravuje, jsou

stanoveny Horním zákonem č. 44/1988 Sb., a příslušnými právními úpravami. Přesněji, zákon ukládá těžební společnosti sanovat prostor použitý pro dobývání uhlí. Za sanaci se považuje odstranění škod na krajině komplexní úpravou území a územních struktur. Organizace je povinna zajistit sanaci, která obsahuje i rekultivace podle zvláštních zákonů všech pozemků dotčených těžbou (zákona ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu a zákona č. 61/1977 Sb., o lesích). Rekultivací tedy zákon míní návrat k původnímu způsobu užívání půdy – land use.

Obecně se o rekultivacích a sanacích zmiňuje Stavební zákon č. 183/2006 Sb. v cílech územního plánování, kde jedním z nich je „určovat nutné asanační, rekonstrukční a rekultivační zásahy do území“. Přestože lze předpokládat, že územně plánovací činnosti využívají v maximální míře výsledky diagnostiky krajiny, výzkumů srovnávacích efekty různých opatření ve vyhodnocení budoucích stavů, výsledná formulace cílů hospodaření s krajinou v závazných dokumentech může být obecná. Ke srovnání jsou dva platné dokumenty zásad územního rozvoje Podkrušnohoří.

Požadavky na krajinu po těžbě v Ústeckém kraji jsou formulovány takto: „Zlepšovat územní podmínky pro příznivé životní prostředí zejména v úsecích v kontaktu s provozy těžby uhlí, energetiky a těžkého průmyslu, dosáhnout markantní zlepšení životního prostředí a krajiny (rekultivace krajiny postižené těžbou, revitalizace opuštěných prostor a areálů typu brownfield), podporovat rychlý a efektivní postup rekultivace a revitalizace území s ukončenou těžbou hnědého uhlí, se zaměřením na vznik plnohodnotné polyfunkční (příměstské) krajiny (se zdůrazněním složky rekreace), odpovídající specifickým vlastnostem a předpokladům konkrétních území (ZÚR Ústeckého kraje, 2011)“.

Stejný dokument Karlovarského kraje (2010) si klade za cíl „obnovu a rozvoj jedinečné urbanistické struktury území, osídlení i kulturní krajiny, pokud jsou tyto hodnoty zachovány a lze je rozvíjet či obnovit, přitom respektovat stávající historicky utvořené sídelní struktury, tradiční obraz městských a vesnických sídel v krajině a kulturní památky. Pokud je tato struktura nenávratně přeměněna, například jako následek těžby nerostných surovin, navrhnout specifická řešení nové krajiny a urbanistické struktury, které přinesou do území nový potenciál hospodářského, sociálního i kulturního rozvoje. Záměry rekultivace a revitalizace ploch po povrchové těžbě je třeba koordinovat s cílovou urbanistickou koncepcí využití území a novým formováním krajiny; protože rekultivace jsou zpravidla zahájeny již v průběhu těžby a často jen podle úzce oborových podkladů dle horního zákona a souvisejících předpisů, je nezbytné cílovou koncepcí využití území a formování krajiny schválit v dostatečném předstihu“. Vymezení skladebných částí ÚSES v území ložisek tudíž není překážkou k případnému využití ložiska za podmínky, že pokud budou funkce ÚSES využitím ložiska nerostů dočasně omezeny, budou po ukončení těžby obnoveny v potřebném rozsahu. ZÚR Karlovarského kraje prosazují koncepci, aby pro území dotčená těžbou byla v dostatečném předstihu stanovena urbanistická koncepce revitalizace a cílového využití prostoru zohledňující ochranu a rozvoj kulturních a civilizačních hodnot v území. Na jejím základě se pak budou koordinovat a usměrňovat formy sanace a rekultivace území prováděné již v průběhu a po ukončení těžby. Současné plochy těžby představují do budoucna významný rozvojový potenciál kraje v oblasti cestovního ruchu, rekreace a sportu i relaxace obyvatel (ZÚR Karlovarského kraje 2010).

Konkrétně pak jsou cíle rekultivací formulovány tak, že se má co nejdříve dostat krajina na narušených plochách do „funkčního“ stavu. Jde zde zejména o ochranu půdy, zadržování a kvalitu vody, zvýšení diverzity a zlepšení mikroklimatu. Klimatotvorná funkce krajinného krytu je dána schopností

vegetace účinně transformovat tok solární energie na jednotlivé složky tepelné bilance, které se pak podílejí na utváření místního klimatu. Jedná se zejména o schopnost vegetačního krytu aktivně regulovat výpar vody, při kterém dochází ke spotřebě značné části přicházející solární energie, a zadržovat vodu v prostředí. Tímto způsobem dochází ke zvyšování půdní a vzdušné vlhkosti prostředí a díky výparu vody ke stabilizaci teplotních průběhů a tlumení teplotních extrémů (Schwartz et Karl, 1990, Brom et Pokorný 2009, Brom et al. 2010). Jak ukazuje řada prací, vegetační kryt má významný vliv na cirkulaci vzduchu v mezní vrstvě atmosféry (McPherson 2007), na klimatické charakteristiky a na hydrologický režim daného území (Avisar et al. 2004, Makarieva et al. 2006, Piao et al. 2007, Jackson et al. 2008, Makarieva et Gorshkov 2010). Přítomnost nebo nepřítomnost vegetačního krytu na velkých plochách pak může mít vliv na klima celé oblasti. Změny místního a regionálního klimatu, daného krajinným krytem se výsledně mohou odrážet ve skladbě jak terestrických, tak i vodních společenstev. (Pielke a Avisar 1990, McPherson 2007, Pokorný et al., 2010, Brom et al. 2011).

Diagnostika krajiny na základě analýzy funkčních aspektů vegetačního krytu spjatých s utvářením klimatických faktorů může být významným nástrojem pro identifikaci problémových ploch a pro plánování rekultivačních postupů a může být s úspěchem využita pro jejich optimalizaci. V současné době se problematice vlivu ploch narušených povrchovou těžbou a vlivu rekultivačních postupů na klimatické parametry, případně na ekohydrologické vlastnosti (tedy na vztah vegetačního krytu a vodního režimu území), věnují např. (Wechsung et al. 2000, Pokorný 2001, Pecharová et al. 2006, Pokorný et Šíma 2006, Pokorný et al. 2007, Moreno-de las Heras et al. 2009, Dulias R., 2010, Brom et al. 2012).

Významnou změnou topografie je uplatnění hydrické rekultivace, tj. zatápění zbytkových jam jezery. Tento způsob se v evropském přístupu k rehabilitaci posttěžební krajiny často uplatňuje. Z hlediska formování reliéfu se řeší tvar (profil) zatápěných jezer i konstrukce nebo rekonstrukce vodních toků pod jezery (Hangen-Brodersen 2005, Dulias R. 2010, Pecharová et al. 2011).

Pro popis nebo vysvětlení dynamiky změn krajiny se používá mnoho **modelů**. Konceptuální modely hospodaření s krajinou jsou s oblibou zobrazeny pomocí vývojových diagramů, jejichž chování však je těžké kvantifikovat. Pravidla přechodu z jednoho stavu do druhého se stanovují většinou statistickými metodami na základě znalosti referenčních systémů. Vždy však jsou tyto modely zatížené chybou, a čím je model složitější, tím je těžší popsat jeho parametry (Pastorok et al. 1997, Holl et al. 2003).

Baker (1987) zařadil modely krajiny do třech tříd: (a) modely celé krajiny, (b) distribuční modely krajiny a (c) prostorové modely.

Modely celé krajiny se zabývají hodnotami nebo proměnnými charakterizujícími celou konkrétní krajinu. Často jsou takto („*landscape model*“) označovány modely topografie nebo geomorfologie území, především v souvislosti s modelováním hydrologických a s nimi souvisejících jevů (Schoorl et Veldkamp 2001, Martin et Church 2004, Passalacqua 2009).

Toy and Chuse (2005) se zabývali rekonstrukcí topografie v nové krajině tak, aby se minimalizovaly budoucí geomorfologické procesy (např. eroze), které by mohly ztížit následné rekultivace. Nově formované útvary by měly mít takové geomorfologické charakteristiky podobné původním krajinám, aby co nejdříve dosáhly stabilního tvaru. Význam modelování topografie dokládá i studie o souvislosti úspěchu rekonstrukce vegetace a orientace stanoviště na posttěžebních novotvarech (González-Alday et al. 2008).

Distribuční modely popisují změny nebo charakter zastoupení jednotlivých typů charakteristik, například land cover. V souvislosti se změnami krajiny v důsledku těžby nerostných surovin je použili např. (Dulias 2010, Hsu et Cheng 1999, Munsí 2010, Latifovic et al. 2005) nebo Wozniak et al. (2009) pro studium změn biodiverzity v povodí Wisly. Stejně tak sem patří i model, který použily Larondelle a Haase (2012) pro stanovení ekosystémových služeb krajiny v posttěžební krajině v Lužici. Také model obnovy přírodního kapitálu (Crossman et Bryan 2009) patří do této skupiny, když na základě několika vrstev charakteristik dané krajiny (klíma, hydrologie, půdy a několik vrstev vztahujících se k biodiverzitě a ekosystémům) modeluje v krajině ohniska (hot-spots) nejefektivnější obnovy funkcí krajiny. Hsu a Cheng (1999) použili Markovské řetězce (modelování pravděpodobnostně definovaných procesů) pro odhad vývoje zastoupení jednotlivých plošek typů lesních porostů. Pravděpodobnosti odhadli ze dvou historických zastoupení jednotlivých plošek. Munsí et al. (2010) použili Markovské řetězce k modelování distribuce land cover odvozené ze satelitních snímků.

Prostorové modely využívají znalosti umístění a rozložení prvků krajiny k popisu a prognóze změny a mohou být zdrojem pro mapové vyjádření těchto změn. Tyto modely jsou nejčastěji používány pro interpretaci více jevů najednou a jsou typickým příkladem využití GIS. Kašparová et Zdražil (2006) tímto způsobem hodnotili turistickou atraktivitu a současně zátěž příměstských lesů Prahy, kdy se pro vymezení míry atraktivity a zátěže kombinovalo několik kritérií současně. Podobný postup použil např. Vizzari (2011) pro modelování potenciální kvality kulturně-historické krajiny Umbrie nebo Hladník (2005) při definování struktury krajiny Slovinska.

Metodické postupy disertační práce

Model terénu

Znalost tvarování povrchu – morfologie – je pro zkoumání krajiny důležitá. Morfologie ovlivňuje toky energií a informací mezi složkami krajiny a určuje tak jejich složení a fungování. Při zkoumání chování složek krajiny se bez zohlednění terénu lze jen těžko obejít.

Topografie – popis průběhu zemského povrchu - používá tři základní modely. První tvoří soubor izolinií - vrstevnic, tedy čar, které spojují místa o stejné nadmořské výšce. Druhým je model rastrový, který pokrývá území pravidelnou sítí čtvercových buněk a pro území v každé jednotlivé buňce přiřazuje jednu hodnotu nadmořské výšky. Třetím je pak síťový model, který dané území pokrývá souvislou sítí z nepravidelných trojúhelníků. Pro každý trojúhelník udává nadmořské výšky vrcholů a z nich odvoditelné charakteristiky šikmé plochy trojúhelníka v prostoru jako jsou sklon nebo orientace sklonu ke světovým stranám.

Model vrstevnicový je tradiční způsob zobrazování třírozměrných objektů v ploše mapy. Poučený čtenář mapy v něm může vyčíst průběh terénu. Pro účely zkoumání funkčnosti krajiny, jak bude požadována v metodice řešení zvolené problematiky, jej však nelze použít, neboť neposkytuje informace o nadmořské výšce v každém bodu území a neumožňuje tedy zkoumat vzájemné vztahy s dalšími plošnými útvary. Proto se vrstevnicové modely převádějí na modely síťové nebo rastrové. Vrstevnice se nejprve z papírové mapy převedou do vektorového modelu (vektorizují se), v němž každá vrstevnice je složenou čarou (linií) a jej jí přiřazena jedna hodnota nadmořské výšky jako atribut. Z tohoto modelu se vhodnou transformací vytvoří souvislý prostorový model terénu.

Zdroje dat pro použití řešení disertační práce, která se váže k řešení projektů MŠMT 2B08006 a MZE QH82106 závisí na zkoumaném časovém období, technických možnostech a finančních možnostech.

Model historického terénu

Historická data – tedy údaje, z nichž lze vytvořit model historického terénu před zahájením rozsáhlé přetvorby krajiny následkem povrchové těžby, lze získat pouze ze starých map. První mapy, které obsahovaly model terénu, vycházely ze III. Vojenského mapování a z náhledu starých tisků lze dovodit, jak rychle probíhaly měřičské práce na trigonometrické síti a z ní doměřovaných nadmořských výškách.

Pro historické období vzniku stabilního katastru, který byl použit pro model land use v zájmovém území, nejsou k dispozici žádné zdroje s přesným modelem terénu. Do topografických map se postupně zakreslovala morfologie pomocí šraf, jak je vidět například v topografických sekcích III. vojenského mapování (VÚGTK 2011), které se staly základem topografického mapování zemí Rakouska-Uherska v měřítku 1:25 000.

Po vzniku samostatného Československa se tomto mapovém díle dále pracovalo a v reambulovaných (doplněných) mapách 1:25000 je již zachycen model terénu pomocí vrstevnic se základním intervalem 20 m, doplněným vedlejšími vrstevnicemi po 10 metrech.

Pro vytvoření pravého modelu terénu zakres vrstevnic v toposekcích speciálních map ve zvoleném území poměrně hrubý, proto zjistit možnost doplnění z jiných map. K dispozici byly historické listy tematických map (zákresy vodohospodářských děl) nad výškopisnou a polohopisnou složkou Technicko-hospodářského mapování 1:25 000, 1:10 000 a Státních map 1:5000 z archivu Sokolovské uhelné, právní nástupce a.s., pořízené do roku 1955. Tyto mapy již mají výškopis zachycený v intervalu 5 m respektive 1m.

Pro vektorizaci vrstevnic byla použita podkladová mapa Technicko-hospodářská v měřítku 1:25000 s tím, že model byl v potřebných lokalitách doplněn z vektorů vrstevnic digitalizovaných nad technicko-hospodářskými mapami 1: 10000. Takto bylo zvektorizováno cca 177 km vrstevnic. V místech bez terénních změn byly vrstevnice automaticky vektorizovány z DMÚ25 z geoportálu CENIA. V průběhu práce na tvorbě modelu historického terénu byl pořízen datový model ZABAGED pro dané území a vrstevnice pro místa bez terénních změn byly převzaty z tohoto modelu.

Vektorizace povrchů před změnou byla velmi časově náročná a včetně dohledání chyb a jejich odstranění trvala cca 30 dní. Vlastní vektorizace probíhala v prostředí ArcGIS. Z validovaného vrstevnicového modelu pak byl odvozen v prostředí ArcGIS rastrový DEM zkoumaného území.

Model současného terénu

Pro současný terén existují dva modely rastrové a samozřejmě též model vrstevnicový.

Obraz vrstevnic lze pro vizuální interpretace získat z několika zdrojů a to jak v analogové podobě papírových map nebo prostřednictvím datových služeb. Vrstevnicový model terénu je součástí státního mapového díla Státní mapy 1:5 000, Základních map v měřících od 1:10 000, vydávaných Českého úřadem zeměměřičským a katastrálním. Výškopisná složka map je dostupná v digitální podobě za úplaty..Obdobně je vektorový model terénu součástí Digitálního modelu území (DMÚ 25), vytvořeného Vojenským topografickým ústavem v Dobrušce. Všechny zmíněné modely jsou

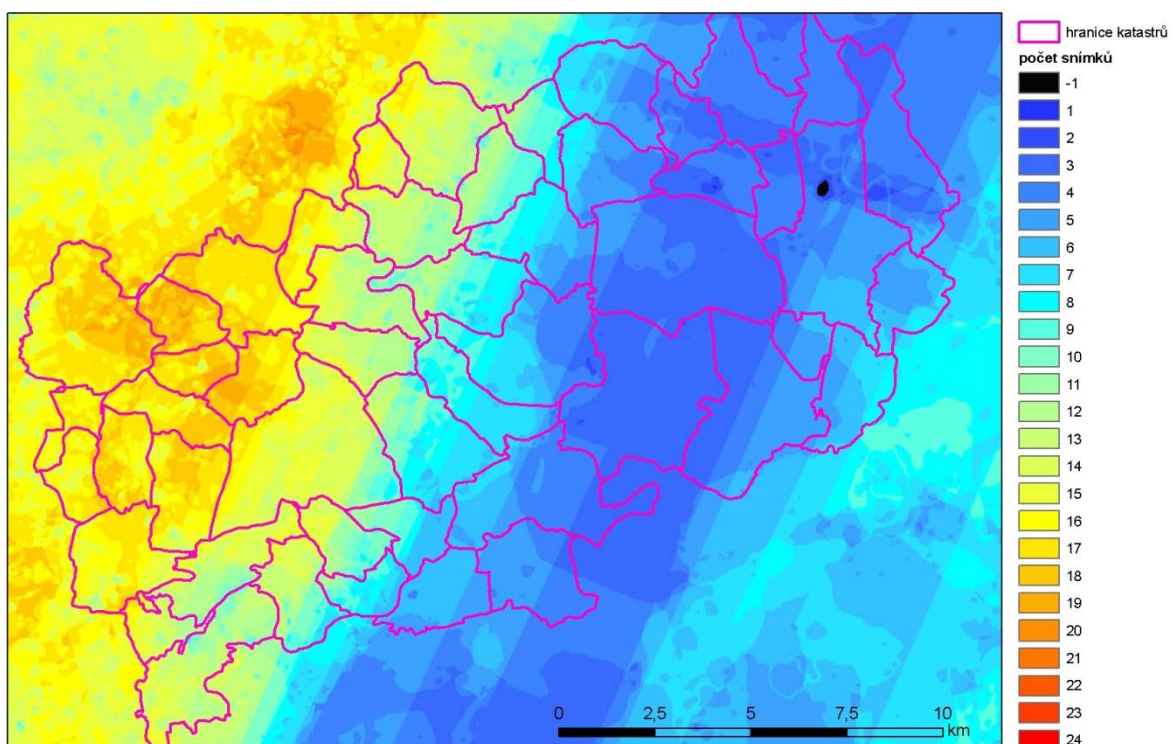
k dispozici k nahlížení prostřednictvím služby WMS z geoportálu státní správy (<http://geoportal.gov.cz>)

Nevýhodou výškopisu Základních map nebo DMÚ 25 jsou chybějící údaje pro nově vytvořená území, takže tyto podklady nelze použít pro zkoumání zájmových geomorfologických útvarů jako jsou výsypky nebo jámy otevřených lomů.

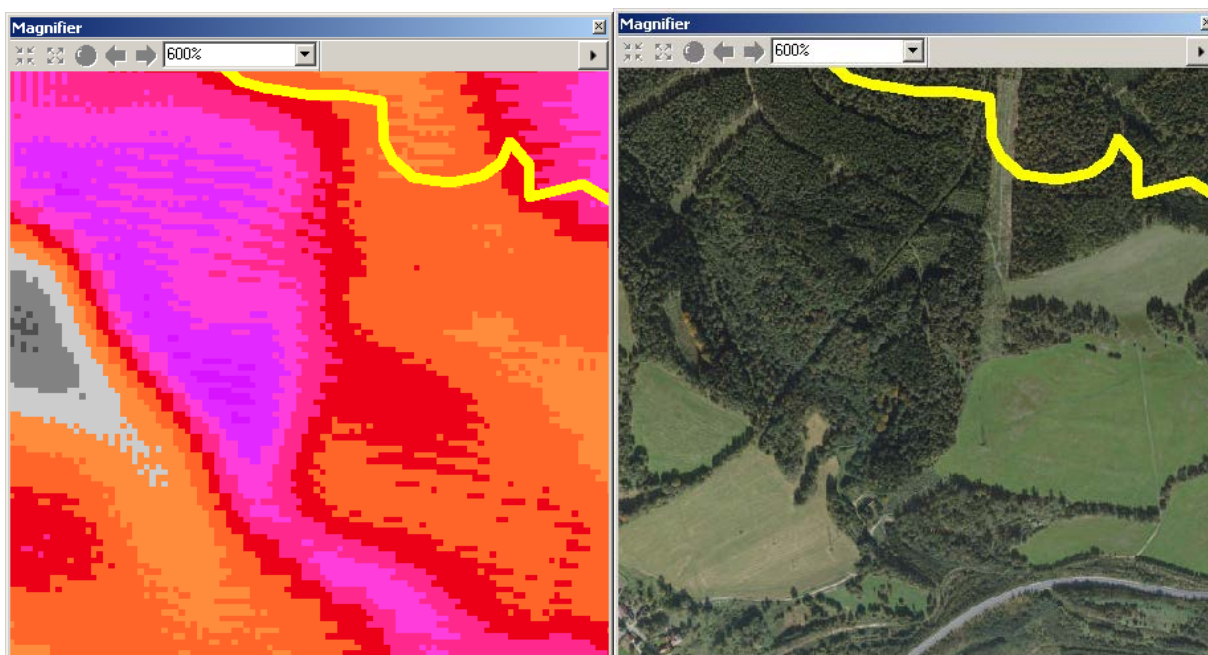
Pro analýzy je vhodnější souvislý model terénu, který je pořízen z přímého souvislého snímkování celého území a nikoliv doložením z vrstevnic. Takovéto modely jsou v současné době pro zájmové území dva – celosvětový ASTER GDEM a DEM GEODIS.

Jako první byl ověřován ASTER Global DEM. Tento digitální model terénu vznikl ze spolupráce Ministerstva hospodářství, obchodu a průmyslu (METI) Japonska a Národního úřadu pro vesmír a letectví (NASA) Spojených států Amerických a pro veřejnost byl uvolněn v červnu 2009. Tento model je vytvořen na základě snímkování celého povrchu země ve viditelném a infračerveném pásmu magnetického záření s výsledným prostorovým rozlišením 30 m a výškovým 10-25 m. Tento model je bezplatně distribuován v georeferencovaných rastrových souborech tiff, a každý snímek pokrývá území 1° zeměpisné šířky x 1° zeměpisné délky. Ke každému snímku je zároveň připojen druhý soubor, popisující kvalitu dat, tj. počet scén, které sloužily k výpočtu nadmořské výšky pro daný pixel rastru a popřípadě lokalizace anomalit, které byly v modelu odstraněny a údaje použité pro odstranění anomalit (Obr. 5). Polohová přesnost celého modelu je vypočtena na 30 m s pravděpodobností 95 % a výšková přesnost 20 m s pravděpodobností 95 %.

Zkoumané území Sokolovska pokrývá dlaždice (snímek) ASTGM N50 E12, model je připojen k zeměpisným souřadnicím WGS84. Snímek zobrazuje i aktuální tvary na povrchu – jak Velkou podkrušnohorskou výsypku (stav jaro 2009) tak i tehdejší uspořádání lomů.



Obr. 5: Počet snímků použitých v buňce ASTER GDEM k výpočtu nadmořské výšky v části zájmového území (Sokolovsko)



Obr.6: Navýšení hodnoty nadmořské výšky v modelu ASTER GDEM o výšku porostu na modelovaném terénu – vlevo model ASTER GDEM, vpravo stejné území na ortofotomapě (CENIA, 2010)

Bohužel kvalita modelu není v celém území stejná. Polovina území má hodnoty vypočtené z méně jak 10 snímků a tudíž chyba vypočtených hodnot větší než 20 m se vyskytuje s pravděpodobností > 95 %. Kromě toho model nefiltruje navýšení hodnoty nadmořské výšky způsobené porostem, především lesem, na modelovaném území a tak je do modelu vnášena další chyba (Obr. 6).

Druhým zvažovaným modelem terénu byl DEM GEODIS v rastrovém rozlišení 5 m a výškovým 1 – 1.5m v otevřeném terénu, kolem 2 – 3 m v zalesněném terénu (Plšek, 2007). Tyto údaje platily na začátku řešení práce, v roce 2011 byl již k dispozici model v rastrovém rozlišení 1 m (www.geodis.cz).

Ze srovnání obou modelů vyplynulo, že pro potřeby zkoumání vztahů funkčnosti krajiny a její topografie je třeba pořídit podrobný DEM GEODIS pro vybraná území.

Model land use

Metody analýzy funkčnosti zájmového území pracují s klasifikací land use (využití půdy) nebo land cover (krajinný pokryv). Land use je termín často používaný v krajinné ekologii, přestože pochází z územního plánování. V překladu znamená využití půdy, nebo druh povrchu pozemku z hlediska jeho využívání.

Využití půdy je důležitým ukazatelem ekonomického a ekologického potencialu daného území, tak jak jej uživatel deklaruje nebo zamýšlí využívat a přetvářet. Krajinný pokryv obvykle vyjadřuje popis území pomocí fyziognomických atributů, zatímco land use používá funkční atributy. Oba pojmy závisí na krajinných složkách v daném území a jsou zpravidla i vymezovány hranicemi těchto složek v území. Současně jsou také závislé na čase, ve které, se zjišťují a období, pro které se budou používat.

Zatímco land use je klasifikace využívaná především pro účely evidence a hospodaření v krajině, land cover se používá k zachycení aktuálního stavu, pro detailnější studium krajiny, pro návrhy hospodaření ve specifických územích nebo situacích (chráněná území, rekultivované plochy, atd.). Land cover je zpravidla kombinací charakteristik struktury krajiny, land use a vegetačního krytu (Sklenička, 2003).

Termín land use zcela odpovídá charakteristice užívání půdy ve zkoumaném historickém období vzhledem k původu dat z operátu Stablního katastru.

Při mapování současnosti, kdy se podjednotky land use vylišovaly především podle charakteru porostu na určované ploše, by bylo příhodnější používat kombinovaný termín Land use- land cover, jak jej například používá projekt CORINE (CEC 1994, Feranec 2010), ale pro srozumitelnost srovnávání historického a současného způsobu užívání krajiny i odvození hydrických vlastností území se v celé práci používá termín land use.

Východiskem pro konstrukci funkčních modelů byly vektorové modely land use ve dvou časových řezech – v období mapování stabilního katastru a ve vegetační sezóně 2010. V obou případech byly vytvořeny polygonové vektorové modely, které pro každou jednotlivou homogenní plošku land use zaznamenávají jeden objekt – záznam v databázi, a k němu popisné informace, především kód podjednotky land use a geometrické míry plochy a obvod.

Model historického land use

Ideálním podkladem pro získání údajů o historickém pokryvu a využití půdy – land use a land cover, v době před započítáním intenzivní povrchové těžby hnědého uhlí, jsou mapy stabilního katastru. Mapy stabilního katastru byly zpracovány pro celé území Rakouska Uherska a tedy i pro dnešní Českou republiku, byly založené na základě trigonometrického měření veškeré půdy, doplněné písemným operátem zaznamenávající kvalitu a využití každé parcely. Základním mapovým podkladem z tohoto pramene byly indikační skici tvořící první pracovní mapový materiál, totožný s originálními mapami stabilního katastru, na kterých jsou však indikovány všechny navržené a proběhlé změny v průběhu tvorby a využívání stabilního katastru. Poskytují informace o typové rozmanitosti zastoupených land use, vzájemných vztazích mezi jednotlivými prvky krajiny, o míře strukturalizace krajiny, tj. velikosti zrn krajinné matrice vyplývající z velikosti jejich jednotlivých segmentů, jejich prostorového uspořádání (Trpáková et. al. 2009). Seznam a výklad kategorií land use ve Stablním katastru je uveden v Příloze 1.

Jako mapový podklad sloužily kolorované kopie Indikačních skic stabilního katastru v měřítku 1 : 2880, uložené v Národním archivu. Tyto skici byly naskenovány, takto vzniklé rastrové obrazy potom georeferencovány a nad nimi v ručně vektorizovány v prostředí GIS Topol nebo ArcGIS (Trpáková et. al. 2009) a doplněny identifikátorem land use (Příloha 2). V současné době již byly obojí tisky Stablního katastru všemi zúčastněnými archivy odborně naskenovány a jsou k dispozici v digitální podobě prostřednictvím mapových služeb geoportálu ČUZK (geoportal.cuzk.cz).

Již z metodiky získávání dat pro vektorový model historického land use plyne, že model je postaven na druhotných datech, tedy datech odvozených z již generalizovaných a kartograficky přizpůsobených dat zanesených do skic stabilního katastru. Z tohoto důvodu také nemá model historického land use tak dobrou polohovou přesnost, jako model současného land use. Zdrojem chyb v tomto modelu byly chyby vzniklé při historickém kartografickém záznamu skutečnosti do mapy, při kopírování listů historických map, následném skenování, a při jejich kompozici do souvislého území, georeferencování i při následné vektorizaci.

Data pro současný land use

Pro území ČR jsou k dispozici dva systémy pokrývající informacemi o land use a land cover bezešvě celé území. Jsou jimi Katastr nemovitostí a evropský projekt CORINE. Katastr nemovitostí vede ke každému pozemku údaj o druhu a způsobu využití pozemku. Charakteristika jednotlivých druhů pozemků a způsobu využití pozemku evidovaného jako druh „ostatní plocha“ je stanovena v katastrální vyhlášce ČÚZK č. 26/2007 Sb., (Přílohy 1 a 2). Způsob evidování těchto dat je dán zákonem č. 111/2009 Sb., o základních registrech.

Katastr nemovitostí navazuje historicky na Stablní katastr. Zaznamenává údaje o využití pozemku k administrativní jednotce prostorově vymezené hranicemi parcely. Kategorii land use lze odvodit z klasifikace druhu parcely (Příloha 3a) a zpřesnění využití pozemků druhu „ostatní plocha“ (Příloha 3b).

Druhým zdrojem informací o současném krajinném pokryvu je evropský projekt CORINE. Tento projekt Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) má za úkol poskytovat aktuální a pravdivé informace o krajinném pokryvu – land cover, které budou srovnatelné a konsistentní pro území celé Evropy. Data do databáze land cover jsou získávána interpretací satelitních snímků povrchu Země a pro rok 2000 a novější mají prostorové rozlišení 1 ha (čtverec 100x100 m) a nejmenší velikost jedné mapované jednotky land cover je 25 ha. Národní databáze je vedena v souřadnicovém systému S-JTSK. Systém CORINE LC zařazuje land cover do 44 kategorií (Příloha 4), které jsou hierarchicky uspořádány do 5 tříd v úrovni 1 odpovídajících zhruba základním krajinným prvkům a jsou dále v úrovni 2 členěny do kategorií zohledňujících i typ land use (Feranec 2010).

Model současného land use

Model současného využívání krajiny musel respektovat východisko historického land use, aby bylo možné srovnávat krajinné charakteristiky mezi oběma obdobími včetně odvozené charakteristiky funkčnosti krajiny.

Druhým požadavkem, který model současné krajiny musí poskytnout, je maximální detail popisu vegetačního krytu, který bude potřeba pro analýzy fungování krajiny využívajících nástrojů dálkového průzkumu země i pro analýzy fungování konkrétních ekosystémů, zkoumaných v terénním šetření.

Data z databáze Katastru nemovitostí nelze pro uvedené zadání použít. Členění jejich kategorií druhu pozemku a využití pozemků (Příloha 3b) nekoresponduje úplně s kategoriemi historického katastru a neregistruje některé významné krajinné prvky, jako např. mokřady. Ve zkoumaném území Sokolovska ještě nebyla dokončena digitalizace katastru nemovitostí pro všechna katastrální území, takže databáze hranic parcel nepokrývá celé území. Pro zkoumání využití a fungování krajiny navíc nevyhovuje, jestliže se na jedné parcele může vyskytovat více částí plochy s různou krajinnou funkčností. Ze studií v daném území je také známo, že se nelze spolehnout na soulad údajů o druhu a využití pozemku se skutečností (Matisková 2011).

Databáze CORINE 2000/2006 svým účelem více koresponduje s cíli zkoumání na Sokolovsku. Její nevýhodou je ale hrubé měřítko pro identifikaci jednotlivých mapovaných jednotek, které je 25 ha, a neumožňuje srovnávat data v jemnější struktuře definované Stablním katastrem. Zároveň poslední aktualizace dat pochází z roku 2006 a nezachycuje rychlé změny v krajině Sokolovska, související s postupným ukončováním těžby.

Použitá metoda vlastního směru dat vychází z ověřené metodiky inventarizace land use, použitou při zkoumání fungování krajiny v Jižních Čechách (Bodlák 2008). Pro zkoumání funkčních charakteristik byla kategorie „sukcesní plochy“ podrobněji členěna do podkategorií a také byly přidány kategorie související s rekultivacemi v území.

Z definice mapovacích jednotek je zřejmé, že tato metodika v mapovaných jednotkách kombinuje hledisko land use i land cover. Vzhledem k návaznosti na mapování historického land use proto označují řešitelé projektu název předmětu mapování pouze termínem land use.

Současný model land use vznikl z primárních dat, tj. dat přímo zakreslovaných.

Pro zákres sloužily otisky aktuální ortofotomapy ČR (geoportal.cuzk.cz) v měřítku 1: 5 000, do kterých se zakreslovaly hranice homogenních ploch podjednotek land use a kód podjednotky (Příloha 5).

Obraz těchto hranic byl potom nad ortofotomapou ručně vektorizován, přičemž pro zpřesnění polohy hranice se používaly ještě další dostupné datové zdroje – ZABAGED, LPIS a DIBAVOD.

I přesto však je v datovém souboru třeba uvažovat s chybami, které vznikly při identifikaci nejednoznačné hranice mezi podjednotkami land use, nepřesnostmi při vektorizaci malých objektů, jako např. cest, nebo meandrů potoků.

Data pro verifikaci současného land use

Záznamy metadat na geoportálech CENIA a ČÚZK uvádějí, že ZABAGED® je základní báze geografických dat České republiky, digitální geografický model území České republiky odvozený z mapového obrazu Základní mapy České republiky 1:10 000 v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému baltském - po vyrovnání. ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřictví a patří mezi informační systémy veřejné správy. Vlastníkem dat je Český ústav zeměměřičský a katastrální. ZABAGED je udržována v podobě bezešvé databáze pro celé území ČR, v centralizovaném informačním systému spravovaném Zeměměřičským úřadem (geoportal.gov.cz, geoportal.cuzk.cz).

Obsah modelu ZABAGED® je v současné době (rok 2011) tvořen 123 typy geografických objektů zařazených do polohopisné nebo výškopisné části ZABAGED®. Polohopisná část ZABAGED® obsahuje dvourozměrně vedené prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu, terénním reliéfu. Její součástí jsou i vybrané údaje o geodetických bodech na území ČR. Výškopisná část ZABAGED® obsahuje trojrozměrně vedené prvky terénního reliéfu a je reprezentovaná souborem vrstevnic. Doplňkové informace resp. identifikátory některých typů objektů (vodstvo, komunikace) jsou přebírány z databází jejich odborných správců.

ZABAGED® začal být vytvářen již v roce 1995 vektorizací tiskových podkladů ZM 10. V celém rozsahu území ČR a nedefinovaných objektů byla ZABAGED® naplněna v roce 2004. V letech 2000 až 2005 byla s využitím fotogrammetrických metod a terénního šetření provedena první aktualizace a současně zpřesnění polohy objektů. V letech 2006 až 2009 proběhl druhý cyklus aktualizace a zahájen byl cyklus třetí. Perioda aktualizace byla postupně zkrácena na tříletou, jsou maximálně využity letecké měřické snímky a barevná ortofota každoročně vytvářena pro jednu třetinu území ČR. Některé významné objekty (silnice, správní hranice a další) jsou celoplošně aktualizované častěji, minimálně jednou ročně, na základě získaných změnových informací od jejich správců. V roce 2009

byla na celém území ČR ukončena fotogrammetrickými metodami kontrola a aktualizace 3D vrstevnic výškopisné části ZABAGED® současně s doplněním významných terénních hran. V roce 2011 byl pro celé území ČR vytvořen digitální model reliéfu v podobě pravidelné mříže (10 x 10 m) trojrozměrně vedených (3D) bodů.

Prostorově organizačními jednotkami ZABAGED jsou mapové listy 1:10 000 v kladu listů Základních map středních měřítek České republiky. Data ZABAGED se dodávají po celých mapových listech jako vektorové soubory polohopisu a výškopisu ve zvoleném formátu DGN nebo shapefile nebo lze nahlížet prostřednictvím služby WMS (Web Map Service). Služba WFS nebyla do konce roku 2010 spolehlivě v provozu.

Pro účely vektorizace land use a její následné verifikace bylo třeba mít k dispozici nejen obraz modelu zprostředkovaný službou WMS, ale skutečný vektorový model, který dovolí provádět nad objekty základní analýzy jako je vyhledávání objektů podle atributů, vyhledávání podle polohy objektů z jiných vrstev, a při vektorizaci přichytávání k objektům ZABAGED.

Pokud má uživatel k dispozici ZABAGED ve formátu dgn, získává všechny typy čar (polygonů) v jednom souboru. Pokud má k dispozici data ve formátu shapefile, získal pro každou entitu, tj. topografický prvek, jeden soubor.

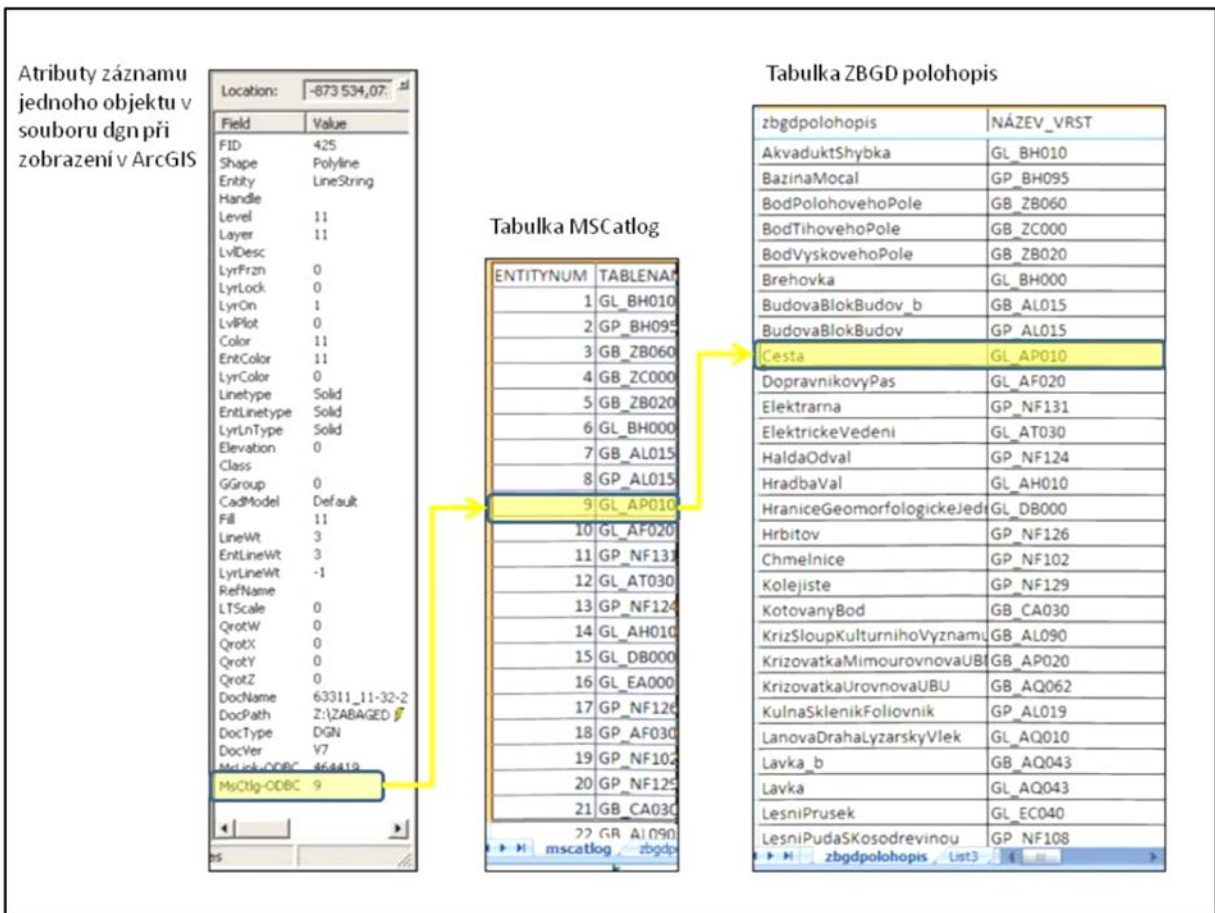
Pro práci s daty v prostředí ArcGIS nebo JANITOR bylo třeba nejprve data ve formátu dgn klasifikovat s použitím katalogu prvků ZABAGED a popisu vrstev dgn v polohopisu. Tato klasifikace se provede po připojení tabulky kódů typů objektů přes společný klíč s atributovou tabulkou v souboru dgn. Tímto společným klíčem je položka MSctlg-ODBC v souboru DGN a položka Entitynum v tabulce MSCatlog. Přes kódu objektu lze připojit úplný název objektu a jeho popis, vzájemné relace jsou vyznačeny v Obr. 7.

Pro účely verifikace dat o land use byly ve zkoumaném území ze ZABAGED vybrány jen polohopisné objekty o vegetaci a povrchu, které posloužily pro vyhledání případných chyb v zápise kódů některých základních jednotek land use (les, orná půda, trvalé travní porosty, chmelnice, ovocné sady a zahrady, vinice). Výsledkem bylo vymezení polygonů, v nichž se údaje o land use neshodovaly, a tento výběr byl následně použit ke kontrole dat.

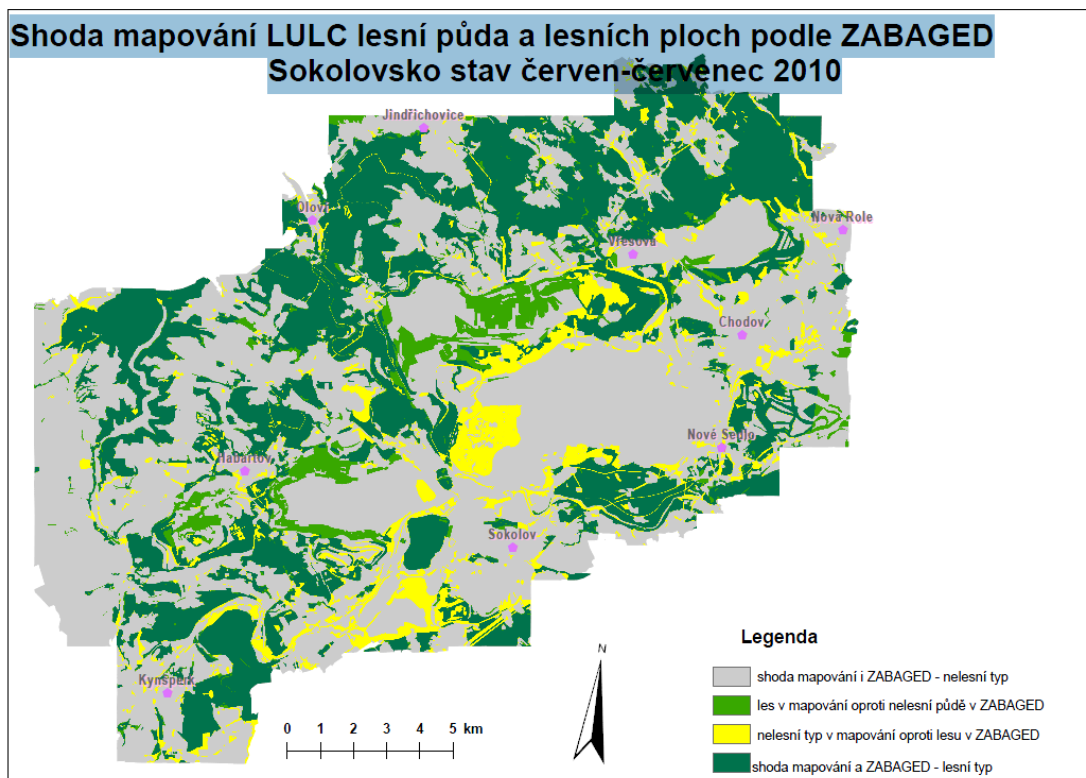
Z uvedeného výstupu lze například dohledat odlišnou klasifikaci porostů typu les v ZABAGED a terénním mapování (Obr. 8). Světle zelená znamená lesní plochy, které jsou ve skutečnosti v mapování (2010) opravdu lesem nebo lesní rekultivací, zatímco v ZABAGED jsou vedeny jako jiný druh porostu. Žluté plochy jsou místa, kde ve skutečnosti již les není, ale databáze ZABAGED z roku 2009 jej stále uvádí (většinou místa aktivních lomů nebo skrývek).

LPIS – plným jménem Land Parcel Information System – je geografický informační systém pro evidenci zemědělské půdy z hlediska uživatelských vztahů. Vznikl v souvislosti se vstupem ČR do Evropské unie, neboť podmínkou pro poskytování dotací vázaných na zemědělskou půdu je možnost jejich ověřování proti registru půdy.

Jádro registru půdy – evidence půdy dle uživatelských vztahů je vedena na základě § 3a a následujících zákona č. 252/1997 Sb. o zemědělství. Zákon upravuje jednak prvotní vznik evidence a rovněž veškeré aktualizací procesy.



Obr. 7: Ukázka relace tabulek souboru polyline.dgn, MSCatlog a ZBGDpolohopis (z podkladů <http://geoportal.cuzk.cz>)



Obr. 8 : Shoda mapování LULC lesní půda a lesních ploch podle ZABAGED (Kašparová, I. 2011a)

Ze zákona LPIS eviduje využití půdy ve třech složkách – půdy, objekty určené k chovu evidovaných zvířat a krajinných prvků.

Základní jednotkou evidence půdy je půdní blok o minimální výměře 0,1 ha, kterým může být:

- a) souvislá plocha zemědělsky obhospodařované půdy zřetelně v terénu oddělená zejména lesním porostem, zpevněnou cestou, vodním útvarem povrchových vod nebo zemědělsky neobdělávanou půdou, popřípadě obsahující krajinný prvek nacházející se uvnitř půdního bloku,
- b) souvislá vodní plocha využívaná pro účely chovu ryb, vodních živočichů a pěstování rostlin ve vodním útvaru povrchových vod a podobně,
- c) souvislá plocha zalesněné půdy, která byla v evidenci půdy vedena jako zemědělsky obhospodařovaná půda se zemědělskou kulturou (kromě rybníka nebo porostu rychle rostoucích dřevin).

Půdní blok se může dále dělit, pokud na něm hospodaří více uživatelů nebo se na něm pěstuje více druhů zemědělských kultur nebo pokud pro jeho část platí, že je obhospodařována podle zásad ekologického zemědělství nebo není způsobilá pro poskytování přímých podpor nebo uživatel na ní hodlá uplatňovat agroenvironmentální opatření nebo zalesňovat podle zvláštního předpisu.

K půdnímu bloku jsou ze zákona evidovány mimo jiné tyto údaje: identifikační číslo, výměra, uživatel, druh zemědělské kultury, zařazení do různých ochranných pásem, existence odvodňovacího nebo zavlažovacího systému, hospodaření v rámci ekologického zemědělství, zařazení do horské oblasti, oblasti s jinými znevýhodněními (LFA – Less Favoured Agriculture) a oblasti Natura 2000.

K půdnímu bloku je také evidován příslušný krajinný prvek, který leží uvnitř bloku nebo s ním aspoň na části hranice sousedí. Druhy krajinného prvku jsou definovány Nařízením vlády č. 335/2009 Sb. takto: mez, terasa, travnatá údolnice, skupina dřevin, stromořadí, solitérní dřevina.

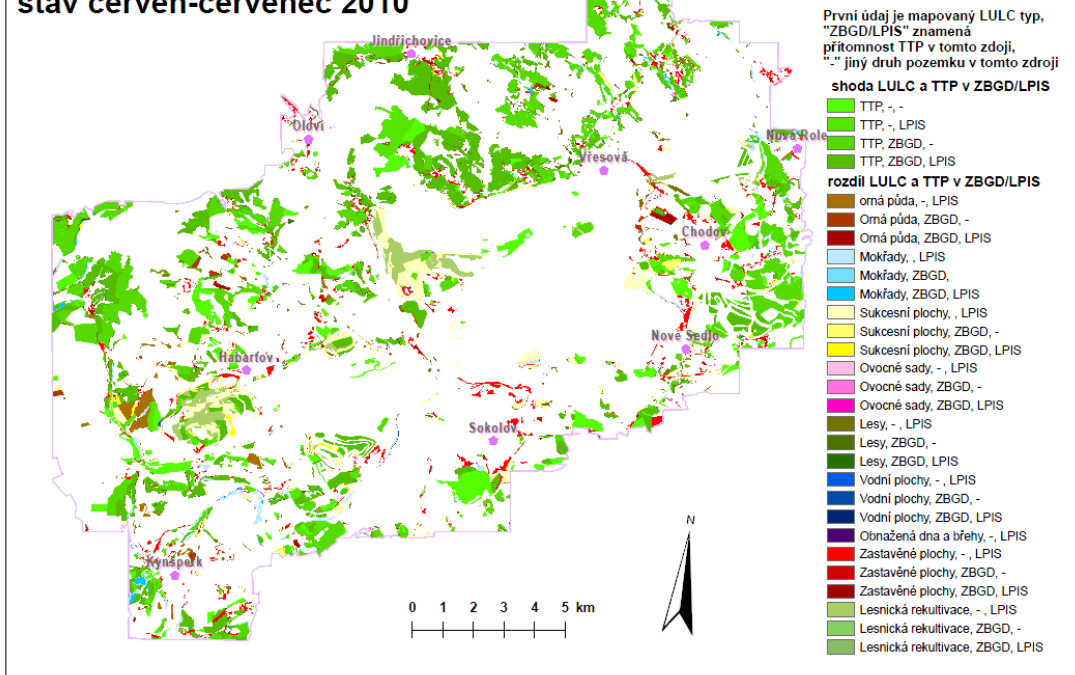
Majitel nebo uživatel definuje krajinný prvek proto, aby na jejich údržbu mohl žádat podobné dotace, jako na hospodaření na zemědělské půdě. Zahrnutí krajinných prvků do LPIS vyplynulo z implementace povinných standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, zakotvených v legislativě Evropské unie.

Vymezení půdních bloků a kultury jsou stanoveny v metodikách Ministerstva zemědělství. Zde platí, že se vždy posuzuje, zda uživatel danou plochu využívá primárně k zemědělským účelům a zda je obhospodařována v souladu s běžnou zemědělskou praxí. Pokud tomu tak není, může ji evidovat jen jako kulturu jinou – podkulturu „jiná kultura neoprávněná pro dotace“.

Do kultur, kterým nepřísluší dotace, dále například patří například plantáže vánočních stromků, kuchyňské-zelinářské zahrady, z nichž výpěstky neslouží k prodeji, zahrady pro rekreační a podobné účely, golfové hřiště, stálá letiště, sportovní střelnice.

Geografický informační systém LPIS je vytvořen jako jedna databáze. Její obsah garantuje Ministerstvo zemědělství a to také udržuje online aktuálnost dat. Přesto, že LPIS byl vybudován především pro státní správu, která jím kontroluje přidělování podpor do zemědělství, okruh jeho uživatelů je podstatně širší. Běžná veřejnost má také přístup do Veřejného registru půdy, a to buď prostřednictvím samostatné aplikace nebo služeb WMS/WFS a přímého exportu dat (<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>).

Shoda mapování LULC "Louky a pastviny (TTP)" a trvalých travních porostů podle ZABAGED a LPIS Sokolovsko stav červen-červenec 2010



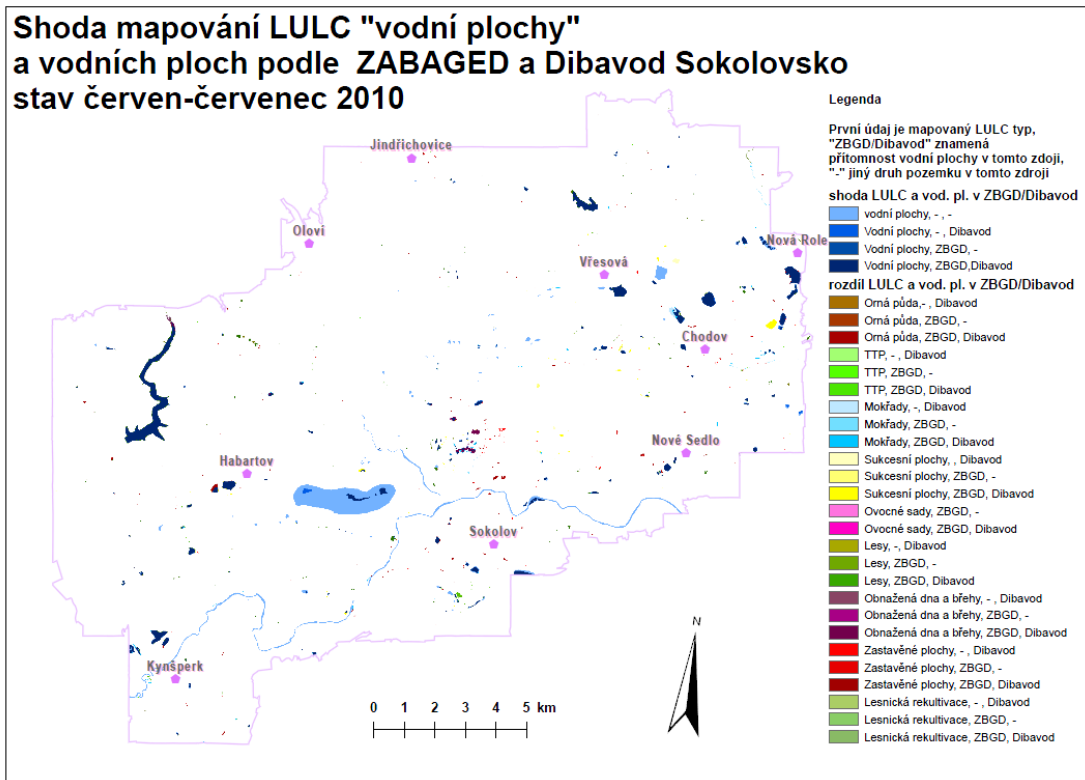
Obr. 9: Shoda mapování LULC "Louky a pastviny (TTP)" a trvalých travních porostů podle ZABAGED a LPIS (Kašparová, I. 2011b)

Z hlediska pokrytí zemědělských ploch půdními bloky nebo krajinnými prvky je třeba mít na paměti, že tyto jsou do databáze vloženy pouze tehdy, když jejich uživatel má zájem o nějakou podporu hospodaření na těchto plochách a splňuje podmínky pro zařazení ploch do LPIS.

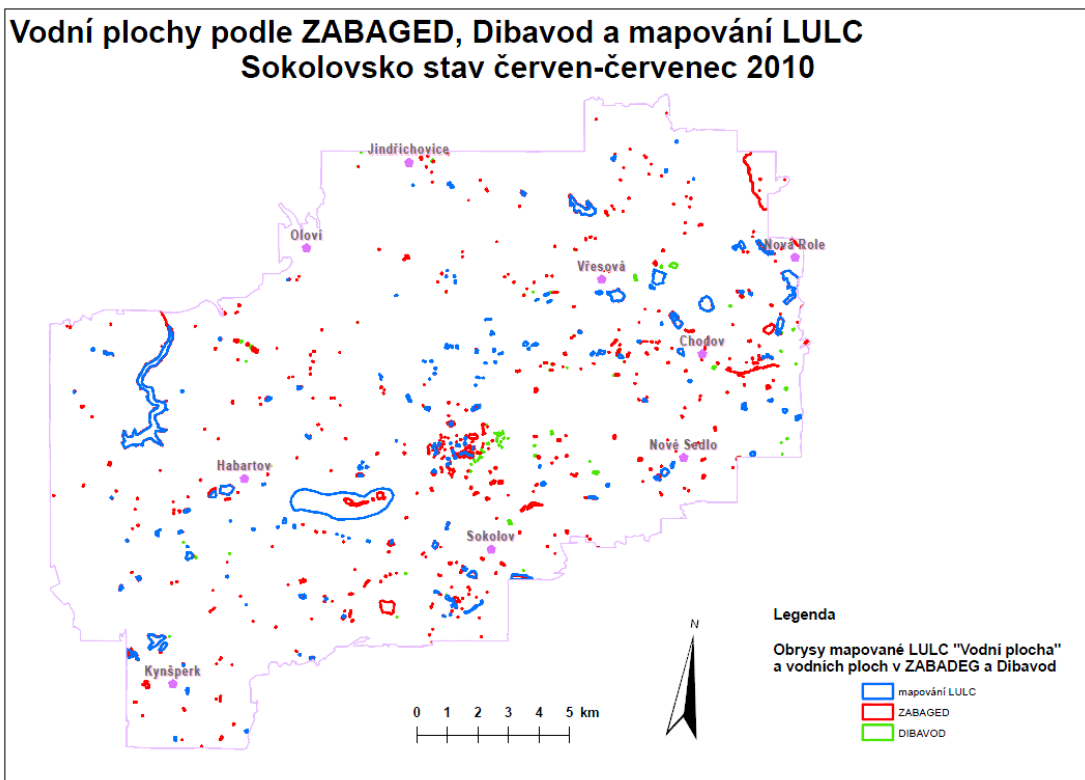
Veřejný LPIS ještě poskytuje další údaje o území, které se zemědělským využíváním půdy mohou souviset a pocházejí z veřejných zdrojů, např. hydrologické údaje (meliorace, zamokřené půdy, 25m a 50m okolí vodních útvarů), údaje o erozi (půdy ohrožené erozí, eroze a protierozní opatření), základní - podkladové – mapy a mapy katastru nemovitostí (Šnáblová, Otradovcová 2009). Při mapování land use/land cover v pánevních oblastech byla data LPIS využita pro ověření správnosti mapování základních jednotek orná půda, louky a pastviny.

Opět tato data byla vhodným zdrojem pro ověření terénního mapování. V Obr.9, jasně zelené plochy vyznačují louky a pastviny, které jsou shodně dokumentovány v terénním mapování a/nebo LPIS a ZABAGED. Barevné plochy potom symbolizují území, která jsou v LPIS a/nebo ZABAGED vedena jako trvalé travní plochy, ale při fyzickém mapování byly zařazeny do jiné kategorie na základě použité metodiky mapování land use.

DIBAVOD je digitální báze vodních útvarů, jejímž správcem je Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka. DIBAVOD je referenční geografická databáze vytvořená primárně z odpovídajících vrstev ZABAGED®. DIBAVOD umožňuje stažení vektorových dat pro jednotlivé typy vodních útvarů prostřednictvím internetového portálu DIBAVOD (VÚV TGM,2011).



Obr. 10: Shoda mapování vodních útvarů mezi databázemi ZABAGED, DIBAVOD a mapováním land use (Kašparová, I. 2011c)



Obr. 11: rozdíly v lokalizaci vodních útvarů mezi databázemi ZABAGED, DIBAVOD a mapováním land use (Kašparová, I. 2011c)

Z této databáze byly ve zkoumaném území použity objekty vodních nádrží a bažin a močálů pro verifikaci mapovaných podobných ploch land use. Přestože by obsah objektů (tj. vodních útvarů a jejich lokalizace) měl být shodný s databází ZABAGED, je zřejmé, že tomu tak není (Obr. 10 a 11). Výměra odlišně zařazených kategorií land use sice není velká, ale pro zjišťování pohybu vody a energie v území má správné určení skutečného krajinného pokryvu a využití velký význam.

Výsledky

Použití land use/land cover jako indikátoru změn a funkčnosti krajiny

Při zkoumání antropogenních krajín se zpravidla setkáváme s pojmy land use (využití krajiny) anebo land cover (krajinný pokryv). Oba termíny se často vyskytují spolu, Využití půdy je důležitým ukazatelem ekonomického a ekologického potencionálu daného území, tak jak jej uživatel deklaruje nebo zamýšlí využívat a přetvářet. Krajinný pokryv obvykle vyjadřuje popis území pomocí fyziognomických atributů, zatímco land use používá funkční atributy. Oba pojmy závisí na krajinných složkách v daném území a jsou zpravidla i vymežovány hranicemi těchto složek v území. Současně jsou také závislé na čase, ve které, se zjišťují a období, pro které se budou používat.

Zatímco land use je klasifikace využívaná především pro účely evidence a hospodaření v krajině, land cover se používá k zachycení aktuálního stavu, pro detailnější studium krajiny, pro návrhy hospodaření ve specifických územích nebo situacích (chráněná území, rekultivované plochy, atd.). Land cover je zpravidla kombinací charakteristik struktury krajiny, land use a vegetačního krytu (Sklenička, 2003).

Výsledky prací využívajících land use a land cover v souvislosti s diagnostikou těžební a posttěžební krajiny jsem publikovala v pracech Skaloš et Kašparová (2012), Pecharová et al. (2011), Kašparová (2011a, 2011b, 2011c), nebo v pracech připravených k publikaci Kašparová et al. (2012), Skaloš et al. (2012).

Paměť krajiny

Skaloš, J., Kašparová, I., 2012. Landscape memory and landscape change in relation to mining . Ecological Engineering, 2012, Volume 43, Pages 60–69.

Práce měla za cíl identifikovat paměť krajiny jako nástroje pro popis a kvantifikaci vlastností „běžné“ krajiny, tj. krajiny bez výjimečných pozoruhodností. Pojem paměť krajiny se v české literatuře v souvislosti s krajinou používá ve smyslu „schopnosti regenerovat předchozí stav“ (Sádlo 1994), „udržet některé atributy krajiny anebo schopnost regenerovat je“ (Sklenička 2003). Paměť krajiny se vztahuje jak na hmotné charakteristiky, tak na nehmotné vlastnosti. Jestliže se hovoří o ztrátě paměti krajiny (Cílek 2002), uvažuje se o nenávratném zániku nehmotných součástí krajiny souvisejícím většinou s radikální a nevratnou změnou fyzických vlastností.

Základem hmotné paměti krajiny jsou trvalé krajinné struktury. V této práci byly za takové struktury považovány ty prvky přírodní nebo kulturní krajiny, které se vyznačovaly relativní stálostí místa a krajinného pokryvu po určitou delší dobu až dosud.

Zájmové území je vymezeno katastrem obce Stíčany, který se nachází v tzv. staré kulturní krajině, která zde byla obydlena již od neolitu. Přes poněkud monotónní charakter, ve kterém převažuje zemědělské využití půdy, se v omezené míře vyskytují i další typy land use. Zhruba 1/8 území (20 ha) zaujímá bývalá cihelna a související dnes již nevyužívaná těžba jílu. Dle evropské typologie LANMAP patří tato část do typu Chs-al: „Continental – hills (pahorkatiny)- sediments – agricultural land use). Dle typologie Löwa patří do krajiny plošin a pahorkatin dle reliéfu a zemědělské krajiny podle využití. Podnebí patří do mírně teplé oblasti s průměrnou teplotou 8,2°C (Nováková 1991).

Pro účely této práce byly použity listy mapy Stablního katastru nemovitostí z roku 1839 v měřítku 1:2880 (ČÚZK, 2002). Díky detailním informacím, které mapové dílo poskytuje, se považuje za základní historický zdroj. Letecké snímky zapůjčil pro tuto práci Okresní úřad v Chrudimi. Jednalo se o skutečné fotografie ve skutečných barvách, pořízené v květnu 2002.

Oba analogové podklady byly naskenovány na velkoformátovém skeneru ve vysokém rozlišení (900 dpi). Rastr byl dále georeferencován pomocí afinní transformace do kartografického zobrazení S-JTSK. Pro identifikaci vlíčovacích bodů byla použita poměrně hustá síť komunikací, která se zachovala z minulosti do současné doby. Rozlišení výsledného rastru ortofota bylo 30 cm. Nad těmito podklady byl v prostředí ArcView vytvořen vektorový polygonový model land use/land cover pro každé časové období.

Pro určení struktur paměti krajiny v zájmovém území byly stanoveny dvě podmínky: stálost prostorové struktury v čase a typ land use/land cover. Prostorová charakteristika byla zachycena vektorovým modelem, land use/land cover v attributech jednotlivých objektů. Vzhledem k tomu, že klasifikace využití pozemku zachycená Stablním katastrem je ve srovnání se současnými evidencemi bohatší, byly vytvořeny sdružené typy pro: zastavěná území, zahrady, trvalé travní porosty, ornou půdu, ostatní plochy, silnice, mimolesní dřeviny. Pro rok 2002 přibyl ještě typ průmysl. V území nebyl žádný les, proto se tento typ pokryvu použil. Prvky paměti krajiny byly vymezeny použitím nástroje prostorové analýzy v ArcView, když funkcí Intersection byly vymezeny plochy území se stejným pokryvem udaným ve Stablním katastru a v leteckém snímku a prostorová odchylka hranice nebyla více jak 1 m.

Kvantifikace paměti krajiny pak vycházela z těchto souhrnných hodnot:

- zastoupení všech kategorií tvořících paměť krajiny ve srovnání se zastoupením typů krajinných pokryvů v roce 1839 v procentech
- zastoupení jednotlivých kategorií tvořících paměť krajiny v porovnání se zastoupením typů krajinných pokryvů v roce 1839 v hektarech a procentech
- zastoupení tzv. ekologických typů (zahrad, TTP, mimolesních dřevin), tvořících paměť krajiny v porovnání se zastoupením typů těchto krajinných pokryvů v roce 1839, v%

Ve sledovaném území došlo ke změně land use a zároveň se zde vylišily prvky paměti krajiny. Zastavěné plochy, louky a mimolesní dřeviny jsou typy, které se změnily výrazně. Zastavěné a další plochy spolu s průmyslem vzrostly 8-násobně z 1,3 na 10,7%, většinou na úkor trvalých travních porostů (pokles ze 17,6 na 5,9%) a zahrad.

Ve struktuře paměti krajiny rozsahem převládá orná půda – 76 % tj. 87, 7 ha bylo v roce 2002 na stejném místě, jako v roce 1839. Nejmenší změna se udála v mimolesních dřevinách, kterých zůstalo na původním místě 83,6 %. Naopak největší změny postihly trvalé travní porosty (setrvalo 9,7 %) a

zahrady (14 %). Souhrnně se na paměti krajiny podílejí menší měrou ekologicky stabilní typy land use (zachovalo se jich pouze 16 %), zatímco ostatních se dohromady zachovalo 59,8 %.

Koncept paměti krajiny v sobě spojuje hodnocení diverzity typů land use spolu s trvalostí jejich struktury. Jeho použití musí vhodně zobecnit možné odlišnosti v definici typů land use ve dvou časově odlišných zdrojích (např. mimolesní zeleně, viz Skaloš et Engstová 2010) a zhodnotit předpoklad stálosti typů mezi oběma hranicemi zkoumaného období, např. z jiných zdrojů potvrdit, že pole nebylo dočasně převedeno na louku a později opět rozoráno.

Tato případová studie ve svém časovém intervalu nezaznamenala postupnou sukcesi na ploše již ukončené těžby jílů. Jámy jsou dnes zaplaveny vodou a ostatní plochy osidlují luční nebo křovinná společenstva (ortofoto CENIA 2011).

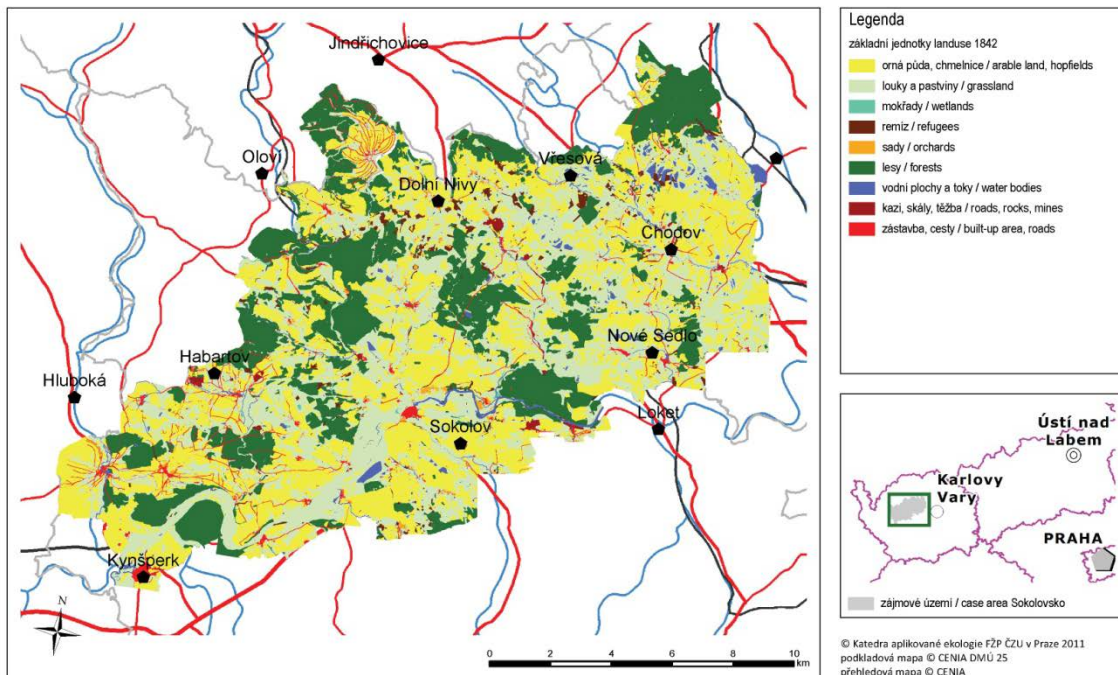
Výsledky práce jsou také v souladu se studií Verburga et al. (2006), která mimo jiné na příkladu České republiky modelovala scénář vlivu globální ekonomické spolupráce na strukturu land use. V jejich modelu se i pro toto území jevil pro období let 2000-2010 pokles trvalých travních porostů ve prospěch orné půdy, následovaný opouštěním orné půdy a její přirozenou přeměnou v sukcesní stádía (lze předpokládat typ mimolesní zeleně) vlivem ukončení dotací do zemědělství. Výsledky se shodují i v tom, že při této změně dochází k homogenizaci struktury krajiny a negativnímu dopadu na estetickou kvalitu a diverzitu těchto krajin.

Funkční změny krajiny Sokolovska 1842 – 2010

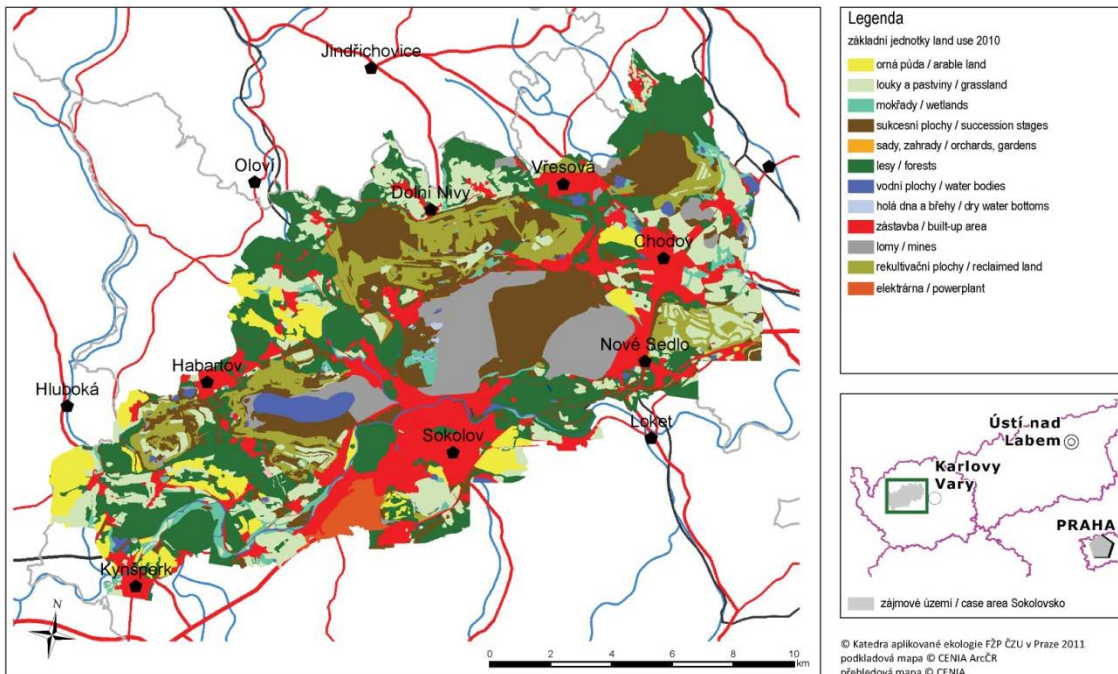
Skaloš, J., Pecharová, E., Kašparová, I. a kolektiv.: Funkční změny krajiny Sokolovska v období 1842 a 2010. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce s.r.o., 2012

V letech 2008-2011, v rámci rozsáhlého projektu „Nové přístupy umožňující výzkum efektivních postupů pro rekultivaci a asanaci devastovaných oblastí“ jsem se podílela na analýze změny land use v těžební krajině v Podkrušnohoří. Jedním z výstupů je soubor 28 specializovaných map zobrazující změny ve vývoji využití krajiny (land use) a funkčního využití krajiny (vodního potenciálu krajiny) v zájmovém území Sokolovsko. Studie byla zpracována na dvou úrovních. Jednak pro celé zájmové území zahrnující 50 historických katastrálních území o celkové výměře cca 210 km², a zároveň byl výzkum proveden jako případová studie v rámci vybraných historických katastrálních území. Tato katastrální území reprezentují jednak krajinu ovlivněnou povrchovou těžbou (Chodov 1169 ha, Týn 545 ha, Lomnice 860 ha), a také krajinu nezasaženou těžbou, tzv. referenční území (k.ú. Háj 644 ha, Nové Domy 205 ha, a Hluboká 331 ha). V současné době je stejné území vymezeno 46 katastrálními územími, které většinou zachovávají hranice bývalých katastrů. Jako zdroj historických dat pro určení land use (Obr. 12) a vodního potenciálu krajiny (Obr. 13) sloužily indikační skici stabilního katastru (1841-1842). Pro získání informací o sledovaných attributech současné krajiny bylo provedeno mapování současného stavu krajiny v terénu v roce 2010. Pro hodnocení historické funkčnosti krajiny byla zavedena klasifikační stupnice vodního potenciálu krajiny, která vznikla rozřazením historických kategorií land use do 15ti kategorií dle hypotetické potenciální schopnosti udržení vody v krajině ve sledovaném land use (Obr. 14). Pro hodnocení současného vodního potenciálu (Obr. 15) vznikla převodní tabulka, v níž každé jednotce land use byla přiřazena kategorie vodního potenciálu krajiny dle hypotetické potenciální schopnosti evapotranspirace daného land use a krajinného pokryvu. Pro stanovení historického land use byla sestavena legenda land use dle využití krajiny na mapách stabilního katastru. Legenda mapování současného využití krajiny byla kompatibilizována s legendou

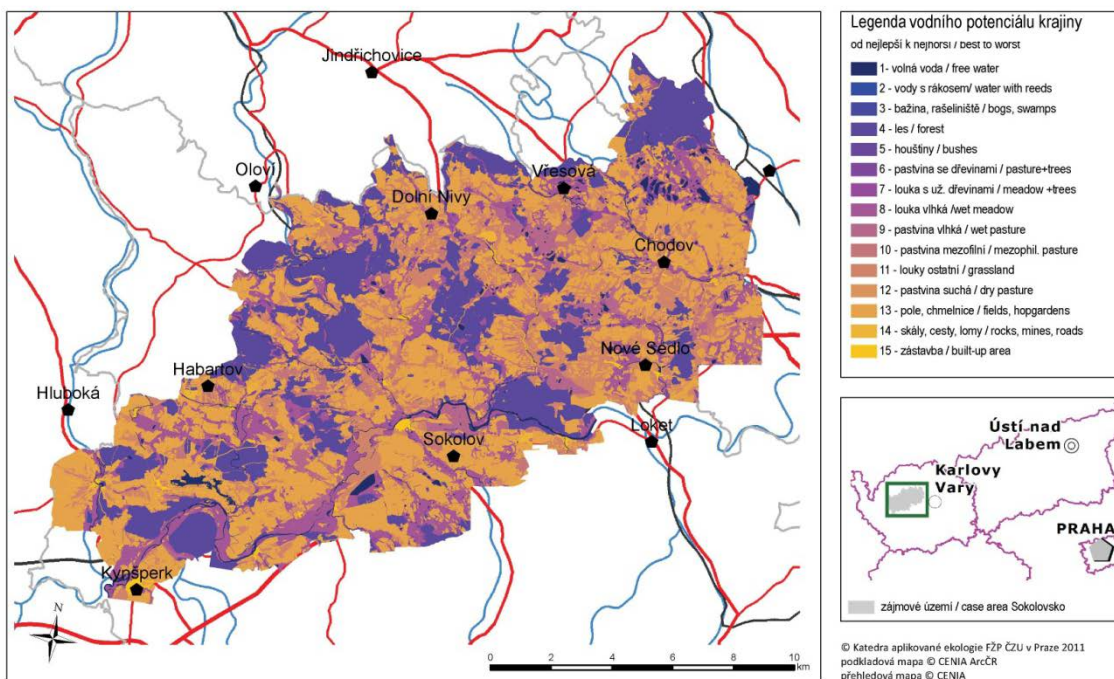
land use na mapách stabilního katastru. Při zpracování map byly využity nástroje ArcGIS, konkrétně software ArcMap 9.3 firmy ESRI.



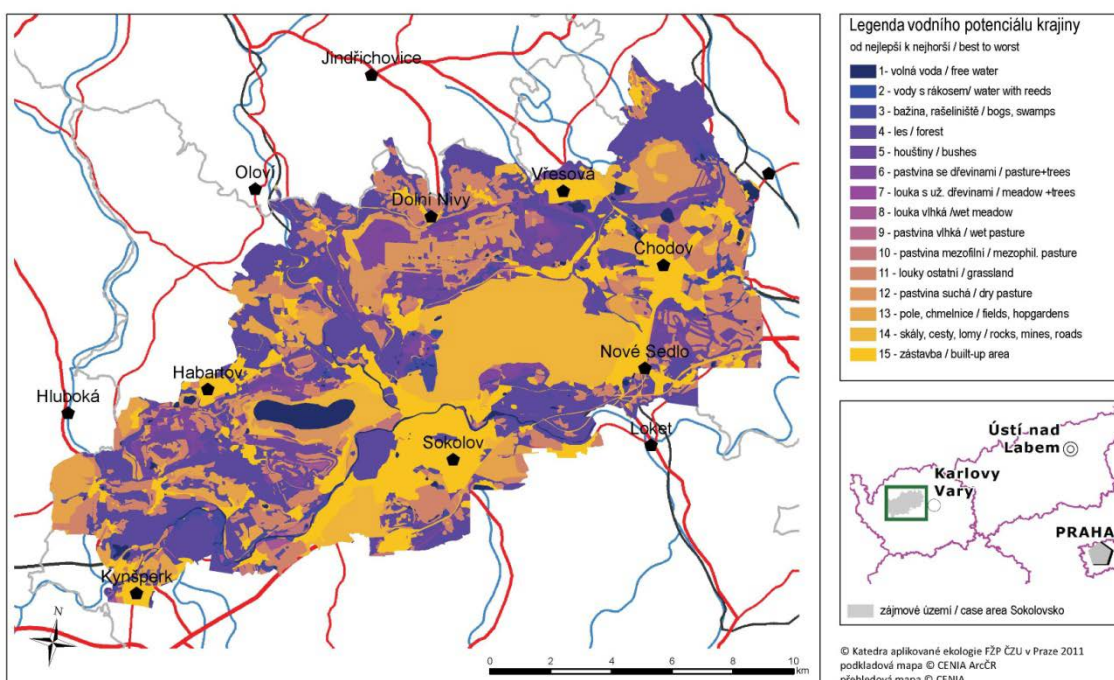
Obr. 12: Historický land use krajiny Sokolovska v roce 1842



Obr. 13: Současný land use krajiny Sokolovska v roce 2010



Obr. 14: Historická funkčnost krajiny Sokolovska – mapa vodního potenciálu v roce 1842



Obr. 15: Současná funkčnost krajiny Sokolovska – mapa vodního potenciálu v roce 2010

Kašparová, I., Pecharová, E., Justová, H., Gillarová-Hrajniová, H. 2012. Unique Approach to Land Reclamation After Brown Coal Mining , 12th International GeoConference SGEM 2012, proceedings, held 17 - 23 June, 2012 in Albena, Romania, proceedings ISSN: 1314-2704

Metoda stanovení struktury paměti krajiny byla použita i v území Sokolovské pánve v případové studii o širším zázemí napouštěného jezera Medard. Zde se jedná o území asi 40 km² vybrané tak, zahrnuje okolí zbytkové jámy povrchového dolu Medard-Libík a shodovalo se s územím pojednávaným ve studii (Pecharová, Martiš et al. 2011). Paměť krajiny zde byla studována srovnáním land use/land cover získaného z map Stablního katastru z roku 1842 a terénního mapování na podkladu ortofotomap v sezóně 2010.

V tomto území došlo k drastickému poklesu zastoupení zemědělské půdy (ze 41 % na 6 %) a trvalých travních porostů (z 39 % na 9 %) z důvodů povrchové těžby uhlí. Přírůst lesů (z 16 % na 21 %) je výsledkem postupné ukončené rekultivace.



Obr. 16: Prvky paměti krajiny v širším zázemí napouštěného jezera Medard

V této krajině, tak rychle se měnící a dočasně ztrácející všechny funkce kromě produkční, je management prvků paměti krajiny zvláště důležitý. Hmotné prvky paměti krajiny pomáhají nastartovat obnovu území po těžbě a zapojit obnovované biotopy do fungující kostry stability krajiny (Sklenička et Charvátová 2003). V území Medard-Libík jsou vlastně jedinými typy land use, které jsou součástí struktury paměti krajiny, les a intravilán (zastavěné území uvnitř obcí). Les zůstal v prostorové struktuře 37 % svých původních porostů, intravilán v 63 %. Obojí má pro budoucí regeneraci území významný přínos: les je ekologicky stabilní prvek, na který navazují rekultivace, původní struktura sídel podporuje souvislost nehmotné paměti krajiny a umožňuje identifikace obyvatel s místem, kde žijí.

Pecharová, E., Martiš, M., Kašparová, I., Zdražil, V. 2011. Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes. Journal of Landscape Studies - online version, 2011, roč. 4, č. 2, s. 71-80. ISSN: 1802-4416.

Hodnocení budoucí stability zmíněného území Medard-Libík při scénáři hydrické rekultivace zbytkové jámy Medard a navazujících rekultivací bylo publikováno ve studii (Pecharová, Martiš et al. 2011). Území bylo pokryto pravidelným rastrem, jehož buňky nabývaly diskrétní hodnoty (- 3, -2, -1, 0, 1, 2, 3) představující kladné, stagnující nebo záporné trendy ve vývoji klíčových funkcí krajiny v daném čase. Scénář zachytil tři období – minulost, současnost a budoucnost. Trendy v minulosti byly odvozeny z mapy land use zpracovaného z údajů Stablního katastru, trendy v budoucnosti z předpokládaného stavu území po úspěšné realizaci rekultivací (Leitgeb 1999a, 1999b).

Ověření mapování kategorií land use/land cover termosnímkováním

Kašparová, I., Berchová, K., Jirka, V. 2011. Use of Thermovision Photography for Land Cover determination in Post-mining Locations. International Journal of Mining, reclamation and environment, Tylor and Francis, UK, odesláno k redakci

Přestože rozmístění land use v krajině se běžně používá jako indikátor fungování krajiny, v posttěžební krajině v různých stádiích rekultivace a rehabilitace může být typologie land use příliš hrubá, generalizující, na to, aby zachytila různě funkční části krajiny. V případové studii (Kašparová et al. 2011) byla využita data z pokusného termální snímkování nad Velkou podkrušnohorskou výsypkou k ověření správnosti metodiky mapování land cover - krajiného pokryvu na rekultivovaných plochách. Dostupné termální snímky byly zpracovány do rastrů skutečně odražené ranní a odpolední teploty, z nichž byl vypočten rastr rozdílů těchto teplot D. Položili jsme si čtyři otázky: 1. Zda jsou rozdíly mezi průměrnou hodnotou D v zónách rastru určených hranicemi jednotlivých typů land use/land cover (dle Přílohy 5) vyskytujících se v záběru snímkování, 2. Zda jsou rozdíly mezi sdruženými typy land use/land cover do 7 základních typů land use, 3. Zda jsou rozdíly mezi lesními a nelesními plochami a 4. Zda jsou rozdíly mezi plochami uměle rekultivovanými a ponechanými přirozené sukcesí. Analýza variance potvrdila rozdíly pro všechny čtyři otázky. Tato dílčí studie tak ověřila správnost metodiky mapování krajiného pokryvu na rekultivovaných plochách.

Topografie jako diagnostický nástroj

Sklenička, P., Kašparová, I. 2008. Restoration of visual values in a post-mining landscape. Journal of Landscape Studies - online version, 2008, roč. 1, č. 1, s. 1-10. ISSN: 1802-4416.

V průběhu řešení projektu QH82106 jsem vytvořila vektorový model a následně rastrový DEM pro Velkou Podkrušnohorskou výsypku z období před změnou reliéfu těžbou a výsypkou. Studie změny reliéfu byla zpracována pouze jako součást přípravných prací na projektu QH82106. Srovnání změny topografie z modelu historického DEM a současného DEM Aster GDEM po těžbě ilustruje Obr. 3. Při interpretaci výsledku je třeba zohlednit v metodice diskutované vlastnosti modelu ASTER GDEM.

Podrobněji byla geomorfologie nové krajiny zkoumána v práci Sklenička et Kašparová (2008). Nová geomorfologie území Sokolovské pánve byla východiskem pro analýzu změny pohledového vnímání nové krajiny po úspěšné rekultivaci všech ukončených dolů a výsypek v rozmezí let 2000-2025.

V území o rozsahu cca 250 km² byla provedena analýza viditelnosti nových geomorfologických tvarů za předpokladu, že tyto útvary jsou v době svého vzniku vnímány velmi negativně, zatímco po

rekultivaci už jejich negativní vizuální hodnocení pomine. Výsledky ukázaly, že v roce 2000 bylo na zkoumaném území více jak polovina (53,8 %) krajiny zařazena do některé kategorie s negativním vizuálním hodnocením (lze to chápat tak, že z daného místa v území pozorovatel viděl aspoň jeden negativně vnímaný geomorfologický útvar), zatímco po rekultivacích by krajina pohledově negativně vnímaná ovlivňovala pouze 12 % území. Obdobný postup ověřovaný v Řecku označila M. Menegaki „vykročením správným směrem“ (Menegaki et Kaliampakos 2012).

Komentář k souboru prací

Digitální a informační revoluce konce 20. století umožnila proniknout digitálními mapám mimo štáby armád a díky využití v mnoha hospodářských odvětvích umožnila rozvoj geografických informačních systémů nejen jako systémů pro shromažďování dat o území a pro jejich kartografické zpracování, ale současně poskytla nástroje a prostor pro vývoj postupů, které zkoumají vlastnosti a závislosti mezi jevy, které jsou spojeny s místem svého výskytu. Geografické informační systémy (GIS) umožňují práci s daty v určitém prostorovém kontextu, přičemž nepracují přímo s původními naměřenými údaji, ale s konceptuálními modely. Ty umožňují přiblížit se realitě do takové míry, která je umožněna výchozími údaji a která je vhodná pro navrhované analytické metody.

Se stále rozšiřující se nabídkou nástrojů nebo celých souborů nástrojů pro analýzu dat je možné při vhodném modelu dat provádět analýzy vzájemných vztahů v různých měřítcích krajiny, tedy „přibližovat“ nebo „oddalovat“ pohled na zvolenou krajinu, aniž by se měnila metoda hodnocení.

Krajina, nebo některé jevy v krajině, se staly jednou z prvních oblastí geoinformací, pro které byly modely GIS vytvářeny. Shodou historických okolností se rozvoj technik a technologie GIS „rozjel“ ve stejné době, jako ve střední Evropě zájem životní prostředí, který se v oblastech dotčených těžbou transformoval do úsilí o celostní, komplexní přístup k obnově krajiny devastované těžbou uhlí.

Všechny práce zde předkládané mají společný základ, a to použití

1. některého z datových konceptů pro sestavení modelu geografického jevu a
2. metod a nástrojů pro analýzu vzájemných vztahů těchto (modelovaných) jevů v čase a prostoru.

I souhrn těchto prací dokládá, že změna je základním charakterem těžební a post-těžební krajiny. Všechny práce nějakým způsobem pojednávají změnu nějaké charakteristiky v krajině zvoleného území, změnu související s těžbou suroviny.

Proto prvním krokem ke splnění cíle, je volba vhodného datového modelu, který bude nejlépe změnu zachycovat a bude se na něm nejlépe změna zkoumat. Geografické informační systémy nabízejí dva koncepty datových modelů – rastrový a vektorový.

Rastrový model pokrývá zvolené území sítí pravidelných buněk, přičemž každé buňce přiřazuje jednu hodnotu charakteristiky. Velikost buňky určuje prostorové rozlišení jevu v území, čím menší je buňka, tím je hustější rastr a dovoluje zachytit větší prostorovou podrobnost jevu. Podstatnou výhodou rastru je však jeho jednoduchá datová struktura ve formě matice, která

umožňuje snadno modelovat procesy změny buňky v závislosti na vlastnostech buněk sousedních (modelování spojitých ploch).

Vektorový model zachycuje jednotlivé objekty v prostoru, přičemž je minimalizuje do jednoduchých tvarů popsatelných geometrickými primitivami bodem a úsečkou a z nich složených linií (sled navazujících úseček) a polygonů (plocha vymezená uzavřenou hranicí). Vektorový model se více přibližuje skutečným objektům v reálném světě, a s každým objektem lze spojit potřebné individuální vlastnosti. Na druhou stranu se pro tento model hůře programují procedury pro modelování spojitých jevů, a proto nástroje GIS obsahují postupy, jak převádět vektorové modely na rastry a obráceně.

V metodice bylo ukázáno, že nejvhodnějším modelem pro zkoumání změny terénu (geomorfologie) je rastrový model. V práci Skleničky a Kašparové (2008) byl použit rastrový model, odvozený z vrstevnicového modelu území Sokolovské pánve před a po rekultivacích.

Tyto dva modely terénu měly stejné umístění a rozlišení 50 m. Odvození modelu a výpočet rastru viditelnosti bylo provedeno nástroji GIS pro prostorovou analýzu, v tomto případě byly použity nástroje Spatial Analyst extension ArcView 3.1. Na takto vytvořených modelech byla potom zkoumána změna vizuální kvality celého území v souvislosti s předpokládanými ukončenými rekultivacemi. Ve shodě s dalšími autory (Toy et Chuse, 2005, Dulias 2010, Menegaki et Kaliampakos, 2012) práce potvrzuje, že rekonstrukce vizuálních kvalit by měla být klíčovou složkou rehabilitace posttěžební krajiny. Především pak tato metoda nachází uplatnění v zapojení informované veřejnosti do rozhodování o cílovém stavu posttěžební krajiny a strategii, jak tohoto cílového stavu dosáhnout. Může být podkladem pro rozhodnutí, zda je veřejným zájmem „zahladit veškeré stopy“, anebo které naopak ponechat nebo podtrhnout, protože těžba zůstává do určité míry v paměti krajiny a obyvatelé, uživatelé i návštěvníci posttěžební krajiny by měli mít možnost si uvědomit, jaké síly ji formovaly (Francaviglia, 1997).

Studie také ukázala možnosti „přiblížit“ stejný postup měřítka krajiny do měřítka lokálního, zobrazujícího efekt konkrétní modelace terénu na vnímání významné kulturní dominanty (Chlum Sv. Maří).

Obdobně bylo vhodné použít rastrový model pro popis scénáře vývoje v krajině, tak jak je vytvořen v práci Pecharové et al. (2011). Rastrový model byl použit z důvodu, že pro něj GIS poskytuje jednoduché postupy pro změnu měřítka a tím umožňuje zjednodušit zkoumané charakteristiky. Rastrový model těžební a post-těžební krajiny v okolí budoucího jezera Medard je vytvořen z průměrné hodnoty ekologické stability území pokrytého každou buňkou, přičemž ekologická stabilita (nebo zranitelnost) byla odvozena z majoritního land use zastoupeného v každé jednotlivé buňce. Výsledný rastrový model pak reflektuje změnu ekologické stability a zvýšení přírodního potenciálu v rekultivovaném území podle toho, jaké stability dosáhnou jednotlivé rekultivované plochy v souběhu s dalšími předpokládanými změnami využití území, vyplývajícími např. z plánů rozvoje území. Celosvětově se takovýto postup prosazuje při rozhodování o místních strategiích a věnují se mu odborníci jak z oboru územního plánování a krajinného managementu (Sterk et al. 2009, Larondelle et Haase, 2012) tak geoinformatiky (Steinitz 2012, McIntosh et al. 2009).

Naopak pro podobný cíl v práci Martiše al. (2008) byl použit vektorový model. Studie zachycovala krajinu po těžbě černého uhlí v Kladenském regionu v jednom časovém období, jednotlivá území s homogenními charakteristikami tedy zůstávala prostorově neměnná a bylo vhodnější pro ně zvolit vyjádření pomocí prostorových objektů – polygonů. Jednotlivé haldy byly chápány jako ostrovy a jejich vlastnosti byly odvozeny z vlastností okolní krajiny. Výsledek práce – klasifikace přírodního a estetického potenciálu vyjádřená stupni ohrožení bioty, bohatství bioty jedinečnosti bioty, zdrojem biodiverzity a estetickým vlivem na krajinný ráz – je příkladem metody vhodné pro vyjádření budoucích efektů plánovaných činností v krajině a je uplatnitelný v procesech hodnocení vlivů záměrů nebo strategií a plánů na životní prostředí (procesech EIA nebo SEA).

Do souboru prací jsem zařadila ještě článek Kašparová et Zdražil (2006). Sice se nezabývá přímo těžební krajinou, ale popisuje metodiku, která hodnotí společenskou službu krajiny pro rekreační využití Pražanů. Tato metodika vychází z kombinace několika charakteristik přípražské krajiny, které jsou vyjádřeny každá samostatným rastrovým modelem, a následně jsou kombinovány do jedné stupnice vyjadřující potenciální turistickou atraktivitu hodnoceného území. Klasifikace se svou konstrukcí podobá vyjádření ekosystémových služeb podle Sejáka et al. (2010) nebo Verje (2010). Na rozdíl od zmíněných nevyužívala expertního hodnocení zúčastněných charakteristik krajiny, ale kombinovala charakteristiky kvantifikovatelné: dostupnost, vzdálenost od hromadné dopravy, intenzitu chataření aj. Tím se blížila spíše postupům, vyžadovaným pro systémy EDSS (McIntosh 2011), jak je uplatnily pro výpočet ekosystémových služeb pro obnovovanou Lužickou posttěžební krajinu Larondelle a Haase (2012).

Prezentovaná metoda se stala podkladem pro vymezení rekreačních lesů v okolí Prahy.

Všechny dosud popsané metody se dají zařadit mezi nástroje v systémech podpory rozhodování o životním prostředí (EDSS), jak byly shrnuty kolektivem autorů McIntosh et al. (2011).

Následující práce vystavěly model krajiny na vektorovém konceptu. Všechny zkoumaly historické struktury krajiny získané z mapových podkladů Stablního katastru, který byl svým účelem pozemkového katastru determinován jako polohově přesný popis land use. Tomuto východisku odpovídá objektový koncept vektorového modelu, který tím, že definuje každou plochu její hranicí, neztrácí žádnou informaci o tvaru a poloze plochy-parcely.

Vektorový model land use byl použit pro analýzu krajinné charakteristiky „paměť krajiny“ v pracích Skaloš et Kašparová (2012) a Kašparová et al. (2012). Přesné určení hranic prvků krajinných struktur, vymezujících paměť krajiny, je nejlépe možné s vektorovým modelem. Protože v tomto modelu je stejný prvek krajinné struktury v každém časovém období reprezentován samostatným objektem, je při konstrukci modelu třeba zajistit maximální prostorovou shodu výsledných objektů, které se vyskytují na stejném místě. Proto je při práci s vektorovým modelem nezbytná důkladná analýza vstupních dat a použití potřebných technik GIS pro zajištění topologické přesnosti zaznamenávaných dat.

Určení paměti krajiny bylo navrženo jako identifikace plošek v krajině, jejichž poloha a land use zůstaly stejné jak v obraze krajiny zachyceném mapou Stablního katastru, tak v obraze krajiny současné, zachycené leteckými snímky nebo terénním mapováním. Paměť krajiny představuje

nejen koncept vhodný pro popis „obyčejných“ krajin, o kterých hovoří Úmluva o krajině (Council of Europe, 2002), ale v těžební a posttěžební krajině představuje i zdroj diverzity a vazbu na krajinu před devastací. V tomto smyslu chápou i Sklenička a Charvátová (2003) princip trvalosti porostů, který lze použít k plánování nových částí ekologických sítí na nově rekultivovaných plochách. Podobně přistupuje k hodnocení krajiny Stephensonová (2008), která rozděluje hodnoty krajiny na vnořené a povrchové: povrchové jsou zjistitelné pozorováním aktuálního stavu, zatímco vnořené představují pozůstatky minulých forem, historický vklad předchozích uživatelů do krajiny a dokonce soubor jejich vztahů ke krajině a sobě navzájem.

Případová studie Kašparové et al. (2011) analyzovala data z termálního snímkování nad Velkou podkrušnohorskou výsypkou. Vstupní data byla převedena do rastrového modelu rozdílů ranních a odpoledních teplot a tento byl podroben rastrové statistické analýze. Statistiky byly počítány pro části rastru vymezené shodným typem land use a následně byl testován rozptyl takto seskupených hodnot. Výsledky potvrdily rozdíly termální odpovědi jednotlivých typů i podtypů land use/land cover, které byly použity pro mapování aktuálního stavu těžební krajiny v Podkrušnohoří v rámci projektů NAZV QH82106 a NPV II 2B 08006. Dokládají využití zvoleného modelu k analýze

Závěr

Těžební krajina je dočasná kategorie. Jejím nejvýraznějším a sjednocujícím atributem je rychlá změna od funkční krajiny ke krajině produkční a snaha o co nejrychlejší návrat k plnění optimální kombinace krajinných funkcí po ukončení těžby. Zatímco dříve zahlazování následků těžby směřovalo k obnově lesní nebo zemědělské produkce, od konce minulého století se uplatňuje komplexní pohled na obnovu krajiny, jejích struktur a funkcí. Tato práce ukázala, že testované charakteristiky (land use/land cover a geomorfologie), používané k diagnostice funkcí běžných krajin, jsou schopné zachytit rychlou změnu i v krajině těžební a mohou být přínosem pro rozhodování o její budoucnosti.

Přínosem ve znalostech krajinné ekologie jsou úspěšné modely krajinných struktur, které zahrnují využití historických dat o land use a geomorfologie daného území. Tento pohled umožňuje metodický posun, jak začlenit historickou zkušenost s využíváním krajiny do současných rozvojových plánů a výrazně tak zlepšit vnímání posttěžební krajiny. Současně tyto poznatky lze využít i k naplňování závazků vyplývajících např. z Evropské úmluvy o krajině.

Práce ověřila, že použití těchto základních charakteristik splňuje požadavek na kvantitativně hodnotitelná data: jsou dostupná ve stejné kvalitě pro všechna území, jsou ověřitelná a použité postupy lze opakovat přinejmenším v celé Střední Evropě. Dále práce ukázaly, jak lze vhodné modely krajiny využít pro hodnocení přírodního potenciálu (nebo zranitelnosti krajiny) při posuzování vývoje posttěžební krajiny.

Reference

- Alday, J.G., Marrs, R.H., Martinez-Ruiz, C. 2011. Vegetation succession on reclaimed coal wastes in Spain: the influence of soil and environmental factors. *Applied Vegetation Science* 14 pp. 84–94
- Antrop, M., 2005 Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning* 70 pp. 21–34
- Antrop, M., 2006. Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia?, *Landscape and Urban Planning* 75 pp. 187–197
- Atelier T-plan, 2011. Zásady územního rozvoje Ústeckého kraje, Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí n.L.
- Avissar, R., Weaver, C.P., Werth, D., Pielke, R.A. Sr., Rabin, R., Pitman, A.J. & Silva Dias, M.A., 2004. The regional Climate, in: Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P.A., Gash, J.H.C., de Guenni, L.B., Meybeck, M., Pielke, R.A. Sr., Vörösmarty, C.J., Hutjes, R.W.A. & Lütkemeyer, S. (Eds.), *Vegetation, Water, Humans and the Climate. A New Perspective on an Interactive System*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 21-32
- Bayerl, G. 2006. Lausitzer Seeland – die größte Landschaftsfläche Europas, in *Průmyslové dědictví Ústeckého kraje – mapování a revitalizace, sborník konference, Ústí n.L. 19.6.-20.6.2008, VCPD ČVUT, Praha*
- Baker, W.L., 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecol* 2(2) pp. 111-33.
- Bastian, O., Krönert, R., Lipský, Z., 2006. Landscape Diagnosis on Different Space and Time Scales - A Challenge for Landscape Planning. *Landscape Ecology*, 21: 3 pp. 359-374
- Bodlák, L., Hesslerová, P., Křováková, K., Pecharová, E. 2010. Evaluation of quality of the post-mining reclaimed landscape by means of the landscape functions. In 12th International Symposium on environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2010) 24.5.2010, Praha. CULS Prague: Lesnická práce, s.r.o., pp. 9 - 15.
- Bodlák, L., Vinciková, H., Nedbal, V., Hais, M., Sýkorová, Z., Chmelová, I., Němcová, J., Pechar, L., Stará, L., Šťastný, J., Havránek, J., Pecharová, E., 2008. Soubor speciálních tematických map, metodik metodických postupů ke stanovení funkčních aspektů krajiny pro správní území obcí Horní Stropnice a Nové Hrady (A collection of special thematic maps and methods used to determine functional aspects of the land for district of Horní Stropnice and Nové Hrady). Kostelec nad Černými Lesy, Lesnická práce, s.r.o.
- Brom, J., Pokorný, J., 2009. Temperature and humidity characteristics of two willow stands, a peaty meadow and a drained pasture and their impact on landscape functioning. *Boreal Environment Research*, 14, pp. 389-403.
- Brom J., Rejšková A., Procházka J., 2010. Comparison of temperature regime of two temperate herbaceous wetlands in the course of growing season. In Vymazal J. *Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands*. Springer Science + Business Media B. V., pp. 221-235.
- Brom, J., Nedbal, V., Procházka, J., Pecharová, E., 2012. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis. *Ecological Engineering*, Volume 43, pp. 45-52
- Cílek, V., 2002. *Krajiny vnitřní a vnější, nakladatelství Dokořán, Praha*
- CEC, 1994: CORINE Land Cover, Commission of the European Communities, online: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

- Conesa, H., Schulín R., Nowack, B. 2008. Mininglandscape: A cultural tourist opportunity or an environmental problem? *Mininglandscape: A cultural tourist opportunity or an environmental problem? Ecological Economics*, Volume 64, Issue 4, pp. 690–700
- Council of Europe, 2000. *The European Landscape Convention*. Strasbourg
- Crossman, N. D., Bryan, B. A. 2009. Identifying cost-effective hotspots for restoring natural capital and enhancing landscape multifunctionality, *Ecological Economics* 68 pp. 654 – 668
- Čermáková Z., Fric, Z., Martiš, M., Pecharová, E., 2010. Does landscape management influence butterfly diversity and abundance?, *Journal of Landscape Studies*, *Journal of Landscape Studies* 3 pp. 231 – 236
- De Groot, R., 2006. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes, *Landscape and Urban Planning* 75 pp. 175–186
- Demirel, N., Kemal Emil, M., Duzgun, H. S. 2010. SWEMP2010, conference proceedings, ISBN 978-80-213-2076-5, CULS Prague, 66-72
- Dimitrovský K., 2001. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*, Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov, 191 s.
- Dirner, V., Kulová, E., Dobeš, A. 2010. Impact of mining on the environment. SWEMP2010, conference proceedings, ISBN 978-80-213-2076-5, CULS Prague, 81-89
- Dramstad, W. E., Fjellstad, W. J. 2011. Landscapes: Bridging the gaps between science, policy and people, *Landscape and Urban Planning* 100 pp. 330–332
- Dulias R., 2010. Landscape planning in areas of sand extraction in the Silesian Upland, Poland, *Landscape and Urban Planning* 95 pp. 91–104
- Elliot, R., 1997. *Faking Nature: The Ethics of Environmental Restoration*. Routledge Press, London.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G., 2010. Determining changes and flows in European landscapes 1990–2000 using CORINE land cover data, *Applied Geography*, Volume 30, Issue 1, Pages 19-35, ISSN 0143-6228, 10.1016/j.apgeog.2009.07.003
- Forman, R.T.T., Godron, M., 1993: *Krajinná ekologie*. Academia, Praha
- Francaviglia, R.V., 1997: *Hard Places: Reading the Landscape of America's Historic Mining Districts*. Iowa City: University of Iowa Press
- Gilmour, D.A., San, N.V., Xiong Tsechalicha. 2000. Rehabilitation of degraded forest ecosystems in Cambodia, Lao PDR, Thailand and Vietnam: an overview. IUCN-Asia, Cambridge, UK.
- Giurco, D., Cooper, C. 2012: Mining and sustainability: asking the right questions. *Minerals Engineering* 29 pp. 3–12
- González-Alday, J., Marrs, R. H., Martínez-Ruiz, C., 2008. The influence of aspect on the early growth dynamics of hydroseeded species in coal reclamation areas, *Applied Vegetation Science*, Volume 11: pp. 405-412
- Haase G., 1990. Approaches to, and methods of landscape diagnosis as a basis of landscape planning and landscape management. *Ekológia (Bratislava)* 9: pp. 11–29
- Haase, G., Haase, D., 2002. Approaches and methods of landscape diagnosis. In: Bastian, O., Steinhardt, U., Naveh, Z. (Eds.), *Development and Perspectives of Landscape Ecology*. Kluwer, pp. 113–122
- Haase, D., Walz, U., Neubert, M., Rosenberg, M., 2007. Changes to Central European landscapes—Analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany. *Land Use Policy* 24 pp. 248–263

- Hangen-Brodersen Ch., Stempel P., Grűnewald, U., 2005. Characteristics of catchments disturbed by lignite mining—case study of Schlabendorf, *Ecological Engineering* 24 pp. 37–48
- Hladnik, D., 2005. Spatial structure of disturbed landscapes in Slovenia. *Ecol. Eng.* 24, 17–27.
- Hloušek, J. 2011. Hornická krajina. Dostupné online <http://www.jachymov-joachimsthal.cz/hornickakrajina.html> 7.5.2012
- Hnojil, J., Zaoralová J., 2003. Řešení vybraných problémů spojených s aktualizací ZABAGED, Závěrečná výzkumná zpráva, VÚGTK, Praha, online: http://www.vugtk.cz/odis/sborniky/vyzk_zpravy/VZ_1060-03.pdf
- Holl, K.D., Crone, E.E., Schultz, Ch. B. 2003. Landscape Restoration: Moving from Generalities to Methodologies. *BioScience* 53 pp. 491-502
- Hsu, L.T., Cheng, Ch.Ch., 1999. Integrating landscape Models in Forest landscape Analyses using GIS: An Example in Taiwan, *Asian Conference on Remote Sensing(ACRS) 1999*, HongKong, China, available online: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS1999/Papers/PS199-5.htm>
- Charvátová, E. 2004. Obnova krajinné struktury a říčních ekosystémů v krajinách narušených povrchovou těžbou. Sborník ISBN 80-213-1252-1. ČZU Praha
- Chuman, T., Romportl, D., 2010: Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic, *Landscape and Urban Planning* 98 pp. 200–209
- Jackson, R.B., Randerson, J.T., Canadell, J.G., Anderson, R.G., Avissar, R., Baldocchi, D.D., et al. 2008. Protecting climate with forests. *Environ. Res. Lett.*, 3, 044006.
- Kasztelewicz, Z., 2010. Rekultywacja terenów pogórnických w polskich kopalniach odkrywkowych. Monografia, Krakow. ISBN 978-83-88316-94-4
- Kašparová, I., Berchová, K., Jirka, V. 2012. Use of Thermovision Photography for Land Cover determination in Post-mining Locations. *International Journal of Mining, reclamation and environment*, Tylor and Francis, UK, odesláno k redakci
- Kašparová, I., Pecharová, E., Justová, H., Gillarová-Hrajnohová, H. 2012. Unique Approach to Land Reclamation After Brown Coal Mining, 12th International GeoConference SGEM 2012, proceedings, held 17 - 23 June, 2012 in Albena, Romania, proceedings ISSN: 1314-2704
- Kašparová, I., Zdražil, V. 2006. Tourist attractiveness and the intensity of recreational use of Prague suburban forests. *Ekologia-Bratislava*, 2006, roč. 25, č. 3, s. 53-67, ISSN: 1335-342X
- Kašparová, I. 2011a. Shoda mapování LULC "Louky a pastviny (TTP)" a trvalých travních porostů podle ZABAGED a LPIS stav červen-červenec 2010. Specializovaná mapa s odborným obsahem. ČZU Praha. Online http://fzp.czu.cz/vyzkum/maps/kae/verifikace_mapovani_Sokolovsko.pdf
- Kašparová, I. 2011b. Shoda mapování LULC Sokolovska "lesní půda" a lesních ploch podle ZABAGED stav červen-červenec 2010. Specializovaná mapa s odborným obsahem. ČZU Praha. Online http://fzp.czu.cz/vyzkum/maps/kae/verifikace_mapovani_Sokolovsko.pdf
- Kašparová, I. 2011c. Shoda mapování LULC Sokolovska "vodní plochy" a vodních ploch podle ZABAGED a Dibavod stav červen-červenec 2010. Specializovaná mapa s odborným obsahem. ČZU Praha. Online http://fzp.czu.cz/vyzkum/maps/kae/verifikace_mapovani_Sokolovsko.pdf
- Kender, J. (ed.) 2000. Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. MŽP ve spolupráci s ENIGMA s.r.o., Praha,
- Larondelle, N. et Haase, D., 2012. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach—An example from Germany, *Ecological Indicators* 18 pp. 567–574

- Latifovic, R., Fytas, K., Chen, J., Paraszczak, J., 2005. Assessing land cover change resulting from large surface mining development, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7 pp. 29–48
- Leitgeb, J. 1999a. Rekultivace Medard – Libík- severní část – I. Etapa. Leitgeb s.r.o. Karlovy Vary
- Leitgeb, J. 1999b. Studie rekultivace Velké podkrušnohorské výsypky. Projektová studie Leitgeb s.r.o. Karlovy Vary
- Lipský, Z., 1995. The changing face of the Czech rural landscape. *Landscape Urban Plan., Suppl.*, pp. 39–45.
- Lipský, Z. 1998. Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Karolinum, Praha
- Lipský, Z. 2000. Sledování změn v kulturní krajině, Ústav aplikované ekologie ČZU, Kostelec nad Černými lesy.
- Lipský, Z. 2010. Geodiverzita a biodiverzita těžebních krajin. *Životné prostredie* Vol. 44, No.1, pp.15-19
- Lipský, Z., Romportl, D. 2007. Typologie krajiny v české republice a zahraničí - stav problematiky, metody a teoretická východiska, *Geografie - sborník ČGS, 2007/1* pp. 61-83
- Löw, J., Míchal, I. 2003. Krajinný ráz. Lesnická práce s.r.o. Kostelec nad Černými lesy.
- Löw, J. et al. 2005. Typologie české krajiny. MŽP ČR VaV/640/1/03. Löw & spol., s. r. o., Brno.
- Martin, Y. et Church, M. 2004. Numerical modelling of landscape evolution: Geomorphological perspectives. *Progress in Physical Geography* 28,3 pp. 317–339
- Martiš, M., Zdražil, V., Kašparová, I., Pecharová, E., 2008. Strategy for reconstructing the ecological and aesthetic functions of the Kladno region landscape disturbed by hard coal mining. *Journal of Landscape Studies*, 2008, roč. 1, č. 0, s. 103-111. ISSN: 1802-4416.
- Martiš, M., Pecharová, E., Pechar, L., Kašparová, I., 2009. Strategic Environmental Assessment of Mining Activity Impact on Nature and Landscape: Evaluation of Success.. : Příspěvek ve sborníku , . Sinhal, R.K., Mehrotra, A., Fytas, K. and Ge, H. (eds.): Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2009) and the Eleventh International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2009), held jointly in Banff, Alberta, Canada, November 16 – 19, 2009, The Reading Matrix Inc., Irvine, USA Datum zahájení: 16.11.2009; Místo konání: Banff, Alberta, Canada s. 517- 528.
- Matisková M., 2011. Koeficient ekologické stability - srovnání výpočtů dle skutečnosti a centrálně evidovaných dat (ČSÚ) ve vybraných obcích Podkrušnohoří, bakalářská práce, Fakulta životního prostředí ČZU v Praze, 85 s.
- McIntosh, B.S., Giupponi, C., et others (University of Cranfield), van Delden, H. 3009: Bridging the gap: developing tools for environmental policy and management in: Jakeman, T., Rizzoli, A., Voinov, A. & Chen (eds.) *State of the Art and Futures in Environmental Modelling and Software*, Elsevier,
- McIntosh, B.S., Ascough II, G.C., Twery, M., Chew, J., Elmahdi, A., Haase, D., Harou, J., Hepting, D., Cuddy, S., Jakeman, A.J., Chen, S., Kassahun, A., Lautenbach, S., Matthews, K., Merritt, W., Quinn, N.W.T., Rodriguez-Roda, I., Sieber, S., Stavenga, M., Sulis, A., Ticehurst, J., Volk, M., Wrobel, M., Delden, H., El-Sawah, S., 2011. Environmental decision support systems (EDSS) development – challenges and best practices. *Environmental Modelling and Software* 26, 1389–1402

- McPherson, R.A. (2007). A review of vegetation–atmosphere interactions and their influences on mesoscale phenomena. *Progress in Physical Geography*, 31, 261-285.
- Menagaki, M.E., Kaliampakos, D.C. 2012. Evaluating mining landscape: A step forward. *Ecological Engineering* 43, pp. 26-33
- Metzger, M.J., Bunce, R.G.H., Jongman, R.H.G., Múcher, C.A., Watkins, J.W., 2005. A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography* 14, 549–563
- Míchal, I., 1994. *Ekologická stabilita*. Veronica, Brno.
- Moreira, F., Queiroz, A.I., Aronson, J. 2006. Restoration principles applied to cultural landscapes, *Journal for Nature Conservation* 14 pp. 217–224
- Moreno-de las Heras, M., Merino-Martín, L., Nicolau, J.M., 2009. Effect of vegetation cover on the hydrology of reclaimed mining soils under Mediterranean-Continental climate. *Catena*. Volume 77, Issue 1, 15 April 2009, pp. 39-47
- Mougiakakou, S.G., Tsouchlaraki, A.L., Cassios, C., Nikita, K.S., Matsopoulos, G.K., Uzunoglu, N.K., 2005. Scapeviewer: preliminary results of a landscape classification system based on neural network technology. *Ecol. Eng.* 24, pp. 5–15.
- Munsi, M., Malaviya S., Oinam, G., Joshi, P. K. 2010. A landscape approach for quantifying land-use and land-cover change (1976–2006) in middle Himalaya, *Reg. Environ. Change* 10: pp. 145–155
- Múcher, C.A., Klijn, J.A., Wascher, D.M., Schaminée, J.H.J. 2010. A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes, *Ecological Indicators*, Volume 10, Issue 1, pp. 87-103
- Nováková, B. (Ed.) 1991. *Obce a sídla: zeměpisný lexikon ČR: stav k polovině 80. Let*, Akademia. Praha
- Oster, M., Cousins, S. A.O., Eriksson, O., 2007. Size and heterogeneity rather than landscape context determine plant species richness in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, Volume 18, Issue 6, pp. 859-868
- Passalacqua, P., 2009. *On the Geometric and Statistical Signature of Landscape Forming Processes*. PhD. thesis, UMI 3389354, published by ProQuest LLC
- Pastorok, R.A., MacDonnald, A., Sampson J.R., Wilber P., Yozzo D.J., Titre J.P. 1997. An ecological decision framework for environmental restoration projects. *Ecological Engineering* 9 pp. 89–107
- Pecharová, E., Svoboda, I., Vrbová, M. 2011. *Obnova jezerní krajiny pod Krušnými horami*, Lesnická práce, s.r.o. 2011, ISBN 978-80-87154-35-9
- Pecharová, E., Martiš, M., Kašparová, I., Zdražil, V. 2011. Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes. *Journal of Landscape Studies*, 2011, roč. 4, č. 2, pp. 71-80. ISSN: 1802-4416.
- Pielke, R.A. & Avissar, R. 1990. Influence of landscape structure on local and regional climate. *Landscape Ecol*, 4, pp. 133-155.
- Plšek, V., 2007: Letecké snímkování jako zdroj dat pro trojrozměrné geoprostorové databáze, *GEODIS NEWS*, ročník 6, č. 1, GEODIS, Brno
- Pokorný, J. 2010. Dissipation of solar energy in landscape—controlled by management of water and vegetation. *Renewable Energy*, 24, pp. 641-645.
- Procházka J., Brom J., Pechar L., 2009. The comparison of water and matter flows of three small catchments in the Šumava Mountains. *Soil and Water Research* 4 (Special Issue 2): pp. 75-S82

- Procházka J., Brom J., Nedbal V., Pecharová E., 2010: Vegetation cover and their functioning in dependence on the reclamation of the Velká podkrušnohorská dump during last 20 years using satellite data analysis, SWEMP2010, conference proceedings, ISBN 978-80-213-2076-5, CULS Prague, 2010
- Pusch, M., Hoffmann, A. 2000. Conservation concept for a river ecosystem (River Spree, Germany) impacted by flow abstraction in a large post-mining area, *Landscape and Urban Planning* 51 pp. 165-176
- Reger, B., Otte, A., Waldhardt, R. 2007. Identifying patterns of land-cover change and their physical attributes in a marginal European landscape. *Landscape and Urban Planning* 81 pp. 104–113
- Ripl, W., 2010. Losing fertile matter to the sea: How landscape entropy affects climate. *International Journal of Water*, 5
- Ripl, W. & Eiseltová, M. 2010. Sustainable land management by restoration of short water cycles and prevention of irreversible matter losses from topsoils. *Plant Soil and Environment*, 55, pp. 404-410
- Rothbauer M. I., Svoboda I., Jílek J., Šobr M., Hrdlička P., Wichsová M., Beránek K., Boháčová M., Cihlář M., Kačírek F., Lejsková K., 2004: Územní prognóza území dotčeného těžbou hnědého uhlí na Sokolovsku. Praha, online: http://www.medard-lake.eu/file_download/78, cit 10.10.2011.
- Ružička M. 2000. The principles and criteria of landscape-ecological method LANDEP. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 19, Supplement 2/2000, p. 18-22
- Řehounek J., Řehouneková K., Prach K. (Eds.) 2010. *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. Calla, České Budějovice.
- Sádlo, J., 1994. Krajina jako interpretovaný text. In: Beneš, J., Brůna, V. (Eds.), *Archeologie a krajinná ekologie*. Most: Nadace Projekt Sever, pp. 47–54
- Schoorl, J.M., Veldkamp, A., 2001. Linking land use and landscape process modelling: a case study for the Álora region (south Spain), *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85 pp. 281–292
- Seabrook L., Mcalpine, C. A., Bowen, M. E., 2011. Restore, repair or reinvent: Options for sustainable landscapes in a changing climate, *Landscape and Urban Planning* 100 (2011) 407–410
- Seják, J., Cudlín, P., Pokorný, J., Zapletal, M., Petříček, V., Guth, J., Chuman, T., Romportl, D., Skořepová, I., Vacek, V., Vyskot, I., Černý, K., Hesslerová, P., Burešová, R., Prokopová, M., Plch, R., Engstová, B., Stará, L. 2010. Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky FŽP UJEP, Ústí n.L.
- SER, 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*, Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (Version 2: October, 2004), dostupné online <http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>
- Skaloš, J., Engstová, B. 2010. Methodology for mapping non-forest wood elements using historic cadastral maps and aerial photographs as a basis for management, *J. Environ. Management.*, 91, pp. 831–843
- Skaloš, J., Kašparová, I., 2012. Landscape memory and landscape change in relation to mining. *Ecological Engineering*, 2012, Volume 43, pp. 60–69.
- Skaloš, J., Kašparová, I., Pecharová, E. et al., 2012. Funkční změny krajiny Sokolovska v období 1842 a 2010. *Lesnická práce s.r.o., Kostelec n.Č.l.*, in press ISBN 978-80-7459-010-9
- Sklenička, P., 2003. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková, ISBN 80-903206-1-9.

- Sklenička, P., Charvátová, E. 2003. Stand continuity — a useful parameter for ecological networks in post-mining landscapes, *Ecological Engineering*, Volume 20, Issue 4, September 2003, pp 287-296
- Sklenička, P., Kašparová, I. 2008. Restoration of visual values in a post-mining landscape. *Journal of Landscape Studies - online version*, 2008, roč. 1, č. 1, s. 1-10. ISSN: 1802-4416.
- Stalmachová, B., 2006. Restoration of the Landscape of Ostravsko and Karvinsko Post-Mining Landscape. *Život. Prostr.*, Vol. 40, No. 4, p. 195 – 199
- Steinitz, C. 2012. *A Framework for Geodesign*. Esri Press, in press
- Stephenson, J. 2008. The Cultural Values Model: An integrated approach to values in landscapes, *Landscape and Urban Planning*, Volume 84, Issue 2, 6 February 2008, Pages 127–139
- Sterk, B., P. Carberry, C. Leeuwis, M.K. van Ittersum, M. Howden, H. Meinke, H. van Keulen, W.A.H. Rossing, 2009. The interface between land use systems research and policy: Multiple arrangements and leverages, *Land Use Policy*, Volume 26, Issue 2, pp. 434-442
- Šnábllová, B., Otradovcová, Š., 2009: pLPIS – Veřejná část aplikace LPIS, Sitewell s.r.o. Praha, 2009, online: http://eagri.cz/public/web/file/2091/_20100528_Prirucka_PLPIS.pdf
- Verje, H., Jensen, F.S., Thorsen, B.J. 2010: Demonstrating the importance of intangible ekosystém services from peri-urban landscapes. *Ecological Complexity*. Volume 7, Issue 3, Pages 338–348
- Verburg, P.H., Schulp, C.J.E., Witte, N., Veldkamp, A. 2006. Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114 pp. 39–56
- Vráblíková, J., Vráblík P., 2002. In Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2. -4. září 2002, ISBN 80-85813-99-8, s. 647-653
- Vráblíková, J., Vráblík P., 2009. Příspěvek k problematice rekultivace, revitalizace a resocializace v oblasti Podkrušnohoří, *Studia OEOLOGICA I/2009*, ISSN 1802-212x, pp. 28-38
- Vráblíková, J., 2010. Rekultivace území po těžbě uhlí na příkladu severních Čech. *Životné Prostredie*, Vol. 44, No. 1, p. 24 – 29.
- T. Tachikawa, M. Hato, M. Kaku and A. Iwasaki, 2011, The characteristics of ASTER GDEM version 2, *IGARSS*
- Toy, T.J., Chuse, W.R., 2005. Topographic reconstruction: a geomorphic approach. *Ecol. Eng.* 24, 29–35.
- Trpáková, I., Trpák, P., Sklenička, P., Skaloš, J., Engstová, B., 2009: Rekonstrukce historického využití krajiny Sokolovska – Krajina v zrcadle map stabilního katastru. *Lesnická práce*, s.r.o.
- Trpáková, I., Trpák, P., Sklenička, P., Skaloš, J., Engstová, B. 2010. Reconstruction of historical land use of the Sokolov region as the basis for the recovery of land affected by surface mining. In 12th International Symposium on environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2010) 24.5.2010, Praha. *CULS Prague: Lesnická práce, s.r.o.*, 2010. s. 545-552
- UNESCO, 1996. Report of the Expert Meeting on European Cultural Landscapes of Outstanding Universal Value. World Heritage Committee Vienna, June 24–29, 1996. <http://whc.unesco.org/archive/europe7.htm> (accessed March 10, 2003).
- van Andel, J., Aronson, J. (Eds.), 2006. *Restoration Ecology*. Blackwell Publishing
- R. van Diggelen, A.P. Grootjans, J.A. Harris, 2001. Ecological restoration: state of the art or state of the science? *Restor. Ecol.*, 9 (2001), pp. 115–118

Vizzari, M., 2011. Spatial modelling of potential landscape quality, *Applied Geography* 31, pp. 108 - 118

Walker, L.R., Willig, M.R., 1999. An introduction to terrestrial disturbances. In: Walker, L.R. (Ed.), *Ecosystems of Disturbed Ground*, vol. 16. *Ecosystems of the World*, Amsterdam, pp. 1–16.

Wozniak M., Leuven, R.S.E.W., Lenders, H.J. R., Chmielewski, T.J., Geerling, G. W., Smits, A.J.M., 2009. Assessing landscape change and biodiversity values of the Middle Vistula river valley, Poland, using BIO-SAFE. *Landscape and Urban Planning* 92, pp. 210–219

Zákony:

Horní zákon: zákon ze dne 19. dubna 1988 o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) 44/1988 Sb. v platném znění

Stavební zákon: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) 138/2006 Sb. v platném znění

Zákon o zemědělství: Zákon 252/1997 Sb. o zemědělství v platném znění

Zákon ČNR č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu

Zákon č. 61/1977 Sb., o lesích

Weby:

ASTER GDEM 2009-2011: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html>

CENIA 2010-2012: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/wms/>

ČÚZK 2011: <http://geoportal.cuzk.cz>

GEODIS, 2011: www.geodis.cz/sluzby/digitalni-modely-terenu, cit. 27.2.2012

LPIS, 2009-2012: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>

VÚV TGM, 2011: DIBAVOD, online <http://www.dibavod.cz>

VÚGTK 2011: III. vojenské mapování – Speciální mapy <http://mapy.vugtk.cz/specialky/>

Projekty:

WD-44-07-1 - Modelové řešení revitalizace průmyslových regionů a území po těžbě uhlí na příkladu Podkrušnohoří (2007-2011, MMR/WD)

2B08006 - Nové přístupy umožňující výzkum efektivních postupů pro rekultivaci a asanaci devastovaných oblastí. (2008-2011, MSM/2B)

QH82106 - Rekultivace jako nástroj obnovy funkce vodního režimu krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí (2008-2012, MZE/QH)

Přílohy:

Příloha 1. Historický land use zájmového území dle kategorií Stablního katastru (1842 – 43).

Kategorie	Popis
Pole čistá	Polní půda čistá, polní půda s vedlejším užitkem jako jsou pole s ovocnými stromy, střídavé louky a pole, střídání s pastvinou (úhory)
Pole s ovocnými stromy	
Pole střídající se s pastvinou	
Louky bez dřevin	Půda porostlá travou, která se kosí a suší na seno (louky suché, mokré, louky s vedlejším užitkem – s ovocnými stromy, lesními stromy a křovinami)
Louky s ovocnými stromy	
Louky s ostatními dřevinami	
Pastviny bez dřevin	Spoře travou porostlé, patří sem též pažity podél cest, na návsích, meze a pastviny s vedlejším užitkem, s ovocnými a lesními stromy a křovinami
Pastviny s ovocnými stromy	
Pastviny s ostatními dřevin.	
Lesy nízké	Vysoké (jehličnaté, listnaté, smíšené), lesy nízké (většinou listnaté), houštiny a porostliny.
Lesy vysoké jehličnaté	
Lesy vysoké listnaté	
Lesy vysoké smíšené	
Houštiny	
Ovocné zahrady	
Okrasné zahrady	
Zeleninové zahrady	
Chmelnice	Chmelnice
Nepłodná půda	Kazi, skalní výchozy, písčné lavice, prostory u výrobních podniků
Rašeliniště	Bažiny a rašeliniště bez užitku z rákosí.
Bažiny bez rákosu	
Rybníky bez rákosu	Řeky, potoky, rybníky bez užitku z rákosu
Toky – řeky, potoky	
Cesty	Silnice, polní, lesní cesty.
Kamenolomy	Drobná těžba stavebního materiálu.
Pískovny	
Hliníky	
Štěrkovny	
Stavební plochy	Domy a budovy - kamenné stavby, dřevěné, hospodářské s plochami přiléhajících dvorů

Příloha 2: Kategorie historického land use sjednocené na základě provedené vektorizace

Kód	Kategorie	Popis
I	Intravilán	Stavební parcely
SI	Hlavní komunikace	Silnice
C	Polní cesty	Polní a lesní cesty
N	Neplodná půda	Neplodná půda, pískovny, hlíníky, šterkovny
S	Sady	Ovocné zahrady
L	Travní porosty	Louky a pastviny bez dřevin
P	Orná půda	Všechny historické typy polí
CH	Chmelnice	Chmelnice
LS, R	Lesy, rozptýlená zeleň	Louky a pastviny s dřevinami, vysoké i nízké lesy a houštiny.
RY	Vodní plochy	Rybníky bez rákosu
T	Toky	Řeky, potoky
M	Mokřady	Bažiny bez rákosu, rašeliniště

Příloha 3a: Klasifikace druhů pozemků v katastru nemovitostí

Kód	Název	Charakteristika druhu pozemku pro účely katastru
2	orná půda	Pozemek:a)na němž se pravidelně pěstují obilniny, okopaniny, pícniny, technické plodiny a jiné zem. plodiny, b) který je dočasně zatravněn (víceleté pícniny na orné půdě).
3	chmelnice	Pozemek, na němž se pěstuje chmel.
4	vinice	Pozemek, na němž se pěstuje vinná réva.
5	zahrada	Pozemek: a) na němž se trvale a převážně pěstuje zelenina, květiny a jiné zahradní plodiny, zpravidla pro vlastní potřebu, b) souvisle osázený ovocnými stromy nebo ovocnými keři, který zpravidla tvoří souvislý celek s obytnými a hospodářskými budovami.
6	ovocný sad	Pozemky souvisle osázený ovocnými stromy nebo ovocnými keři nebo pozemků tvořící s okolními pozemky takto osázený souvislý celek [§ 3 písm. e) zákona č. 252/1997Sb.].
7	trvalý travní porost	Pozemek porostlý travinami, u něhož hlavní výtěžek je seno (tráva), nebo je určený k trvalému spásání, i když je za účelem zúrodnění rozoráván.
10	lesní pozemek	Pozemek s lesním porostem a pozemek, u něhož byly lesní porosty odstraněny za účelem jejich obnovy, lesní průsek a nezpevněná lesní cesta, není-li širší než 4 m, a pozemek, na němž byly lesní porosty dočasně odstraněny na základě rozhodnutí orgánu st. správy lesů [§ 3 odst. 1 písm. a) zák. č. 289/1995 Sb.].
11	vodní plocha	Poz.,na němž je koryto vodního toku,vodní nádrž,močál,mokřad nebo bažina.
13	zastavěná plocha a nádvoří	Pozemek, na němž je a) budova nebo rozestavěná budova (dle §2 odst.1 písm. b),d),e) kat. zák.) včetně nádvoří, vyjma skleníku, který je v kat. evidovaný jako bud', postaveného na zem. nebo lesním pozemek, budovy postavené na lesním pozemek a budovy evidované na pozemku vodní plocha,b) společný dvůr (dle §4 odst.4 písm. c), c)zbořeniště, d) vodní dílo.
14	ostatní plocha	Pozemek neuvedený v předcházejících druzích pozemků.

Příloha 3b: Klasifikace využití pozemků druhu „ostatní plocha“

Kód	Název	Způsob využití pozemku druh „ostatní plocha“
3	plantáž dřevin	Na pozemku je semenná plantáž, plantáž energetických dřevin, vánočních stromků, lignikultury apod.
14	dráha	Pozemek, na kterém je dráha železniční, tramvajová, trolejbusová nebo lanová (§ 1 zákona č. 266/1994 Sb.) s vlastní dopravní cestou.
15	dálnice	Pozemek, na kterém je dálnice a její součásti (§ 4 zákona č. 13/1997 Sb.).
16	silnice	Pozemek, na kterém je silnice I. až III. třídy a její součásti (§ 5 zákona č. 13/1997 Sb.).
17	ostatní komunikace	Pozemek, na kterém je místní nebo účelová komunikace (včetně zpev. lesní komunikace) a její součásti (§ 6 a 7 zákona č. 13/1997 Sb.).
18	ost. dopr. pl.	Letiště, přístav, veřejné parkoviště (pokud není součástí poz. kom.).
19	zeleň	Okrasná zahrada, uliční a sídlištní zeleň, park a jiná plocha funkční a rekreační zeleně.
20	sportoviště a rekreační pl.	Hřiště, stadion, koupaliště, sportovní dráha a jízdárna, stělnice, autokemp, tábořiště apod.
21	hřbitov, urnový. háj	Hřbitov, urnový háj.
22	kultur. a osvět. pl.	Botanická a zoologická zahrada, skanzen, amfiteátr, památník apod.
23	manipulační plocha	Manipulační a skladová plocha [§ 4 odst. 4 písm. d)].
24	dobývací prostor	Prostor jednoho nebo více výhradních ložisek nebo prostor jen části výhradního ložiska.
25	skládka	Skládka odpadu.
26	jiná plocha	Pozemek nevyužívaný žádným z ostatních vyjmenovaných způsobů včetně pozemku, na kterém je postavena stavba, která se v KN neeviduje.

Příloha 4: CORINE hierarchie CLC kategorií.

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3
1. Umělé plochy	1.1. Městské zástavby 1.2. Průmyslové, obchodní a přepravní jednotky 1.3. Doly, skládky a staveniště 1.4. Umělé, nezemědělské porostlé plochy	1.1.1. Souvislá městská zástavba 1.1.2. Nespojité městské zástavby 1.2.1. Průmyslové, obchodní jednotky 1.2.2. Silniční a železniční sítě a pozemky 1.2.3. Přístavy 1.2.4. Letiště 1.3.1. Místa těžby nerostných surovin 1.3.2. Skládky 1.3.3. Staveniště 1.4.1. Městské zelené plochy 1.4.2. Sportovní zařízení, z. Pro volný čas
2. Zemědělské plochy	2.1. Orná půda 2.2. Trvalé kultury 2.3. Pastviny 2.4. Heterogenní zemědělské plochy	2.1.1. Nezavlažovaná orná půda 2.1.2. Trvale zavlažované půdy 2.1.3. Rýžová pole 2.2.1. Vinice 2.2.2. Ovocné stromy a bobuloviny 2.2.3. Olivové háje 2.3.1. Pastviny 2.4.1. Jednoleté plodiny spojené s trvalými kulturami, 2.4.2. Komplexní způsoby obhospodařování 2.4.3. Pozemky obsazené především zemědělstvím s významnou plochou přirozené vegetace 2.4.4. Zemědělsko-lesnické plochy
3. Les a polopřirozené plochy	3.1. Lesy 3.2. Křovinná a/nebo bylinná společenstva 3.3. Otevřené prostory s malou nebo žádnou vegetací	3.1.1. Listnatý les 3.1.2. Jehličnatý les 3.1.3. Smíšený les 3.2.1. Přírodní louky a pastviny 3.2.2. Stepi a vřesoviště 3.2.3. Tuholisté vegetace 3.2.4. Přechodné porost lesa a křovin 3.3.1. Pláže, duny, písek 3.3.2. Holé skály 3.3.3. Oblasti s řídkou vegetací 3.3.4. Spáleniska 3.3.5. Ledovce a věčný sníh
4. Mokřady	4.1. Vnitrozemské mokřady 4.2. Mořské mokřady	4.2. Mořské mokřady 4.1.1. Vnitrozemské bažiny 4.1.2. Rašeliniště 4.2.1. Slaniska 4.2.2. Saliny 4.2.3. Přílivové plošiny
5. Vodní plochy	5.1. Vnitrozemské vody 5.2. Mořské vody	5.1.1. Vodní toky 5.1.2. Vodní útvary 5.2.1. Pobřežní laguny 5.2.2. Ústí řek 5.2.3. Moře a oceán

Příloha 5: Základní jednotky a podjednotky mapovaného land use v roce 2010

základní jednotka	Podjednotka	Kód LU
Orná půda	holá půda	1.1
	Strniště	1.2
	Pšenice	1.3
	Ječmen	1.4
	Oves	1.5
	žito + triticales	1.6
	Kukuřice	1.7
	Řepka	1.8
	Hrách	1.9
	Bob	1.10
	Brambory	1.11
	Mák	1.12
	směska pšenice, ječmen, oves	1.3/1.4/1.5
	směska oves a hrách	1.5/1.9
	směska oves, hrách a jetele	1.5/1.9/2.1
směska oves a bob	1.5/1.10	
louky a pastviny	Jetele	2.1
	suché louky	2.2
	mezofilní louky	2.3
	vlhké a podmáčené louky	2.4
	mezofilní louka s nálety dřevin	2.3/4.1
	mezofilní louka s četnými ostrůvky lada	2.3/4.2
mokřady	rákosiny, ostržice, nivy	3.1
	vrby, olšiny, nivy	3.2
	břehy rybníků porostlé <i>Calamagrostis</i> , jetely, šťovíky a rákosem	3.3
sukcesní plochy	polozapojená sukcesní stádia	4.0
	nálety dřevin	4.1
	lada (půdy uložené do klidu)	4.2
	ruderály (hnojiště, smetiště)	4.3
	sukcesní plochy s převahou <i>Calamagrostis</i>	4.4
	zapojená sukcesní stádia lučního typu	4.5
	holá výsypka	4.6
	subxerofytní porosty	4.7
	<i>Calamagrostis</i> s rozptýlenou zelení	4.8
	nálety dřevin do 1 m	4.1.1
	nálety dřevin do 2 m	4.1.2
	nálety dřevin do 3 m	4.1.3
	nálety dřevin do 4 m	4.1.4
	nálety dřevin do 5 m	4.1.5
	nálety dřevin do 6 m	4.1.6
	nálety dřevin do 7 m	4.1.7
	nálety dřevin do 8 m	4.1.8
	nálety dřevin nad 10 m	4.1.10
	polozapojená sukcesní stádia s náletem dřevin	4.0/4.1
	ruderál s náletem dřevin	4.1/4.3
	přechod mezofilní louky na ruderál	4.3/2.3
	ruderál s náletem dřevin	4.3/4.1
	listnatá rekultivace zarostlá <i>Calamagrostis</i>	4.4/10.0.2.1
	subxerofytní porosty s náletem dřevin	4.8/4.7
	ovocné sady	sady, zahrady
Aleje		5.2
Lesní plochy	listnaté lesy	6.1

základní jednotka	Podjednotka	Kód LU
	jehličnaté lesy	6.2
	smíšené lesy	6.3
	paseky, mýtiny	6.4
vodní plochy		7
obnažená dna a břehy		8
zastavěné plochy	souvislá zástavba městského typu	9.1
	roztrošená zástavba vesnického typu	9.2
	lom pískovna, holé lomové povrchy	9.3
	Komunikace	9.4
rekultivační plochy	lesnická rekultivace vyšší než 2 m – jehličnatá	10.0.1.j
	lesnická rekultivace vyšší než 2 m -listnatá	10.0.1.l
	lesnická rekultivace vyšší než 2 m – smíšená	10.0.1.s
	lesnická rekultivace 1-2 m – jehličnatá	10.0.2.j
	lesnická rekultivace 1-2 m -listnatá	10.0.2.l
	lesnická rekultivace 1-2 m – smíšená	10.0.2.s
	lesnická rekultivace 0,5-1 m – jehličnatá	10.0.3.j
	lesnická rekultivace 0,5-1 m -listnatá	10.0.3.l
	lesnická rekultivace 0,5-1 m – smíšená	10.0.3.s
	lesnická rekultivace do 0,5 m – jehličnatá	10.0.4.j
	lesnická rekultivace do 0,5 m -listnatá	10.0.4.l
	lesnická rekultivace do 0,5 m – smíšená	10.0.4.s
	skrývka ornice	10.0.5
	lesnická rekultivace suchá	10.0.6
Další typy ploch	Areál elektrárny	13

Příloha 6. Klasifikace a popis kultur na půdních blocích v LPIS

ZRATKA	NÁZEV	POPIS	Poznámka
R	Orná půda	pěstování plodin na orné půdě	Zemědělsky obhospodařovaná půda, na které se pěstují v pravidelném sledu zemědělské plodiny a která není travním porostem
C	Chmelnice	pěstování chmele	
CO		Chmelnice osázená	
CN		Chmelnice neosázená	
V	Vinice	pěstování vinné révy	
VV		Vinice vyklučená	
VN		Vinice neudržovaná	
S	Ovocný sad	pěstování ovocných stromů a keřů	
SO		Režim obhospodařování intenzivním hospodářstvím	
SI		Bez zápisu	
T	Travní porost	Travní porosty (louky a pastviny)	Travní porost je stálá pastvina, popřípadě souvislý porost s převahou travin nebo jiných bylinných píceňin, určený ke krmeným účelům nebo k technickému využití, který může být nejvýše jednou za 5 let rozorán za účelem zúrodnění. Porost na přírodních loukách nebo pastvinách nebo obvykle přítomných ve směsích osiv pro louky či pastviny v České republice, který vznikl přirozeně nebo osemem bez ohledu na to, zda je travní porost na ploše stálé pastviny využíván k pastvě zvířat. Jako travní porost nelze uznat pozemky ležící ladem,

ZRATKA	NÁZEV	POPIS	Poznámka
			plochy s rákosím, sítinou, jestliže takové plochy nejsou vymezeny v LPIS jako rašelinné a podmáčené louky, plochy dřevin a ovocných dřevin o hustotě větší než 50 dřevin/ha a zároveň jednotlivě zabírající plochu větší než 1000 m ² , plochy, které se využívají pro jiný hospodářský účel – např. pro volný výběh prasat, výběhy pro chovné stáje, stanové tábory, sportovní letiště, travnaté sportovní plochy, veřejná prostranství, zatravněné součásti veřejných komunikací (náspy, příkopy) apod. V případě výskytu extenzivních ovocných sadů s velmi nízkým počtem ovocných dřevin, se za jednoznačnou hranici pro rozhodnutí bere počet stromů na hektar ve výši 50 ks. Pozemky s nižším výskytem ovocných stromů musí být evidovány jako travní porost, popřípadě jiná kultura, není-li pod stromy souvislý travní porost
TSP		Stálá pastvina	
TO		Ostatní	Porosty, které vznikly v rámci zvláštních dotačních titulů jako zatravnění orné půdy a tvorba travnatých pásů na svažitých půdách a nespĺňují podmínku existence travního porostu na pozemku po dobu alespoň 5-ti kalendářních let
O	Jiná kultura	Ostatní jiná kultura (stráž, svah, atd.)	Ovocné aleje - samostatné jednotlivé řady ovocných stromů se nezahrnují do ovocných sadů. Ovocné aleje se zařazují do kultury jiná oprávněná pro dotace. Nepatří sem ovocné aleje vysazované na pozemku, který je součástí silničního tělesa, tzn. ovocné aleje, vysázené v koruně příkopu přiléhajícího k silnici.
OSK		Školka	
L	Zalesnění	označení zalesněné zemědělské půdy	
D	Porost RRD	porosty rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě	
B	Rybník	Rybník	

Příloha 7. Seznam autorských výstupů

Článek v časopise s IF

Berchová, K., Mandák, B., **Kašparová, I.**: 2004. How does Reynoutria invasion fit the various theories of invasibility?. *Journal of Vegetation Science*; Volume 15, Issue 4, pp. 495–504, ISSN: 1100-9233 (cit. 29)

Martiš, M., Pecharová, E., **Kašparová, I.**: 2006. Landscape ecological consequences of suburban-sprawl development demonstrated on the sewage conduit construction. *Ekologia-Bratislava*, roč. 25, č. 0, pp. 171-179. ISSN: 1335-342X. (cit.1)

Martiš, M., Zdražil, V., **Kašparová, I.**: 2006. The possibilities and limits for development of specially protected nature sites case study: the golf course in the Klánovice forest. *Ekologia-Bratislava*, roč. 25, č. 0, pp. 68-90. ISSN: 1335-342X. (cit.1)

Kašparová, I., Zdražil, V.: 2006. Tourist attractiveness and the intensity of recreational use of Prague suburban forests. *Ekologia-Bratislava*, 2006, roč. 25, č. 3, pp. 53-67, ISSN: 1335-342X. (cit.1)

Skaloš, J., **Kašparová, I.**: 2012. Landscape memory and landscape change in relation to mining . *Ecological Engineering*, Volume 43, pp. 60–69. ISSN: 0925-8574. (cit.1)

Článek recenzovaný (RIV, SCOPUS, WoS)

Sklenička, P., **Kašparová, I.**: 2008. Restoration of visual values in a post-mining landscape. *Journal of Landscape Studies* , roč. 1, č. 1, pp. 1-10. ISSN: 1802-4416.

Pecharová, E., Zdražil, V., **Kašparová, I.**, Martiš, M.:2008. Strategy for reconstructing the ecological and aesthetic functions of the Kladno region landscape disturbed by hard coal mining. *Journal of Landscape Studies* , roč. 1, č. 0, pp. 103-111. ISSN: 1802-4416.

Pecharová, E., Martiš, M., **Kašparová, I.** Zdražil, V.: 2011. Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes. *Journal of Landscape Studies* , 2011, roč. 4, č. 2, pp. 71-80. ISSN: 1802-4416.

Martiš, M., Pecharová, E., Pechar, L., **Kašparová, I.**, 2009. Strategic Environmental Assessment of Mining Activity Impact on Nature and Landscape: Evaluation of Success.. : Příspěvek ve sborníku , . Sinhal, R.K., Mehrotra, A., Fytas, K. and Ge, H. (eds.): Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2009) and the Eleventh International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2009), held jointly in Banff, Alberta, Canada, November 16 – 19, 2009, The Reading Matrix Inc., Irvine, USA Datum zahájení: 16.11.2009; Místo konání: Banff, Alberta, Canada s. 517- 528.

Podrázský, V., Matějka, K., Zdražil, V., **Kašparová, I.**:2005. Delimitation of area of the peri-urban forests of the Prague capital, Příspěvek ve sborníku Management of urban forests around large cities, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-1381-1

Šišák, L., Pulkrab, K., Bludňovský, Z., Stehlík, F., Sloup, R., **Kašparová, I.**, Ventrubová, K.: 2004. Analýza efektivity polyfunkčního lesního hospodářství na území lesního závodu Židlochovice, Výzkumná zpráva, Fakulta lesnická a environmentální ČZU v Praze, pp. 24.

Martiš, M., Janeček, M., Sedmidubský, V., Zeman, J., Zdražil, V., Houdek, K., Fialová, D., Wagner, J., **Kašparová, I.**: Zranitelnost a únosnost krajiny a prognóza jejího vývoje, Výzkumná zpráva, Ministerstvo životního prostředí ČR, Kostelec n.Č.l., s. 46

Svoboda, I., Pecharová, E., Příklad, I., **Kašparová, I.**: 2008. The Development of Future Lakes in Opencast Mine Residual Pits in the Krušné Mountain Region of the Czech Republic. Příspěvek ve sborníku; Mine Water and the Environment: Technical University of Ostrava; Místo konání: Karlovy Vary; pp. 619- 622.

Specializované mapy s odborným obsahem (RIV)

Kašparová, I., Zdražil, V., Tobolová, B., Keken, Z. 2011. Kategorizace míry změn krajinného pokryvu s ohledem na cílové parametry ochrany území LAPV, typ výstupu: PDF, forma elektronická s odpovídající legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Zdražil, V., Tobolová, B., Keken, Z., **Kašparová, I.** 2011. Vyhodnocení reálnosti ochrany lokalit pro akumulaci povrchových vod (LAPV) s ohledem na výskyt (SEZ), 2010, typ výstupu: PDF, forma elektronická s odpovídající legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Zdražil, V., Tobolová, B., Keken, Z., **Kašparová, I.** 2011. Vyhodnocení rozdílů vizuálních výstupů z mapování krajiny metodou terénního průzkumu a zpracováním dat DPZ, 2010, výstupy ve formátu pdf, forma elektronická s odpovídající legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Houdek, K., **Kašparová, I.**, Zdražil, V. 2011. Dílčí studie únosnosti, zranitelnosti a optimálního využití zemědělských půd na základě bonitně produkčních a ekologických jednotek - BPEJ venkovského mikroregionu - svazku měst a obcí Jestřebí hory, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>. ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use v k.ú. Háj, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Brom, J., Justová, H., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Sixta, J., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use v k.ú. Hluboká , typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use v k.ú. Chodov, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use v k.ú. Lomnice typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use v k.ú. Nové Domy, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Pechar, L., Tesařová, B., Síčová, P., Trpák, P., Křováková, K., 2011. Historický land use v k.ú. Týn, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> ČZU v Praze

Skaloš, J., Trpáková, I., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Brom, J., Justová, H., Křováková, K., Nedbal, V., Pechar, L., Síčová, P., Sixta, J., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Historický land use zájmového území Sokolovsko - rok 1842 , typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>., ČZU v Praze

Skaloš, J., Pecharová, E., **Kašparová, I.**, Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny Sokolovska - rok 1842, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P., Sixta, J. 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny v k.ú. Háj, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny v k.ú. Hluboká, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, H., Trpák, P. : 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny v k.ú. Chodov, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny v k.ú. Lomnice, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - historická funkčnost

krajiny v k.ú. Nové domy, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - historická funkčnost krajiny v k.ú. Týn, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpáková, I., Trpák, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Háj, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., Pecharová, E., **Kašparová, I.**, Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P., Trpáková, I. : 2011,. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Hluboká, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Chodov, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Trpáková, I., Síčová, P., Tesařová, H., Trpák, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Lomnice, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Nové domy, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny v k.ú. Týn typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

SKALOŠ, J., **KAŠPAROVÁ, I.**, PECHAROVÁ, E., JUSTOVÁ, H., SIXTA, J., BROM, J., NEDBAL, V., KŘOVÁKOVÁ, K., PECHAR, L., SÍČOVÁ, P., TESAŘOVÁ, B., TRPÁKOVÁ, I., TRPÁK, P. 2011. Hydroserie - současná funkčnost krajiny zájmového území Sokolovsko – rok 2010, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Kašparová, I. 2011. Shoda mapování LULC "Louky a pastviny (TTP)" a trvalých travních porostů podle ZABAGED a LPIS stav červen-červenec 2010, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum> , ČZU v Praze

Kašparová, I. 2011. Shoda mapování LULC Sokolovska "lesní půda" a lesních ploch podle ZABAGED stav červen-červenec 2010, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Kašparová, I. 2011. Shoda mapování LULC Sokolovska "vodní plochy" a vodních ploch podle ZABAGED a Dibavod stav červen-červenec 2010, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Brom, J., Justová, H., Křováková, K., Nedbal, V., Pechar, L., Síčová, P., Sixta, J., Tesařová, B., Trpák, P., Trpáková, I. 2011. Současný land use zájmového území Sokolovsko - rok 2010, Present land use in territory Sokolovsko - year 2010, , 8.16. Funkční změny krajiny, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Současný land use v k.ú. Háj, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Brom, J., Justová, H., Křováková, K., Nedbal, V., Pechar, L., Síčová, P., Sixta, J., Tesařová, B., Trpák, P., Trpáková, I. 2011. Současný land use v k.ú. Hluboká typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P., Trpáková, I. 2011: Současný land use v k.ú. Chodov, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Tesařová, B., Síčová, P., Trpák, P., Trpáková, I. 2011. Současný land use v k.ú. Lomnice, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Trpáková, I., Sixta, J., Justová, H., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P. 2011. Současný land use v k.ú. Nové Domy, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E., Justová, H., Sixta, J., Brom, J., Nedbal, V., Křováková, K., Pechar, L., Síčová, P., Tesařová, B., Trpák, P., Trpáková, I. 2011. Současný land use v k.ú. Týn, typ výstupu PDF, forma elektronická a tištěná s odpovídajícím komentářem a legendou, dostupná na <http://fzp.czu.cz/vyzkum>, ČZU v Praze

Studijní texty

Nováková, J., Skaloš, J., **Kašparová, I.**: 2006. Skripta; Krajinná ekologie. Skripta ke cvičením. ČZU v Praze, ISBN: 80-213-1588-1

Texty v tisku nebo recenzním řízení

Kašparová, I., Pecharová, E., Justová, H., Gillarová-Hrajnohová, H. 2012. Unique Approach to Land Reclamation After Brown Coal Mining , 12th International GeoConference SGEM 2012, proceedings, held 17 - 23 June, 2012 in Albena, Romania, proceedings ISSN: 1314-2704 (Scopus)

Kašparová, I., Berchová, K., Jirka, V. 2011. Use of Thermovision Photography for Land Cover determination in Post-mining Locations. International Journal of Mining, Reclamation and environment, Tylor and Francis, UK, odesláno k redakci (WoS)

Skaloš, J., **Kašparová, I.**, Pecharová, E. a kol. 2012. Funkční změny krajiny Sokolovska v období 1842 a 2010. Lesnická práce s.r.o., Kostelec n.Č.l., in press (monografie) ISBN 978-80-7459-010-9

Účast v projektech za posledních 8 let

- 5th EC programme WARM - Forest Fires in the Wildland-Urban Interface and Rural Areas in Europe 2002-2004
- MSM 414100006 - Víceúčelové travní hospodářství v limitních sociálně ekonomických a přírodních podmínkách (1999-2004, MSM)
- SK/600/1/03 - Atlas krajiny ČR (2003-2008, MZP/SK)
- SL/640/7/03 Problematika péče o lesy v okolí hl.m. Prahy s ohledem na formy jejich funkčního využívání, určení turistické zátěže (MŽP 2006)
- Profesní vzdělávání pro středočeský venkov (OPRLZ 2006-2008) – management krajiny
- NAZV QH 81170 Multioborové hodnocení vlivů územní ochrany vodohospodářsky významných lokalit ČR
- NAZV QH82106 Rekultivace jako nástroj obnovy funkce vodního režimu krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí
- NPV II 2B 08006 (MŠMT): Nové přístupy umožňující výzkum efektivních postupů pro rekultivaci a asanaci devastovaných oblastí

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

2012



**Metody a techniky hodnocení krajiny
po těžbě hnědého uhlí**

**Methods and technics of recognition landscape values in
post-mining areas**

Soubor článků k disertační práci

RNDr. Ivana Kašparová

Příloha 8 - vybrané publikace v plném znění

Sklenička, P., Kašparová, I. 2008. Restoration of visual values in a post-mining landscape. *Journal of Landscape Studies* - online version, 2008, roč. 1, č. 1, pp. 1-10.

Pecharová, E., Martiš, M., Kašparová, I., Zdražil, V. 2011. Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes. *Journal of Landscape Studies* - online version, 2011, roč. 4, pp. 71-80

Martiš, M., Zdražil, V., Kašparová, I., Pecharová, E. 2008. Strategy for reconstructing the ecological and aesthetic functions of the Kladno region landscape disturbed by hard coal mining. *Journal of Landscape Studies*, roč. 1, č. 0, pp. 103-111.

Skaloš, J., Kašparová, I. 2012. Landscape memory and landscape change in relation to mining. *Ecological Engineering*, 2012, Volume 43, pp. 60–69.

Kašparová, I., Pecharová, E., Justová, H., Gillarová-Hrajnohová, H. 2012. Unique Approach to Land Reclamation After Brown Coal Mining, 12th International GeoConference SGEM 2012, proceedings, held 17 - 23 June, 2012 in Albenia, Romania, proceedings ISSN: 1314-2704 (Scopus)

Kašparová, I., Berchová, K., Jirka, V. 2011. Use of Thermovision Photography for Land Cover determination in Post-mining Locations. *International Journal of Mining, Reclamation and environment*, Tylor and Francis, UK, odesláno k redakci

Kašparová, I., Zdražil, V.: 2006. Tourist attractiveness and the intensity of recreational use of Prague suburban forests. *Ekologia-Bratislava*, 2006, roč. 25, č. 3, pp.53-67.

Restoration of visual values in a post-mining landscape

Petr Sklenička^{1,3,*}, Ivana Kašparová²

¹ *Department of Land Use and Improvement, University of Life Sciences, Prague, Czech Republic*

² *Landscape Ecology Laboratory, University of Life Sciences, Prague, Czech Republic*

³ *Centre for Landscape, Prague, Czech Republic*

Abstract

The aesthetic value of landscape is one of the most threatened attributes of the human environment. This threat is particularly dramatic in post-mining landscapes. The rehabilitation of post-mining landscapes requires an interdisciplinary planning approach. Aesthetic value is a major criterion when evaluating the success of landscape restoration. This paper presents restoration of landscape aesthetics on two levels of scale. On a large scale, the guiding principles are presented by two methods of visual classification of the Sokolov brown coal basin (220 km², Czech Republic). On a small scale, the case study illustrates the key principles by their implementation in the Litov – Chlum (2km²) study area. The final design is supported by GIS and 3D visualisation.

Key words: Post-mining landscape; Rehabilitation; Restoration; Aesthetic value; Visualisation; Czech Republic

1. Introduction

The Sokolov brown coal basin (West Bohemia, Czech Republic) is located near the frontier between the Czech Republic and Germany (Figure 1). The total area of the basin is about 220 km² and the total mining area is 89 km². An area of 2444 ha (27.6%) has now been completely rehabilitated, 983 ha (11.1 %) is a post-mining area under recent recultivation, and an area of 5437 ha (61.3 %) is planned for future rehabilitation (Sokolovska uhelna, 2002). It is not intended to open up new mines in this region. This situation poses a great challenge for successive rehabilitation of the post-mining landscape.

Restoration of a landscape destroyed by open-cast mining is very often understood as a technical or economic problem only (Bradshaw, 1987). Formerly, only forestry and agricultural forms of recultivation were regarded as being in the public interest. Recently, nature conservation and recreation have also been considered as land-use

options (Pietsch, 1998; Schulz and Wiegler, 2000). Successful rehabilitation of post-mining landscapes requires a holistic approach involving, among others, the ecological and aesthetic context. All parts of the projects must lead toward an integrated proposal to restore ecological, hydrological, aesthetic, production, recreational and other functions of the post-mining area, co-ordinated into a sustainable land-use development plan.

Landscape is perceived as a visual resource. The holistic image of a landscape comprises not only its spatial and structural aspects but also the formal visual and cultural aesthetic expression of the landscape (Krause, 2001). The aesthetic value of landscape is one of the threatened attributes of the human environment. This threat is particularly dramatic in post-mining landscapes. The aesthetic function of landscape is much more difficult to define, evaluate and protect than its ecological function. The motivation for protection is not only

* Corresponding autor; E-mail: sklenicka@fle.czu.cz
Available online at: www.centrumprokrajinu.cz/jls/

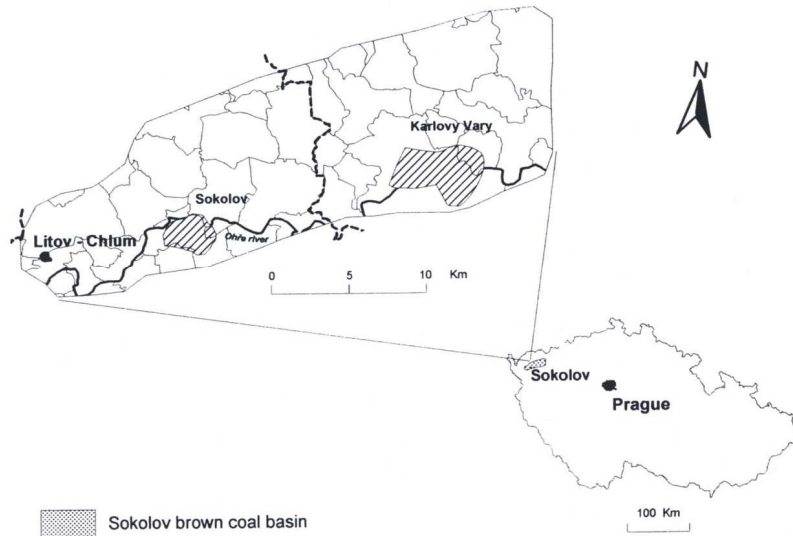


Figure 1. Location of the Sokolov brown coal basin and the Litov – Chlum model area.

the visual value of the landscape but also the preservation of its recreational potential, and protection of the cultural heritage (Schmid, 2000).

It is the visual quality and character rather than its productive function that attracts people to live or relax in the countryside (Brabec and Smith, 2002). The key aesthetic problem of post-mining areas is the negative visual impact of the mining sites on the surrounding landscape. This means that the aesthetic value of the adjacent landscape is degraded mainly by the negative visual impact of the unreclaimed sites. An evaluation of the former

aesthetic characteristics of the area and a prediction of their future development should form the basis for all forms of post-mining landscape planning (e.g., land-use planning, physical planning). Visual improvements brought about by reclamation changes can be simulated to show how visible the recovered landscape structures will be, and how much of the visually degraded territory has vanished from the viewshed. Hehl-Lange and Lange (1999) accent the role of GIS-based virtual landscape models facilitating formulation of several different variants in the process of decision.

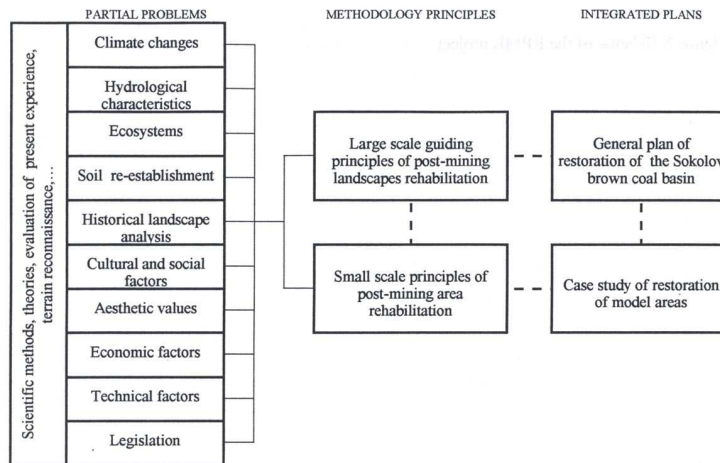


Figure 2. Scheme of the RPML project.

2. Methods

The context of restoring aesthetic values was integrated into the approach defined by the project “Rehabilitation of post-mining landscapes“ (RPML), supported by the Czech Ministry of Environment (Prikryl et al., 2002). The basic principles of this integrated approach (Figure 2) were inspired by general methods of landscape assessment (Countryside Commission, 1993), of landscape ecological planning (Ruzicka and Miklos, 1982; Wang et al., 2001), by the process scheme of Schulz and Wiegleb (2000), and also by the Visual Impact Analysis (Emmelin, 1995) method for analysing the landscape impacts of policy scenarios and for presenting them in visual terms.

The aesthetic values and the whole RPML were assessed on two different scale levels:

- on a large scale, the relevant attributes were investigated for the whole area of the Sokolov brown coal basin. The received data and experience were used to define large-scale guiding principles for restoring aesthetic values, which were then implemented in the General Plan for the restoration of the Sokolov brown coal basin. Some of the large-scale guiding principles were also used in the small-scale methodology:

- On a small scale, the aesthetic characteristics of the landscape were analysed in the Litov – Chlum (2 km²) model area. The information derived from this analysis was used to formulate small-scale methodological principles for the rehabilitation of the model area. Some small-scale principles were used for feedback correction of the large-scale methodology. A case study of the restoration of the model area was also carried out on the basis of the same methodology.

2.1. Large-scale principles for assessing aesthetic values

Two basic methods were used to classify the landscape of the Sokolov brown coal basin in terms of its aesthetic values.

a) Landscape typology method

The landscape typology method (Muransky and Naumann, 1970-1980) is based on classifying the landscape types and landscape values (Figure 3). The landscape was classified by interpreting aerial photographs, complemented by terrain reconnaissance.

The basic landscape types (objective typological units) are:

- landscape type A – landscape considerably modified by man,
- landscape type B – landscape partially modified by man,
- landscape type C – relatively natural landscape (predominance of natural elements).

The basic scenic (aesthetic) values are:

- high scenic value (+),
- average scenic value (0),
- low scenic value (-).

By combining these types we obtain a total of nine basic landscape typological units that characterise the internal qualities of each landscape unit. The method also involves selecting the visually important landscape points (views), visual corridors, horizons, etc.

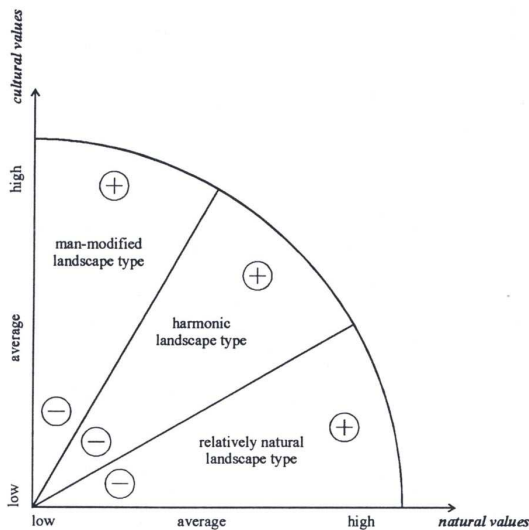


Figure 3. Scheme of landscape classification by the landscape typology method.

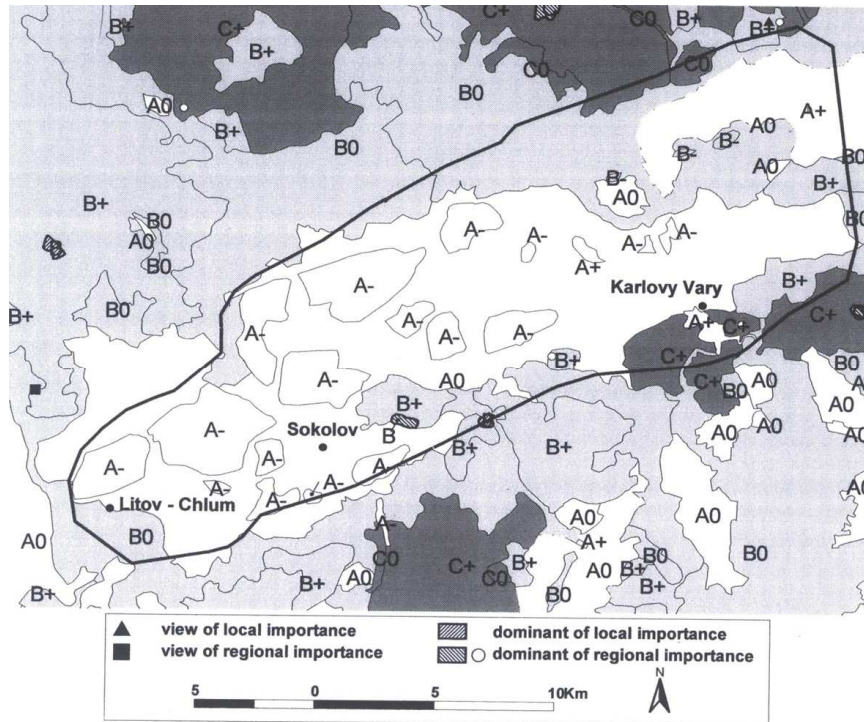


Figure 4. Classification of the Sokolov brown coal basin by the landscape typology method.

b) Visibility analysis

Unlike the previous method, this landscape classification provides a tool that reflects not only the internal aesthetic attributes of the landscape units but also the external negative visual characteristics of the neighbouring mined areas. The recent situation (in 2001) was analysed, and the future state (in 2025) was predicted. The prediction is based on the official plan for successive rehabilitation of the post-mining landscape provided by the Sokolovska uhelna mining company. This method assumes that rehabilitated post-mining areas do not have a negative visual effect on the surrounding landscapes.

Visual improvements brought about by the performed reclamation changes were simulated and presented by calculating the visibility of the recovered landscape structures. The visibility map will show how much of the visually degraded territory will vanish from the viewshed. The unchanged structures, e.g., dumps and mine pits, are identified by a definite set of observed points

representing contours, and the visibility of these points is calculated. The visual quality of the landscape will improve when the ugly landscape structures are replaced by natural-looking or at least visually more pleasant formations (forests, lakes, parks, etc.).

The process of simulating visual improvements pursued the following steps, using ArcView 3.1 tools and its Spatial Analyst extension:

- manual digitisation of the contours of unchanged structures,
- merging the contour map of the territory layer, with 10m elevation step and digitised contours,
- generation of two 3D terrain models from the contour lines (before and after reclamation) with a pixel size of 50 m,
- addition of a forest raster layer to the 3D models (of 20 m in height),
- identification of observed points representing the unchanged landscape structures (201 points before reclamation, 138 after),
- visibility calculation for the observed points,

- masking the viewshed maps by a forest raster (it is assumed an average observer cannot see any landscape structures from the forest interior),
- interpretation.

We classified the landscape into 6 categories according to the number of points seen from the area, as follows:

- I. area without negative visual impact (no point)
- II. area with very low negative visual impact (1-20 points)
- III. area with low negative visual impact (21-40 points)
- IV. area with medium-level negative visual impact (41-60 points)
- V. area with high negative visual impact (61-80 points)
- VI. area with very high negative visual impact (> 80 points)

2.2. *Small scale case study*

The Litov - Chlum model area is located in the Sokolov brown coal basin (Figure 1). The total area is 2 km². It is a spoil bank shaped like an amphitheatre completely without any vegetation cover. The centre of the site consists of an open pit surrounded by man-made slopes. The study area is characterized by the extreme acidity of the geological substrate and of the water in the pit (pH=2.0-2.5). The slopes of the “amphitheatre” are threatened by water erosion, because they are still not covered by vegetation.

The study area is adjacent to the monastery of St. Mary (Church of the Assumption of the Virgin at Chlum), which is a historical monument. This positive landscape feature of regional importance is a very significant place of pilgrimage for Czechs and Germans. The monastery is the main contributor to the very intensive genius loci of this place. A number of small sacral artefacts were buried under the mighty layers of the spoil bank. In recent times, this monastery has been degraded by the negative visual impact of the adjacent unrecovered spoil bank. The key aspect of the rehabilitation of this post-mining site should be to restore the landscape around the monastery from the recent degradations. The views are threatened by irrational afforestation of parts of the

background of the monastery. For this reason, we constructed a visual diagram centred round the positive dominant feature of the landscape.

The land-use plan and the design of the model area were proposed on the basis of the RPML integrated approach. The final design is determined mainly by the following factors: geo-botanical restoration principles, erosion control measures, neutralisation of extreme soil and water quality, revitalisation of the pit, and the economic feasibility of the proposed variant. The final design must also be based on the landscape ecological characteristics of the surrounding area (Sklenicka and Lhota, 2002a). The changes in the visual landscape reflect the relevant spatial processes. For this reason, landscape heterogeneity was used as a quantitative criterion for landscape restoration (Sklenicka and Lhota, 2002b). The proposed design reflects the context of the historical development of the region, but it also creates quite new aesthetic values. The tourism function is concentrated in those parts of the model areas that are easily accessible and that do not have great potential for nature conservation. The model area is designed in a harmonious relationship with the main tourist resource of the region (St. Mary's monastery).

The final steps of the design proposal were its visualization and presentation for the mining company, the local authorities, the Ministry of the Environment, independent specialists, and the public.

3. Results

3.1. *Assessment of large-scale aesthetic values*

The Sokolov brown coal basin, together with its near surroundings (251 km²), was classified by the landscape typology method (Figure 4). The percentage of individual typological landscape units is shown in Table 1. Table 2 gives the values for the total area of the Czech Republic (Michal, 1997). In terms of aesthetic qualities, the Sokolov brown coal basin can be generally classified as very contrasting and unbalanced. The dominant landscape type is man-modified landscape (A – 63.3%), the percentage of harmonic landscape type B is 27.4%, and the percentage of relatively natural type C is 9.3%. The aesthetic qualities are represented mainly by average (47.7%) and low-

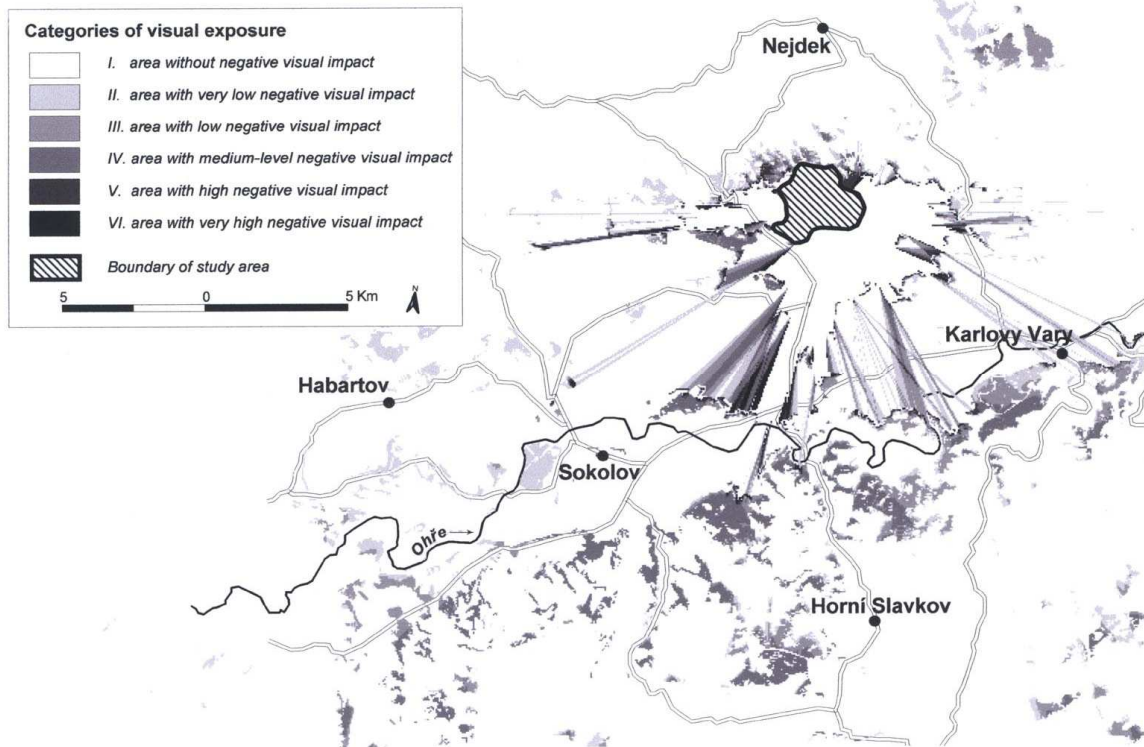


Figure 5. Negative visual effect of individual mining sites on the surrounding landscape (in 2001) – an example.

level landscape value (48.0%). The percentage of high landscape value is only 4.3%. In comparison with the total area of the Czech Republic, the Sokolov brown coal basin is characterised by a high percentage of landscape type A (+100%) and also by a high percentage of low-level landscape value (+742%). These high proportions are compensated by a significantly low proportion of landscape type B (-54%), and of high-level landscape value (-86%).

Generally, the landscape of the Sokolov brown coal basin is characterised by a high degree of man-made modification and by dramatically lower aesthetic value than the “average Czech landscape”.

Apart from the landscape typology assessment, visibility analysis were constructed for 7 mining sites still not quite rehabilitated (Figure 5). Figure 6 presents the total exposure by negative visual impacts of these mining sites in 2001. A prediction

Table 1 Percentage of individual typological landscape units in the Sokolov brown coal basin.

Landscape values	Total area		Landscape types					
	[ha]	[%]	A		B		C	
			[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]
High (+)	1110	4.4	24	0.1	532	2.1	554	2.2
Average (0)	11948	47.5	3810	15.2	6347	25.2	1791	7.1
Low (-)	12088	48.1	12069	48.0	19	0.1	0	0
Total area	25146	100	15903	63.3	6898	27.4	2345	9.3

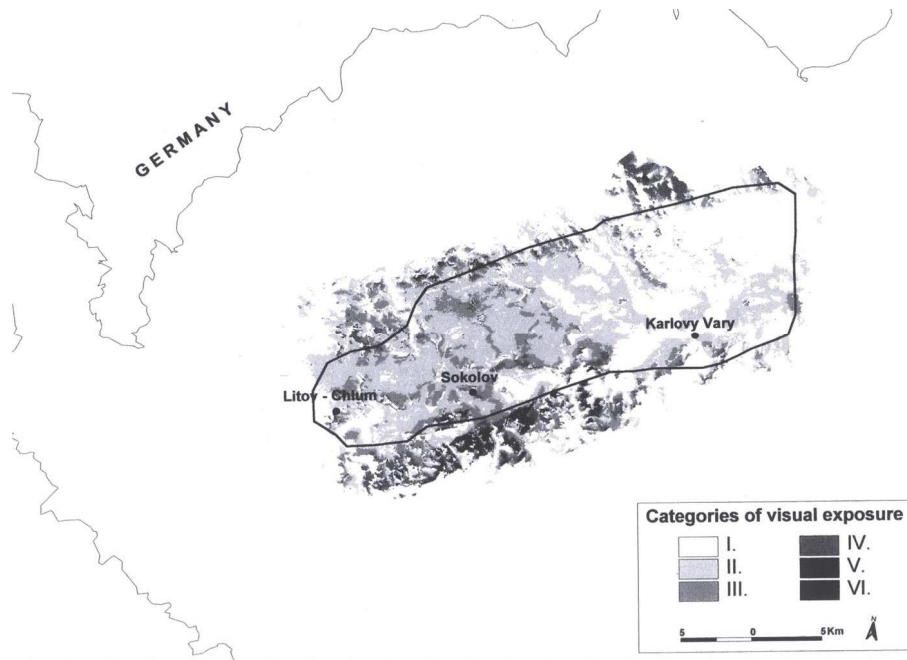


Figure 6. Total exposure by negative visual impacts of unrehabilitated mining sites (in 2001).

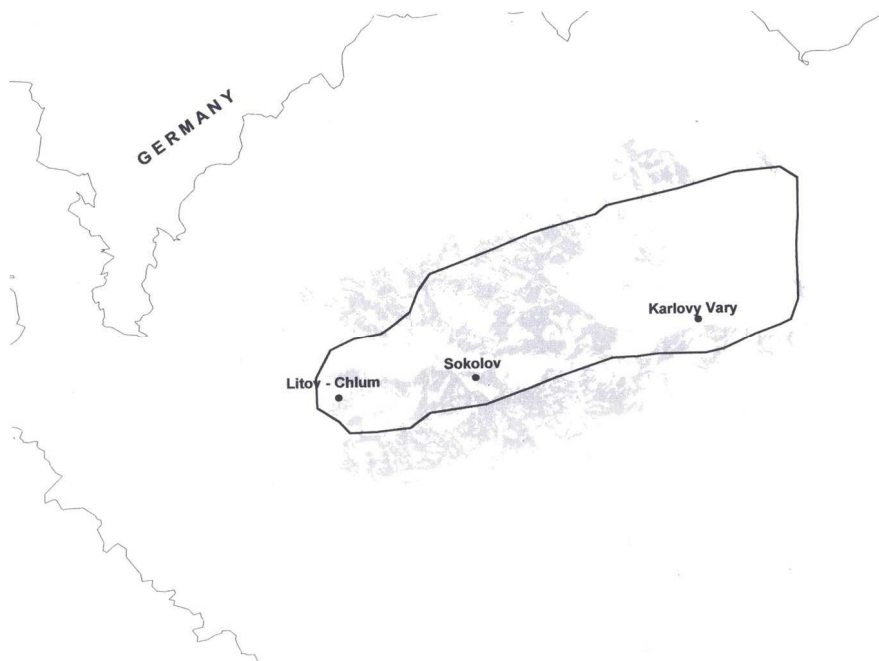


Figure 7. Prediction of total exposure by negative visual impacts of unrehabilitated mining sites in 2025.

of future changes (year 2025) is shown in Figure 7. The intensity of the negative visual perception of the mining sites from the surrounding landscape is divided into 6 categories. Table 3 provides a quantitative (spatial) expression of the present and future intensity of negative visual impacts. In contrast to the recent situation (46.2%), it is predicted that 75.5% will be without negative visual impact in 2025. Generally, the whole affected area will be characterised by a lower intensity of negative visual impact in 2025.

3.2. Small scale case study

Figure 8 shows the visual diagram for the monastery buildings and grounds. The visual diagram determines the main places and directions of visual correction of the model area design. This visual correction is aimed mainly at facilitating decisions on the final topology arrangement (modelling of the spoil bank ridges) and on the distribution of trees on the ridges. With the aid of optimum parameters for the final definition of the shape and land cover of the spoil bank we can conserve or even enlarge the surrounding area from which the monastery can be seen. Implementation of this principle will increase the visual values of the rehabilitated and adjacent landscape. The guiding principles for restoration of the Litov – Chlum model area were defined as follows:

- Rescuing important views of St. Mary's monastery. In practice, this involves slight altitude reduction and maintaining the ridges of the spoil bank without tree vegetation.
- The model area remains visually open to St. Mary's monastery. This principle expresses the major motivation for restoring the post-mining site.

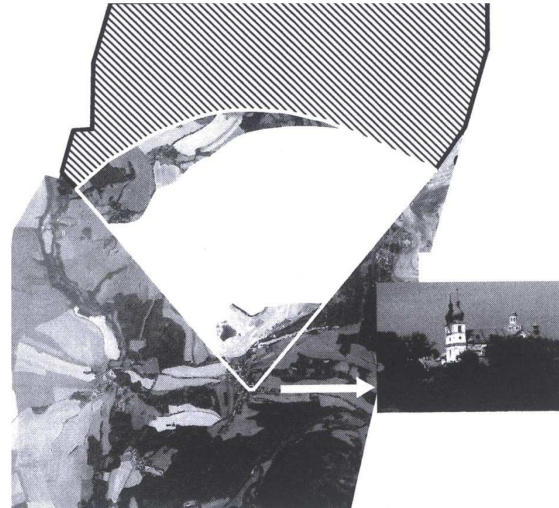


Figure 8. Visual diagram of the monastery building, calculated only for a sector of the circle including the model area. The diagram indicates areas from which the monastery is not visible, due to the shape of the spoil bank (white colour), or due to the natural topology (hatched area).

- The general character of the vegetation will be forest steppe.
- Taking into account the relatively low heterogeneity of the surrounding land-use pattern, high landscape micro-heterogeneity will be an important feature of the site design for the model area.
- The species composition will respect extreme site factors. However, species diversity is one of the key criteria in post-mining area restoration.
- Both of the water elements (the pit and the stream) will remain in their natural state.
- The proposed design makes use of the recent field roads built along the amphitheatre ridges.
- The pit will not be suitable for fish management or for swimming due to mistakes in construction. For this reason, an ecological function is preferred in this case.

Table 2 Percentage of individual typological landscape units in the Czech Republic.

Landscape values	Total area		Landscape types [%]		
	[%]	A	B	C	
High (+)	30.4	0.4	23.2		6.8
Average (0)	63.9	27.8	35.1		1.0
Low (-)	5.7	3.3	1.6		0.8
Total area	100.0	31.5	59.9		8.6

Table 3 Analysis of the present situation, and a prediction of the future intensity of negative visual impacts of the mining sites on the surrounding landscape.

Year	Visual intensity categories [%]						
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	II-VI.
2001	46.2	35.8	12.3	4.4	1.1	0.2	53.8
2025	75.5	24.5	0	0	0	0	24.5
Difference	+29.3	-11.3	-12.3	-4.4	-1.1	-0.2	-29.3

- The final design will be supplemented by a number of small sacral artefacts (crucifixes, village chapels, etc.)

The final design of the model area was proposed on the basis of the guiding principles described above. The proposed design was visualised to simplify consultation with the local authorities, the mining company management authorities, the mining company management and the public.

4. Conclusions

Restoration of visual and aesthetic values should be a key criterion in post-mining landscape rehabilitation. The severe damage done to the Sokolov brown coal basin took place under a political regime in which decisions were imposed by technical experts and bureaucrats. An effective solution to the problems should include consultation with a well-informed local community, and the formation of a broad consensus on the changes that are needed. The visual diagrams method and the 3D visualisation present information about landscape restoration in a form that will enable the public to participate intelligently in the restoration decisions.

The guiding principles and method of evaluation and restoration of aesthetic values are different on large-scale and small-scale levels. The two large-scale methods presented in this paper are very useful for land-use or physical planning. In particular, a prediction of the exposure of the landscape to negative visual impacts is a very significant tool for urban development planning and for prognosis of the future recreation potential of a region. In the case of the Sokolov brown coal basin this method predicts the relevant increase in

the areas without negative visual impact, and shows where there will be such locations in 2025. Another major task is to define and manage some areas in accordance with their high nature conservation interest. The high scenic value of the cultural landscape is a precondition for this purpose.

A small-scale case study was presented showing the guiding principles for the final proposal. The visual analysis of the model area and surrounding landscape presented here by the visual diagram method formed one of principle bases for defining the design of a post-mining area that will improve its aesthetic values, and also its other values. In addition, this method respects the present cultural and aesthetic values of the surrounding landscape, which could otherwise be impaired by unsuitable shape and land cover of the post-mining site. Post-mining landscape rehabilitation should not reduce the visual impact of existing important cultural or natural features. The final design is the result of many professional activities co-ordinated between 2000-2001. Landscape rehabilitation is undertaken above all by landscape architects, but successful rehabilitation must involve an integrated approach and consensus building.

Post-mining areas can be called “landscapes without a memory”. They provide one of the few chances for landscape architects to create quite a new landscape that will rapidly improve the visual quality of a region.

Acknowledgements

This research was supported by grants NAZV 82106 Recultivation as a tool for landscape functionality regeneration after opencast brown coal mining and NPVII 2BO 8006 New approaches to research of effective procedures for recultivation and rehabilitation of devastated regions. The

authors owe special thanks to Ivo Prikryl, Ivan Svoboda, Pavel Trpak, Jan Pokorný, Emilie Pecharova, Petr Vlasak, Jan Sixta, Ivana Trpakova and GET company, who were involved in this grant-aided project. They also thank Robin Healey, Jiri Cibulka and Jiri Popelr for their useful advice.

Sokolovska uhelna, 2002. Review of recultivated areas in the Sokolov brown coal basin. www.suas.cz.
Wang, Y., Dawson, R., Han, D., Peng, J., Liu, Z., Ding, Y., 2001. Landscape ecological planning and design of degraded mining land. *Land Degrad. Dev.*, 12: 449-459.

References

- Brabec, E. and Smith, C., 2002. Agricultural land fragmentation: the spatial effects of three land protection strategies in the eastern United States. *Landscape Urban Plann.*, 58: 255-268.
- Bradshaw, A.D., 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: W.R. Jordan, M.E. Gilpin and J.D. Aber (Editors). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 53-74.
- Countryside Commission, 1993. *Landscape Assessment Guidance*. Countryside Commission, Northampton.
- Emmelin, L., 1995. Landscape impact analysis: A method for strategic environmental impact analysis. In: J.F.Th. Schoute, P.A. Finke, F.R. Veeneklaas and H.P. Wolfert (Editors). *Scenario Studies for the Rural Environment*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 449-454.
- Hehl-Lange, S. and Lange, E., 1999. Planen mit virtuellen Braunkohlelandschaften. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 31: 301-307.
- Krause, C.L., 2001. Our visual landscape – Managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape Urban Plann.*, 54: 239-254.
- Michal, I., 1997. Praktické ramce hodnocení krajinného rázu. *Ochrana Přírody (Czech Rep.)*, 1: 4 -10.
- Muransky, S. and Naumann, P., 1970 – 1980. *Krajinárske hodnotenie územia Českej republiky*. Terplan, Prague.
- Pietsch, W.H.O., 1998. Naturschutzgebiete zum Studium der Sukzession der Vegetation in der Bergbaufolgelandschaft. In: W. Pflug (Editor), *Braunkohleabbau und Rekultivierung*, pp. 677-686.
- Prikryl, I., Svoboda, I., Sklenička, P., Trpak, P., Pokorný, J., Sixta, J., Pecharova, E., 2002. Rehabilitation of post-mining landscapes. Grant VaV /640/3/00, annual report for 2000-2001. Czech Ministry of Environment, Prague.
- Ruzicka, M. and Miklos, L., 1982. Landscape ecological planning (LANDEP) in the process of territorial planning. *Ekologia (Bratisl.)*, 1: 297-312.
- Schmid, W.A., 2000. Spatial planning with respect to aesthetics. In: G.J. Carsjens (Editor). *Fragmentation and Land Use Planning: Analysis and Beyond*. ISOMUL, Wageningen, pp. 1-10.
- Schulz, F. and Wiegler, G., 2000. Development options of natural habitats in a post-mining landscape. *Land Degrad. Dev.*, 11: 99-110.
- Sklenička, P. and Lhota, T., 2002a. Verbesserte Landschaftsvielfalt nach Erneuerung einer Tagebau-Folgelandschaft. *Landnutz. Landentw.*, 3: 128-134.
- Sklenička, P. and Lhota, T., 2002b. Landscape heterogeneity – the quantitative criterion for landscape reconstruction. *Landscape Urban Plann.*, 58: 147-156.

Environmental approach to methods of regeneration of disturbed landscapes

Pecharová Emilie, Martis Miroslav, Kašparová Ivana and Vladimír Zdražil

Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, Prague 6, 165 21,
Czech Republic

Abstract

The rehabilitation of territories disturbed by mining activities has undergone an evolution lasting more than fifty years. At first, reclamation was limited to planting greenery. Until 1989, agricultural regeneration methods dominated, and after this time the focus was on forestry revegetation. Landscape regeneration is nowadays understood as rehabilitation of both the natural function and the economic function of a landscape. This concept is of particular importance in the case of extensive open cast mines like those in the Krusne hory Mts. region. The need to assess landscape ecological functions is an urgent issue in landscape management and is a priority area in environmental research. This is due to the global effects of human activities, and also their immediate impacts on a regional level. The regional conditions are so diverse that it is not possible simply to take over foreign experience: each state arranges its own research in the field. Following a holistic approach, functional environmental landscape characteristics can be defined as follows: (1) The ability of the vegetation covers to dissipate solar energy and attenuate big energetic pulses; (2) The ability of biocoenoses to retain a high volume of water and organic matter, mainly in the soil; (3) The ability to compensate runoff fluctuations and prevent drainage of both dissolved and undissolved materials.

This approach has been applied in investigating selected aspects of landscape rehabilitation after brown coal mining in model areas of the Krusne hory Mts. basins. The new understanding of rehabilitation and recultivation plans draws on the knowledge and skills of experts from developed countries with a tradition of mining and recultivation. In harmony with the holistic approach, it strongly supports the principle of regenerating the landscape as a whole, functionally incorporating the former mining area into surrounding landscape types untouched by mining. The principle of landscape regeneration is understood in relation with regenerating the functions and social-economic links of the ecosystem.

Key words: Landscape regeneration; Mining activities; Ecological functions; Regeneration.

1. Introduction

Surface brown coal mining has a large influence on landscape processes. The area of Northern Bohemia has been intensively transformed by surface mining. Opencast operations originating in brown-coal mining, together with numerous dumps

of waste rock, have affected the water and energy exchange and its distribution in the landscape. The mining activities have disturbed the vegetation cover, and large volumes of soil, rainwater and underground water have been conducted away.

* Corresponding autor; E-mail: pecharova@knc.czu.cz
Available online at: www.centrumprokrajinu.cz/jls/

This has led to changes in the hydrological characteristics and in the climatic conditions of the mined landscape. The lack of vegetation and water cause changes in solar energy dissipation, and the ratio between the sensible and latent heat flux is shifted toward the sensible heat flux (Pokorný, 2001). The proportion of heat fluxes has negative effects on the stability of the local climate (Pecharova et al., 2006).

2. History

Large-scale open-cast brown coal mining has had a fundamental impact on the whole landscape structure, including its functions. The mining activities in North-west Bohemia have overturned hundreds of square kilometers of landscape. This has resulted in total removal of the vegetation cover and intrusion into the water cycle.

Water streams have been channeled or piped in a straight line, and often diverted. Marshes and wetlands have been drained and vast areas turned into mines or spoil heaps. Some mines have extended to an area of thousands of hectares or are buried to a depth of two hundred meters, e.g. the Medard mine in the Sokolov basin. The mine water has to be pumped permanently away from the mines.

By contrast, 19th century cadastre maps show the landscape under the Krusne hory Mts. interwoven with water streams with wide alluvia, fish ponds, wet pastures and natural water resources. Wetlands used to cover almost 15% of the landscape. The major landscape functions, in terms of flows of water, energy and materials, were fundamentally affected and disrupted by open cast mining.

Regenerating the ecological functions is therefore a basic prerequisite for further landscape rehabilitation. The main target is to recover the small water cycle. At present, the incident solar energy is transformed on the drained areas into (sensational) heat, and the surface therefore suffers major daily temperature fluctuations, with a high daily amplitude. These high amplitudes together with humidity fluctuations lead to oxygenation and decomposition of clay particles and other minerals, and the consequent release of matter into the surface water. A large volume of soluble matter is drained from the area since there is no vegetation

to retain the matter in the soil and the landscape (Licková et al., 2008).

- Extensive open cast mining changes the landscape absolutely – from the geological underbed, water regime and relief, destruction of biota to disturbance of urban systems.
- People's affinity with the landscape that withstood the era of deep mines or local small-scale pits has gradually disappeared.
- The socially privileged activities – coal mining in open pits – therefore came to dictate the further fate of the landscape.
- The revolutionary break with gradual evolution of the landscape has created a space for a comprehensive reconsideration of its future evolution.

A major mistake in the past was that the centrally directed economy strove stubbornly to return the rehabilitated post-mining areas to their former economic functions, first agricultural and more recently also forestry. This management target was reflected in the way the terrain was shaped and in the design of the water drainage, mainly in the case of spoil heaps, with a view to providing geotechnical stability of the mine workings (Pecharova et al., 2006).

Somehow, inadequate consideration was paid to the original structure and functions of the landscape before the large scale mines were opened, and the wider landscape relationships of this fundamental intervention into the territory were not taken into account. Czech mining law requires the mining company to rehabilitate and recultivate only those territories declared to be within the mining limits and outer spoil dumps. The whole vast territory with coal strata is covered by claims of individual mining companies (mining limits). Use of the land for purposes other than mining requires the consent of the mining offices and mining license owners, even in cases when mine works are to be opened in the distant future, or even when no mining is has yet been announced (so-called reserve localities).

Consent for non-mining activities is usually granted on condition that the applicant will not claim any compensation for losses in the event that mining activities are initiated. Czech law does not even allow complex land parcel improvements. In this way, all systematic non-mining activities have

been systematically ousted from mining areas, and the territory has been allowed to deteriorate for a long period of time.

Ongoing land rehabilitation has until now been carried out on land segments not used for further mining. Local redevelopment interventions are preferred, without reference to wider territorial relationships. This process is called 'forming a mosaic'. However this is a procedure that does not allow for any conceptual solution for large landscape units. Before the mosaic has been finished it is not possible to tell clearly how the new landscape space will link with the surrounding landscapes.

3. Present situation

At the present time, it is accepted that the reconstruction of landscape structures and landscape functions have to include not only territories directly affected by mining activities but also other territories not immediately affected. In this way, the scope of the reconstructed landscape is much more extensive. This new approach to redevelopment and rehabilitation projects has been recognized as good practice by experts from countries with a mining and post-mining rehabilitation tradition. In accordance with the holistic approach, it will markedly strengthen the principle of renewing the country as a whole through functional incorporation with neighboring landscape types that have not been affected by mining activities.

A fully functional landscape cannot be created without linking it to the ecosystems of the surrounding territories. Local rehabilitation can establish partial landscape functions (anti-erosion control, partial water cycle, etc.), but it cannot establish the function of the landscape in all its aspects.

Strengthening the links with strong neighboring ecosystems is a basic precondition for successful rehabilitation (Prikryl, Svoboda, Sklenicka 2002). Therefore, the priority must be to create conditions for future renewal of landscape functions, and not just to implement local rehabilitation measures. Landscape disturbed by open-cast brown coal mining is a subcategory of cultural landscape with a marked accent on production. The most marked features are

economic activities, and these contrast most with the natural essence of the landscape. Cultural characteristics fully dominate the landscape. During mining activities, the landscape is usually classified as devastated. Post-mining rehabilitation can return it to landscape types with a more or less balanced polyfunctional character. By contrast, for example, urban agglomerations have equally devastated landscapes, but there is no obvious prospect of renewal (Löw and Michal, 2003).

When mining activities are initiated, the landscape loses the logic of relatively fluent evolution, some ecosystems are destroyed, the relief is changed irreversibly, ecological links are changed, and biodiversity is decreased (Pecharova, Hejny 1998), (Pecharova, Wotavova, Hejny, 2001). The structure diversity of the landscape is usually decreased, resulting in worsened ecological stability and serious violation of aesthetic values, together with a decrease in the residential and recreational potential of the landscape (Cibulka, 2001). Some authors classify open-cast mining landscapes as landscapes with a lost memory (Pecharova et al. 2001, Trpak, Trpakova 2002, Stys, 2002, Gillarová et al., 2008). Insensitive human actions in an extreme form in the Krusne hory Mts. Basin have disturbed or disrupted the water cycle and its link to the energy and material transport cycles.

4. Solution

Former forestry and agricultural reclamations go hand-in-hand with landscape drainage. They cannot be carried out in permanently water-logged areas, so they contribute little to renewal of the water cycle and to increased water evaporation in the landscape. Cultivated forest and plants often suffer from drought. In order to renew the ecological functions of the landscape we have to restore water and functional vegetation to the landscape on a large scale. In this way the water cycle will be re-established and soil-forming processes will be initiated.

The management and distribution of planted cultures and natural vegetation are manifested in the landscape by marked differences in solar energy dissipation ("landscape overheating"), in the water regime dynamics and in surface and ground water quality in combination with the

character of the substrate. Landscape management therefore determines the major flows of energy and matter, which in turn determine the water basins, which underlie the overall functionality of landscape complexes. A functional landscape features the ability to preserve balanced climatic conditions, balanced runoff of surface waters, low material losses and reliable soil fertility. The key issue in relation to water drainage and absence of functional ground cover is the change in the runoff regime and the fluctuating water volume in the soil horizon. As a consequence of these changes we encounter various hazards: flooding, mineralization and material loss, increased erosion, impacts on the microclimate and, last but not least, effects on vegetation cover including the land reclamation system.

A basic approach for analysing landscape changes is the use of historical maps and archive materials. Historical maps are available for a 240-year timeline, aerial photos over a period of 50 years, while satellite data is available for a 20-30 year period. The advantage of this method is that data on the landscape prior to the destruction of the functional ecosystems can be analysed. An analysis of the historical landscape from the point of changes in land structure, settlements, anthropogenic land use, landscape fragmentation, analysis of landscape structures selected by their continuity, and discontinuity, provides important background information for understanding landscape functionality and for determining functional fragments. So-called landscape memory can be used for regenerating landscape functions.

Observing the material flow in the landscape helps to quantify material losses, to assess them economically and express them as the so-called negative external effect. Moreover, the cost of minimizing these effects by direct measures for selecting landscape structures of the future landscape can be assessed. Nutrient management is a very important consideration. It is undoubtedly an important criterion of landscape functionality and management effectiveness, and it can also be applied as a model for an ecological and economic assessment of anthropogenic activities in the landscape. It is necessary to compare the results of a holistic evaluation of the landscape structures with present practice, where a sectorially narrow evaluation is preferred (e.g. the concept of water quality in water management, nature protection,

territorial planning and land reclamation projects).

Remote data has a special ability to deal with land cover, emphasizing the distribution of the quantitative and qualitative parameters of individual landscape components and their spatial links. Not only remote data analysis methods but also field investigations are needed in order to include material cycles and energy flows in the landscape, changes in the microclimate and the evolution of the microclimate, and plant and animal communities. Promising indicating groups used for monitoring changes in biodiversity include selected groups of insects, small vertebrates and some higher plant species.

The present primary monitoring network will be used in hydrological and hydrochemical observations, and will be supplemented by a network of extra stations covering basic land use types. They will provide data for evaluating the functionality of the landscape structures in forming water and material flows. The thermal characteristics of each landscape structure will be supplemented using infrared scanning in the 7,5 - 14 μm band, by terrestrial and aerial sampling. The main advantage of scanning the landscape with an IR apparatus is that the results can be used to show the spatial distribution of temperatures in the image, and at the same time to compare the surface temperatures of individual objects. Another advantage is much better resolution than in spatial images. Disadvantages include spatial limitation and difficulties with geo-correction. The best results are obtained with a combination of these data types, using GIS.

The assessment of post-mining landscape vulnerability and also the individual development scenarios is based on a 7-point scale reflecting positive (+3,+2,+1) negative (-3,-2,-1), and stagnant trends in the development of key landscape characteristics during the evaluated period or during the predicted period. The scale uses a color scheme based on Microsoft Office Excel TM. This schematized evaluation of the history, status and prospects of the landscape under the influence of coal mining forms the basis of a landscape classification that is capable of fulfilling the role of a reliable expert platform for formalized processes of strategic environment assessment and environmental impact assessment (SEA, EIA) and Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) for standard approval processes, e.g. within the

framework of construction law, water management law, mining law as well as for a routine decision making procedures in public administration and economy (Martiš, 2006). The raster covering the area and containing the values of trends in the development of key landscape characteristics (Fig. 1) was constructed in accordance with the KFME method (Kartierung der Flora Mitteleuropas). The basic map field is a trapezium 10-minute geographic longitude and 6-minute latitude. The study territory is located within the basic map field ID 5841. This basic map field has been divided into a raster of 1600 regular square subdivisions, the area of which falls between 82 200 and 82 371 sq meters. This subdivision follows the KFME dividing method: 1st order 25 divisions, 2nd order 64 divisions. The resulting raster contains quadrats identified as 5841-Bab-c through to 5841-Obc-b.

5. Further steps

Regeneration of vegetation and water saturated soils is a precondition for decreasing the water runoff and material losses from the landscape. Wetlands, which effectively dissipate energy in time and space, help to dampen the climate, shorten and close the water cycle, maintain the ground water level, maintain a high content of nutrients and minerals in the soil, and minimize losses of nutrients and minerals (Rippl et al. 1996, Kravčík et al. 2008).

Further steps:

- Consider the historical evolution of the landscape
- Reconstruct the landscape continuum within the whole scope of landscape memory
- Regenerate the links connecting patches directly affected, indirectly affected and untouched by mining activities
- Constitute links between small-scale and large-scale landscape reclamations
- Connect landscape regeneration projects with other forms of landscape planning (territorial planning, land parcel improvement, forest management plans etc.) and harmonize them with the parameters of the newly established ecosystems (especially species composition)
- Reconstruct the functionality of the landscape as a cooling element affecting and regulating all consequent ecological functions, including climate change
- Take into account natural (ecological) succession and support natural succession, especially in localities where it can produce results that are at least comparable with controlled reclamation.

Select from a wide range of mining technologies, reclamation and earth-moving works to:

- Support more indented relief of the newly formed terrain
- Deposit top masses with respect to substrate qualities
- Connect reclaimed areas organically with the original, untouched terrain
- Create conditions for water retention in the landscape (by forming marshes, water bodies and streams)
- Ensure the geomechanical stability of the area in which the landscape functionality is being regenerated

Considering the wider environmental relationships, it is necessary to:

- Establish long-time functional ecosystems in localities directly affected by mining activities (spoil heaps, open pits) and improve the functionality of the ecosystems in localities indirectly affected by the mining operations
- Strengthen the ecological stability for possible manifestations of climate change in the more distant future
- Take into account the overall ecological values of the region
- Regenerate historical continuity, and reconstitute valuable ecosystems typical of the basin region (wetlands, salt marshes, steppes, forests)
- Use the new conditions generated by the mining activities to establish new valuable ecosystems
- Support and build important connections between the ecosystems, namely connections between ecologically valuable ecosystems and ecosystems intensively exploited by people
- Conserve valuable refuges, even revitalizing them by transferring species, emphasizing the use of spontaneous, controlled or artificial succession
- Support viable non-traditional biotopes in order to improve biodiversity

- Regenerate the original conditions and conserve biodiversity brought about by mining activities
- Regenerate the water stream network naturally incorporated into the new terrain, including sufficiently dimensioned floodplains and chance of natural waterbed forming support of certain portion of forest-free areas
- Prevent terrain formation being blocked by spoil heap surfaces, local occurrence of substrates with extreme “phytotoxic” properties, shallow wetlands as well as some forms of land use for future human activities.
- Support biodiversity at all levels and rapid, successful regeneration of the locality, support the function of migration corridors (mainly for water fowl and mammals) in the region, reduce the barrier effect.
- Assess the geomechanical stability of the whole spoil heap body
- Take into account that water management rehabilitation and revitalization involves the whole water network. Support reasonable rehabilitation through equitable hydrological balance of the landscape

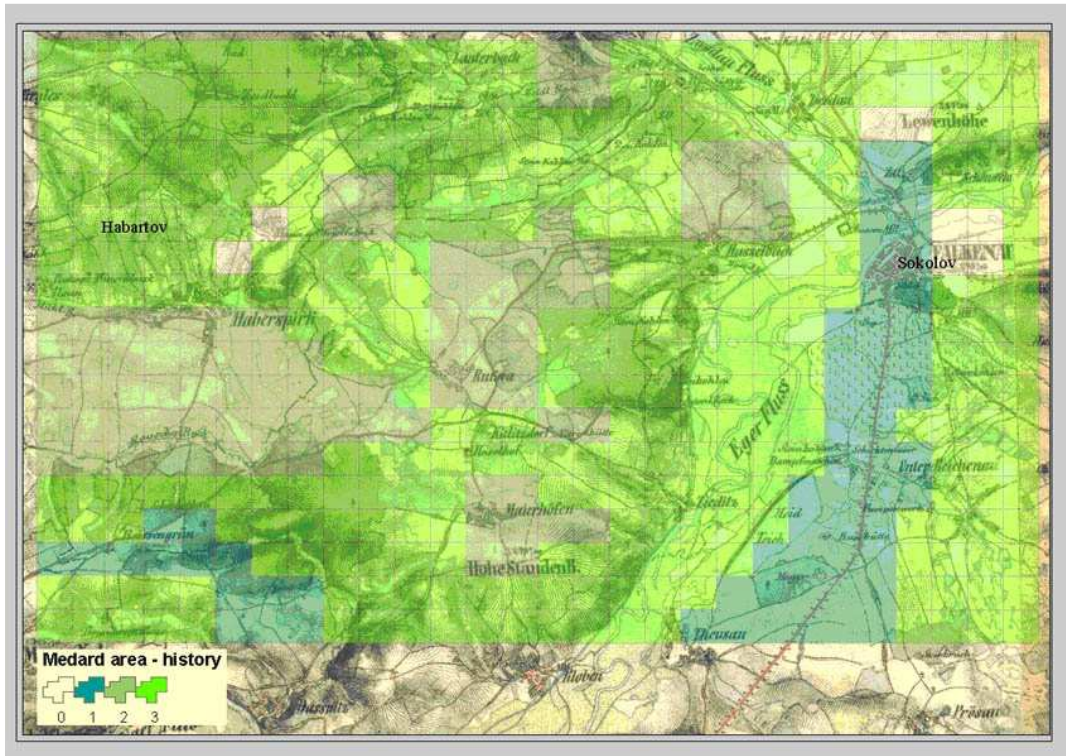
Revitalizing measures on water streams:

Landscape architecture:

- Provide morphological diversity of water streams, including banks and bottom
- Form trenches in concave parts of streams
- Make provisions for natural stream winding
- Plant adjacent vegetation
- Provide hydrological communication between water streams and the groundwater in the adjacent alluvium
- Prefer vegetation and other nature-close ways to reinforce water banks
- Protect water streams from erosion
- Protect water bodies from point sources of pollution
- Improve the self-cleaning capacity of streams
- Improve the recreation function of streams
- Provide support for fauna and flora both in and near streams
- Improve the hydric regime in set-aside branches and circumlittoral zones
- Aim to conserve and regenerate the original aesthetic values, and create new aesthetic values (the new landscape should attain an increased aesthetic value)
- Follow approaches that accent the present positive landscape features, create new features and eliminate, at least visually, negative landscape features
- Route new roads, cycling and hiking tracks according to the preferences mentioned above
- Regenerate each locality with a clearly defined motif, usually involving landscape architecture (landscape arrangement, landscape features), a spiritual motif, recreation, etc.

Hydrology:

- Reconstruct the water regime where the landscape was markedly waterlogged
- Create favorable conditions for the short water regime
- Take into account features of global climate change, e.g. extreme droughts, floods, torrential rainfall etc. that may affect the intended landscape regeneration
- Have in mind that the water retention function of the landscape should be the priority in strategic landscape planning. Therefore delimit geomorphologically suitable areas for water inundation and retention. Ensure that these areas can also fulfill other landscape functions
- Ensure transport accessibility all for communities in the basin (reconstruct communication networks disrupted by mining activities)
- Make provisions for recreation, sports and tourism in the surroundings of mine pits
- Provide an attractive infrastructure for business
- Construct cycling and hiking tracks in the revitalized areas. Connect them with the public communications network
- Support agro-tourism, build agro-centers to support landscape management
- Provide optimum access to geological, natural, historic and sacral objects, if possible create links with holiday areas



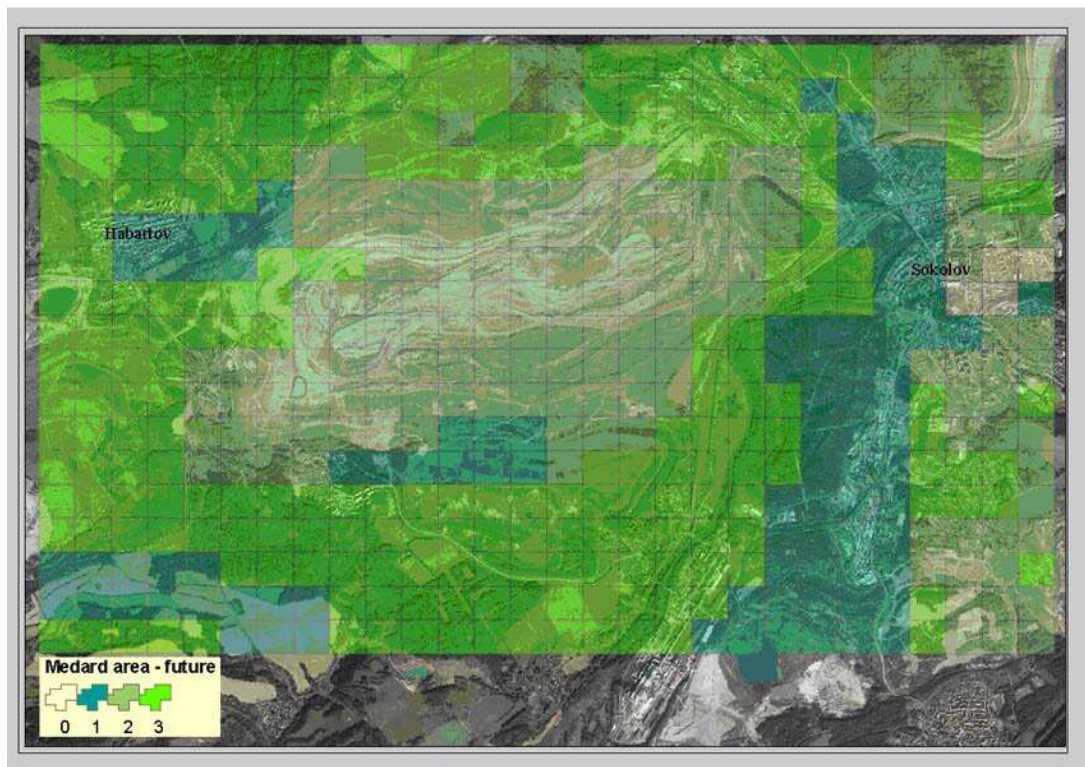


Figure 1. The raster covering the area and containing the values of trends in the development of key landscape characteristics.

6. Summary

The main advantage of the projects is that they provide a scientifically-based, comprehensive overview of the rehabilitation of a functional landscape under the Krusne hory mountains that will be suitable to human life, on the basis of the principles of sustainability. Earlier results produced by the team (Pecharova, Hrabankova, 2006, Pecharova, Martiš, Kasparova, 2008) show that the present status of the postmining landscape poses a significant threat to the climate system in the region. It is necessary to aim at reducing the risk of a change in the climate system, at restricting the decrease in biodiversity, and providing a high quality environment.

By determining the combinations and defining the of ecological functions of individual stand types and water bodies within functional post-reclamation landscape we will be able to create an alternative landscape cover mosaic and predict the future functional post-reclamation landscape structure. A prerequisite for functional rehabilitation of the landscape is to apply natural elements within the structure of the reclaimed landscape, linked to reconstruction of the small water cycle and improvement of landscape diversity. Feedback can be monitored by detecting the ecosystem regeneration with natural indicators of the environmental health.

A comprehensive approach to the assessment of biocoenoses, the water regime and water quality, using data on the spatial distribution of temperatures, humidity and the biomass of the vegetation, amended by a verbal assessment of the environmental risks of the post-mining landscape, and with a simple numerical (-3...+3) classification and a color scheme of the ecological landscape vulnerability through space and time will establish a basis for setting the relations between landscape use and the ecological functions of the landscape. It is rather difficult to define the closing period of mining activities, because it will depend on territorial mining limits, the geometrical parameters of the mining sites and their spoil heaps, the character of the mined and dumped rock, the technology for excavating, transporting and dumping the spoil material, the future rehabilitated landscape function, and many other considerations. Involving the mining company in active terrain shaping will lead to financial savings during the final remodeling of the terrain. Involvement of the mining company is considered to be inevitable, and also a realistic solution. However, it is necessary to compromise between the requirements established by mining law, consequent regulations, and requirements for optimum solutions leading to restoration of landscape functionality. It is desirable to establish some elements to update the present Czech mining law, or to enact a new law.

Acknowledgement

This study has been supported by research plan NPVII 2BO 8006 New approaches to research of effective procedures for recultivation and rehabilitation of devastated regions, of the Ministry of Education, Youth and Sport of the Czech Republic and by Ministry of Agriculture of the Czech Republic project QH 82106 Recultivation as a tool for landscape functionality regeneration after opencast brown coal mining, and also by project QH81170 Multidisciplinary evaluation of impacts of special territorial protection for hydrologically important areas.

References

Cibulka, J. 2001. Navrh pristupu k reseni projektu „Obnova

- funkce krajiny narusene povrchovou tezbou“ (Proposal of a solution to the project “Reconstruction of landscape disturbed by open cast mining in the central Most region”), in Czech, Ministry of Environment, CR
- Gillarova, H., Trpak, P., Trpakova, I., Sykorova, Z., Pecharova, E. 2008. Landscape memory as a solution of the ecological stability of the territory after mining. *Mineral Resources Management*, 24: 289-298.
- Lickova, V., Houdek, K., Martis, M. 2008. Evaluation of scenarios of renewal Lake Medard. *Mineral Resources Management*, 24: 239-249.
- Löw, J., Michal, I., 2003: *Krajinný ráz* (Landscape character). Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy.
- Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiár, J., Kováč, M., Toth, E. 2008. Water for the Recovery of the Climate. A New Water Paradigm. - NGO People and Water, Kosice, 122 pp.
- Martis, M. 2006. Methodological principles of classification of landscape vulnerability and feasibility of development projects, *Ekologia Bratislava*, 25, Suppl. 3/2006: 124-143.
- Pecharova, E., Hejny, S. 1998. Zhodnoceni vybranych partii Velke podkrusnohorske vysypky z hlediska prirodzenych vyskytu bylennych spolecenstev (Evaluation of selected parts of the Great Krusne hory Mts. spoil heap, with reference to the natural occurrence of plant communities) in Czech, research report, ENVI, o.p.s. Trebon, CR.
- Pecharova, E., Wotavova, K., Hejny, S. 2001. Perspektiva vegetace vysypkovych lokalit Sokolovska. (Prospects for rehabilitation of the vegetation spoil heap localities in the Sokolov region.) in Czech, proceedings of int. conference Redevelopment and Reclamation of Post-Mining Landscapes, Teplice.
- Pecharova E., Hezina T., Prochazka J., Prikryl I., Pokorny J. 2001. Restoration of spoil heaps in Northwestern Bohemia using wetlands. In: Vymazal, J. (ed.), *Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands*. Leiden, the Netherlands: Backhuys Publishers, pp. 129-142.
- Pecharova, E., Prochazka, J., Wotavova, K., Sykorova, Z., Pokorný, J. 2004. Restoration of Landscape after Brown Coal Mining, In: *Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production*, Atilim University, Ankara, 299-304 pp.
- Pecharova, E., Hais, M., Svoboda, I. 2006. Changes in landscape energy balance as a result of different land use during three time periods. *Ekologia Bratislava*, 25, Suppl. 3/2006: 205-215.
- Pecharova, E., Hrabankova, M. 2006. A concept for reconstructing the post-mining region under the Lisbon strategy. *Ekologia Bratislava*, 25, Suppl. 3/2006: 194-205.
- Pecharova, E., Martis, M., Kasparova, I. 2008. Environmental Approach to Rehabilitation Methods of Landscapes Disturbed by Open Cast Mining, 10th Mine Water and the Environment Conference Poster Session, Karlovy Vary, Czech Republic. June 2-5, 2008.
- Pokorný, J. 2001. Krajina jako dynamicky, zivy system – clovek ridi toky energie, vody a latek v krajine (Landscape as a dynamic, live system – man controls the flows of energy, water and materials in a landscape) in Czech. – In: *Conference proceedings Tvar nasi zeme – krajina domova*. Prague, pp. 38-44.
- Ripl, W. 1996. Entwicklung eines Land-Gewasser Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewasser (Stor Projekt I und II). Tech. Univ. Berlin.
- Prikryl, I., Svoboda, I., Sklenicka, P. 2002. Restoration of Landscape Function at Area Devasted by Opencast Brown

- Coal Mining in the Northwest Bohemia. In: Ciccu R. (ed): Proceedings SWEMP 2002, Cagliari, Italy, pp. 361-365.
- Stys, S. 2002. Rekultivace Severočeske hnědouhelné pánve: Obnova krajiny (Reclamation of the North-Bohemian brown coal basin: Reconstruction of landscape). *Geografické rozhledy*. 12: 40-41.
- Trpak, P., Trpaková, I. 2002. Analýza funkčnosti krajiny na základě specifických vyhodnocení indikačních skic map a svazku stabilního katastru. In: Nemeč, J. (ed.), *Krajina 2002. Od poznání k integraci*. Ministry of Environment, CR, pp. 85-92.

Strategy for reconstructing the ecological and aesthetic functions of the Kladno region landscape disturbed by hard coal mining

**Miroslav Martis¹, Vladimír Zdržil^{1,2}, Ivana Kasparová¹, Ivan Svoboda³
and Emilie Pecharová^{1,2}**

¹ *Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Science, Department of Landscape Ecology Kamýčká 129, Praha 6 – Suchbát, Czech Republic*

² *University of South Bohemia, Faculty of Agriculture, Department of Agroecology, Section of Landscape Management, Czech Republic*

³ *R-Princip Most, Czech Republic*

Abstract

The strategy proposed in this paper is the outcome of a systematic effort to resolve problems linked to disturbances in the ecological and aesthetic functions of the landscape in the Kladno region due to long-term coal mining. These problems have become even more important since the discontinuation of these anthropogenic activities. With the closure of coal mining in the region, a number of questions have arisen which now require an intensive search for answers. The range of disturbances to the ecological and aesthetic functions of the landscape, and their current impact, need to be identified. Then gradual mitigation by natural ecological succession or by rehabilitation measures needs to be implemented. The proposed categorisation was developed from data collected in an analysis of landscape vulnerability. The classification has been verified in several pilot studies and projects, and strategies are presented here.

Key words: Hard coal mining; Landscape rehabilitation; Landscape functions; Landscape categorization; Restoration ecology; Classification of vulnerability.

1. Introduction

Since the early Neolithic settlements, the landscape in the Kladno region (Czech Republic, Central Bohemia) has been fundamentally affected by human activity. Anthropogenic factors have transformed the face of the landscape and, to a certain degree, disturbed its ecological and aesthetic functions. Since the mid 19th century, the Kladno region has been a fast-developing industrial region. It took only a short period of time for the

landscape to lose its original purely agricultural character and be transformed into an urban, industrial (mainly coal mining, iron and steel works) and agricultural area. The area referred to here is located in the western part of Central Bohemia, in the Kladno and Rakovník districts (Fig. 1).

The relatively flat relief of the area is the result of long-term post-Cretaceous denudation, which

* Corresponding autor; E-mail: martis@knc.czu.cz
Available online at: www.centrumprokrajinu.cz/jls/

had led to the formation of a peneplain already in the Paleogenic age. In some places, the relief is interspersed by Quaternary furrows made by minor streams. The average elevation of the area is around 360 metres above sea level. The hard coal reserves in the deposit are determined by seven mining areas in the Kladno-Rakovník Basin, which lie adjacent to each other. The total surface area of the mining territory is 42.8 square km.

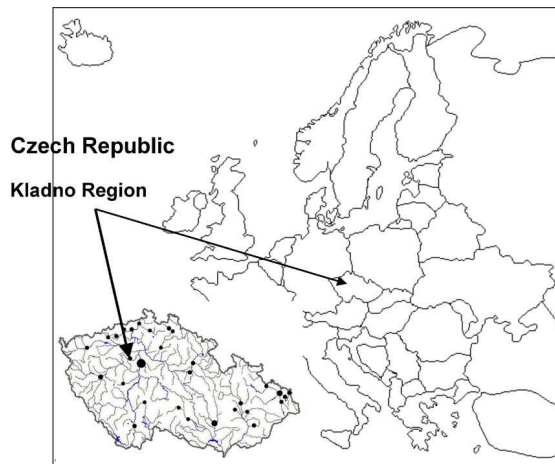


Figure 1. Location of the Kladno region in the Czech Republic.

The average annual output of the mines was about 2.5 million tonnes of coal before 1989 (Spudil, 1998). The volumes of the slag heaps were considerable, and various types of wastes and materials were deposited in them. The local iron and steel industry went into an overall decline after 1989. Reserves for about 200 – 300 years remain under the ground. It is an open question whether the abandoned coal seams will be opened again for extraction when global oil reserves are depleted (after 2040). The basic Kladno seam has been preserved almost in its entire area. The planned mine near Slaný was dug out but was filled in again before extraction began. Land-use planning should be carried out in a way that keeps areas available for potential future coal mining and waste rock disposal.

Underground hard coal extraction in the Kladno region has influenced the landscape on a much lesser geographic scale than, for example, opencast brown coal mining in North Bohemia.

The only opencast site in the Kladno region is the fireproof clay quarry near Pecínov. The negative impacts of the two mining territories on the ecological and aesthetic functions of the landscape are quite different in scale. Whereas remedial and reclamation actions often cover large areas of mining territory in North Bohemia, including surrounding areas of derelict land, the sites in the Kladno region are much smaller, rarely extending beyond 25 hectares. According to current knowledge, the only parts of the derelict landscape that seriously disturb the ecological and aesthetic functions of the landscape are the dumps and heaps of mining waste rock. Over time, about 150 heaps have been accumulated in the vicinity of approximately 200 coal pits in the landscape of the Kladno region. Most of these have been removed, flushed or almost entirely covered with urban and rural redevelopments. About 36 landscape neoplasms (heaps) are identifiable at the present time. The former Poldi heap is the most noticeable, and it also contains some hazardous wastes.

2. Methods

Ecological restoration is a process supporting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed (Kvet, 2006). Remediation has so far proceeded continuously in segments of the area not needed for further technological use. Local remediation measures are prevalent, without any broader spatial context. This approach, however, allows for no strategic treatment of large areas of land. The approach is termed mosaic-forming (Štýs, 1981). Until the mosaic is completed, however, the incorporation of the newly created landform in all its linkages into the surrounding landscape cannot be determined. A fully functional landscape cannot be created without incorporating the restored landscape into the ecosystems of the surrounding territories. Local remediation measures may help solve some component functions of the landscape (erosion protection, component water circulation, etc.) but not landscape function in all its aspects. The prerequisite for fruitful successive remediation is to reinforce the linkages with robust surrounding ecosystems (Sklenicka et al., 2002). The priority must therefore be to provide preconditions for the

future restoration of landscape functions, not merely to apply local remediation measures.

Above all, the goal of restoring a functional cultivated landscape involves: (Prikryl et al., 2001; Prikryl et al., 2002; Pecharova et al., 2004):

1. Restoration of water circulation in previously noticeably wet landscapes with a network of numerous minor watercourses and small water bodies, providing good conditions for a short closed water cycle;
2. Establishment of long-term functional ecosystems in areas directly affected by mining (mine waste dumps, heaps, piles, former mine workings and equipment), and support for and/or restoration of the historic continuity of valuable ecosystems typical for the Kladno Basin;
3. Support for and/or creation of strong linkages among the ecosystems, particularly links between ecologically valuable ecosystems and intensively man-exploited ecosystems (at present and in the foreseeable future);
4. Support for the ecological stability network, support for existing migration corridors for various classes of animals and creation of new corridors, reduction in existing barriers to proliferation and migration of living organisms, and reinforcement of the ecological stability of the landscape in respect of possible climate change in the foreseeable future;
5. Support for the ecological value of intensively man-exploited ecosystems (agriculture, public use, production, leisure, sporting, and other areas), and a proposal for new, comprehensive human uses of the landscape (recreation, sports, tourism, nature trails including accompanying businesses).

The strategy proposed for reconstructing the ecological and aesthetic functions of the landscape in the Kladno region disturbed by anthracite mining has been based on a selected segment of the landscape. The segment was the subject of a thorough analysis in 2004 and 2005. The collected data was evaluated and interpreted in relation to two crucial strategic documents at the regional level (the Central Bohemia Regional Raw Material Policy, and the Regional Nature and Landscape Conservation Policy). The main priorities and strategies were defined on the basis of documents

that have been formulated for easy incorporation into the Nature and Landscape Conservation Policy for Areas Disturbed by Hard Coal Mining.

The categorisation of landscape vulnerability and development feasibility stems from data and approaches gathered in the course of Czech Ministry of the Environment projects on “Landscape Management” and the “European Landscape Convention”, and uses a landscape vulnerability classification methodology verified in several pilot studies, projects, and strategies (Martis, 2006).

The system for classifying the ecological vulnerability of the landscape and the feasibility of development projects and strategies is based on a study of extensive original sources in the extraordinarily broad field of applied landscape ecology, key economic activities in the landscape, and the roles of the local and regional authorities and the public.

The following matrix classifies development effects in terms of ecological vulnerability and landscape capacity, based on the confrontation of landscape properties and activities planned for the landscape (Table 1).

3. Results and discussion

There are many definitions of the landscape from the legal, ecological, geomorphological, societal, and other points of view. Landscape may be perceived as a production space (in the economic perception), or may be a manifestation of an anthropocentric approach to the issue, where the essence is the exploitation of the landscape for man’s benefit, regardless of the ecological context and any harmonious relationship with the landscape. Typical activities asserted in this approach to landscape include agriculture, forestry, mining, and urbanisation. All these elements are significantly present in the type of the landscape that we are dealing with here. Irrational exploitation in the Kladno region has resulted in an excessive decline in natural or quasi-natural ecosystems in the landscape, or they have been transformed into human-conditioned ecosystems and entirely transformed ecosystems. At the same time, the cultural, historical and aesthetic values of the landscape have been damaged. In this case, man has subordinated the landscape function to an

	Biota endangerment – endangered species count	Biota richness	Biota uniqueness	Biodiversity source	Aggregate biota value	Impact on landscape face
1.	unimportant	poor	in no way unique	unimportant	of no significance	insignificant
2.	relatively low	rather poor	not significant	of little importance	below-average	unimportant
3.	significant	relatively rich	unique in a small part	one of the biodiversity sources for the vicinity	average	proportionate impact
4.	relatively high	relatively very rich	unique in a large part	significant biodiversity source for the vicinity	above-average	significant impact
5.	outstanding	outstandingly rich	biota is outstanding	fundamental biodiversity source for the vicinity	outstanding	defining impact

Table 1. Assessment of ecological vulnerability order and scales.

interest that has been given great priority for a period of just a few generations. This has resulted in ecosystems that lack the natural self-regulatory capacities.

The new concept of the remediation and reclamation plan follows up on the level of capacity acquired in this field, based on the so-called Czech Reclamation School. In accordance with holistic principles, it lays great emphasis on the principle of restoring a landscape as a whole and incorporating it functionally into the surrounding landscape types not affected by mining. The Mining Act obliges the mining organisation only to carry out remediation and reclamation work on defined mining territories, including dumps and heaps, whereas comprehensive landscape function restoration includes not only such areas but also other adjacent areas affected by the mining activities. The geographic scope of the landscape function restoration is thus, naturally, much greater.

In the case of anthropogenic creations such as heaps and dumps, one thus cannot refer to direct restoration of ecological and aesthetic functions. There is no reference point for restoration in this situation, as it is an entirely specific element in terms of landscape evolution – a man-made

geological landscape creation. The connection of such elements with the surrounding landscape, support for and stabilisation of their ecological parameters, and best of all, the restoration and stabilisation of the ecological functions of landscape containing such anthropogenic structures, are open for realistic consideration. Therefore, the affected part of the landscape must inevitably be treated as a whole, not per individual heap and dump.

Mining activities have a negative impact on the environment in areas where they are carried out. Total devastation is the most serious case. In the legal system of the Czech Republic, the remediation of such impacts is governed by the Mining Act (no. 44/1988 Coll.) in Section 31, Paragraph 5: ‘The organisation is obliged to arrange for remediation of all land affected by the mining. Land abandoned after the mining shall be reclaimed according to the Opening, Preparation and Mining Schedule.’ Furthermore, Section 32 states, ‘Reclamation shall mean the elimination of damage done to the landscape, by means of complete rehabilitation of the area and its structures.’ This obligation, however, only concerns so-called mining operation territories, not the surrounding areas that have been negatively

affected by the mining (Štys, 2002).

The existing Czech legislation provides quite good conditions for remediation that aims at future economic use of the reclaimed areas. Above all, actions on agricultural land resources and the Forestry Law receive marked preference. On the other hand, insufficient weight is placed on the crucial Nature and Landscape Conservation Act, especially in terms of practical application, resulting in insufficient support for landscape function restoration in the broad sense (Svoboda, 2002). Given that the current general trend in restoring the functional output of landscape disturbed by coal mining is to reinforce the ecological functions of the landscape, the concept of the existing Czech legislation is not entirely adequate.

The need to assess the ecological functions of landscape is an acute issue in landscape management, and one of the priorities in environmental research. This is due to the global impacts of human activity on the biosphere and also the immediate impacts at regional level. The specific regional conditions are so varied that findings from abroad cannot merely be transferred, but each country runs its own research in the field (Ripl, 1995; Klarel and Moldan, 1997; Pechar et al., 2004).

Using a holistic approach, the functional ecological characteristics of landscape (Ripl, 1995) can be defined as follows:

1. The ability of the vegetation cover to dissipate solar energy to damp down large energy pulses;
2. The ability of biocenoses to retain large amounts of water and organic matter, particularly in soil;
3. To compensate fluctuations in water depletion and prevent depletion of dissolved and suspended substances.

Of course, one cannot expect the restoration of any landscape to its state before the start of the mining activities, or to its state when the early farmers arrived. However, principles can be applied which have a positive functional impact on landscape functionality and are at the same time implementable under present circumstances by available eco-technological means. The water management function of a landscape – in other

words, the retention of water in a landscape by newly created elements – should be the priority criterion in strategic planning for any landscape, and the Kladno Basin is no exception.

Land reclamation covers not only recovery of soil damaged by devastation, but also other land uses from the perspective of restoring a given previous function or potential of the area to perform that function. An attempt to restore the functional division of a landscape prior to the devastation is a negation of landscape evolution. However, the newly created reclaimed landscape should provide the potential for land use roughly equivalent to that before the devastation began. The current quality of reclamation works should be such as to provide economic or social benefit from a reclaimed area comparable to the benefits from non-devastated areas (Sirina, 2003; Pecharova and Hrabankova, 2006).

Complex landscape restoration must be grounded in the contemporary approach of interlinked landscape wholes. The so-called island theory, one of the fundamental theories for territorial ecological stability systems in the Czech Republic, can be applied in the case of the Kladno region. This theory has been applied to a post-mining landscape by Cibulka (2002); who chose brown-coal basins, but it is easily applied to smaller landscape structures such as rock dumps and heaps. In this case, a heap is considered as a 'mining zone' very often burdened by industrial contamination (landfills, remnants of buildings). The entire system acts in the landscape as an island inserted in the historic agricultural landscape, cultivated by farming practices since Neolithic times. The landscape is characterised by reduced forest cover, a high proportion of field cultures, noticeable dewatering, and last but not least, a significant number of historical structures and other local heritage areas, including archaeological sites.

A rock dump island, however, is not a remnant patch of a functional landscape (in contrast to a field thicket, water reservoir, etc.) On the contrary, it is a new structure in the 'sea' of the Central Bohemian historical agricultural landscape. According to the island theory, it is therefore classified as a newly-created island without a stabilised biota. For this reason, these landscape elements cannot be incorporated easily and out-of-hand into the territorial ecological stability

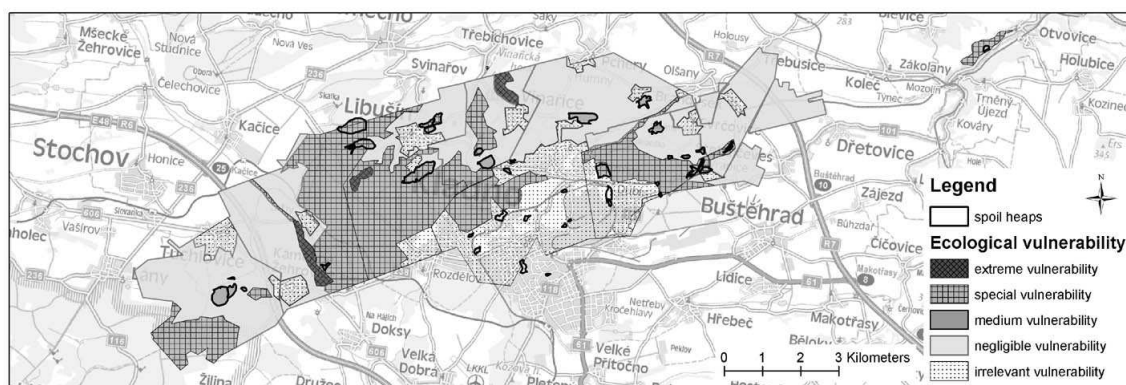


Figure 2. Map of spoil heap ecological vulnerability

networks that link them forcefully to the other elements that have been evolving for centuries or more.

Classification of the monitored landscape elements (islands) – heaps left by anthracite mining:

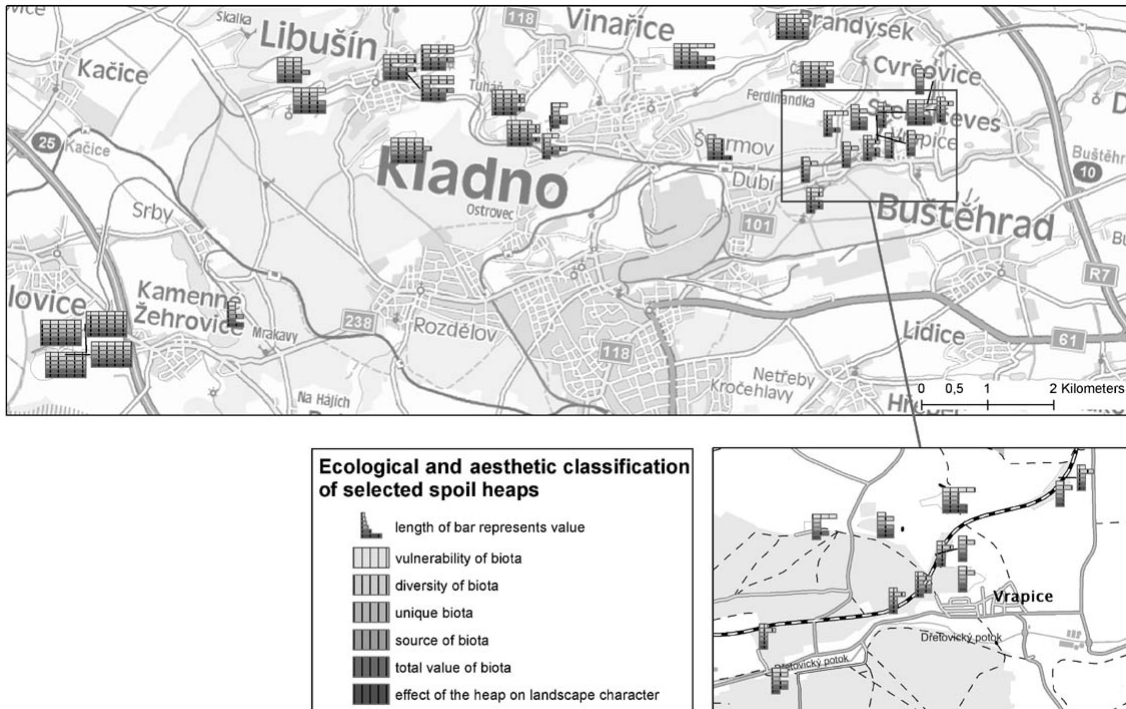
1. Heaps beyond the jurisdiction of the Czech Mining Act, without substantial ecological problems;
2. Heaps beyond the jurisdiction of the Czech Mining Act, with substantial ecological problems (erosion, toxic substrates, instability, burning core, possible re-ignition, surrounding terrain sinking, etc.);
3. Heaps within the jurisdiction of the Czech Mining Act, without substantial ecological problems;
4. Heaps within the jurisdiction of the Czech Mining Act, with substantial ecological problems (erosion, toxic substrates, instability, burning core, possible re-ignition, surrounding terrain sinking, etc.)

The basic scale used in the matrix classifies the level of landscape ecological vulnerability from extreme, to special, medium, negligible and finally to irrelevant. The feasibility of development consent, on the other hand, is classified from impossible to conditional to full. See the map of spoil heap ecological vulnerability (Fig. 2).

Emphasis was placed partly on an overall ecological assessment of the biotic constituent of the Kladno landscape sites, and partly on the aesthetic parameters of the sites and an assessment of the effect that the individual heaps have on the face of the landscape. The assessment of the biotic constituent builds on an analysis of field examinations of selected taxons – vascular plants and fungi, certain classes of vertebrates (amphibians, reptiles, birds, some mammals) and an indicative class of invertebrates (butterflies). The landscape assessment proceeded from a survey of experts.

A five-degree scale was applied in all cases (1 = worst; 5 = best) with the grades distinguished graphically in cartograms (Fig. 3). With its graphical palette, the scale orientation selected here should fulfil a signalling function for further deliberation on landscape management of these sites and the adjacent territories. Taking into account the relative sizes of the sites (heaps) within the examined territory, different histograms were used to plot the classification results for the different sites.

The purpose of the categorisation is not to block a significant part of the landscape for development, but rather to create support for a better perception of the specific features of each site, its unique values, and to promote development in the area that will be realistically ecologically tolerable and will preserve the genius loci.



Heap no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	17	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	36
Biota endangerment	5	1	3	3	5	1	4	1	1	3	2	1	1	1	4	4	1	1	2	1	1	1	1	1
Biota richness	5	1	3	3	4	4	4	1	1	2	2	2	2	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1
Biota uniqueness	5	2	4	4	4	4	3	3	2	5	2	2	1	1	4	4	1	1	2	1	1	2	1	4
Biodiversity source	5	1	4	3	4	4	3	2	2	5	1	2	1	3	4	4	1	1	4	1	1	1	1	4
Aggregate biota value	5	1	4	3	3	3	4	2	2	4	2	2	1	2	4	4	1	2	3	1	1	2	1	3
Heap impact on landscape	5	2	4	3	3	3	3	1	1	5	3	1	1	1	3	4	1	2	3	1	1	1	1	4

Figure 3. Ecological and aesthetic classification of selected spoil heaps.

Most of the heaps in the region are burnt through. The chemical composition of their material differs substantially from the original state. The burnt rock is reinforced, often baked to clinker. The heaps are taken apart piece by piece, and the material is used for road repairs. Certain toxic and even radioactive substrates remain a risk, e.g., in the dismantled heap at the Československé Armády mine; heaps that are not burnt though are also hazardous, as they may self-ignite. In addition to the heaps, the strong mineral waters that have

created travertine and other cascades are of interest. The cascade at the Ronna mine has disappeared completely, while the cascade at the Schoeller mine is disappearing.

There are continuing attempts to use the heaps for material disposal. Even inert materials are unsuitable, however, such as the materials from construction digging in Prague that have been deposited at Brandysek. Holes have been dug in the Ronna mine for depositing wastes. In the process of incorporating the heaps into the surrounding

landscape and creating functional landscape wholes, technological stabilisation of the heap clearly has priority over biological and ecological interests. This means that in the case of a Type 2 heap, the area should primarily be stabilised by the current owner or trustee, and then ecological treatment can take place. In the case of a Type 4 heap, the primary stabilisation responsibility lies with the mining company.

In the case of heaps with substantial security and stabilisation problems, technological treatment is clearly a priority over biological reclamation needs – the respective professionals should form part of the technological expert teams and help to seek technologically appropriate solutions that will be beneficial to the future landscape.

4. Conclusions

The adverse impact of the heaps in the Kladno region is not on a large scale, and the heaps themselves do not have a significant negative effect on the landscape functions. The frequently cited negative characteristics of the heaps are overstated (ecological consequences of burning). They are limited to special cases which may be controlled (dustiness), surpassed by other biotopes (weed encroachment), or may depend on the assessor's background (aesthetics).

The industrial zones in the area and the related roads have more profound negative impacts. Heaps do not constitute significant ecological barriers in the landscape, so that they are of negligible importance in comparison with motorways, for example. On the other hand, the natural value of the heaps is surprisingly high, even when compared with the conserved segments of the Kladno region.

Our experience of applying the method proposed here has proven rather conclusively that our landscape classification system is capable of performing the role of a credible expert platform for the formalised processes of Environmental Impact Assessment (EIA), Strategic Environmental Assessment (SEA) and Integrated Prevention and Pollution Control (IPPC) for the purposes of standardised approval procedures within the jurisdiction of construction, water management and mining law, for routine decision-making procedures in public administration, and in

economic contexts.

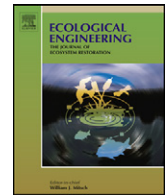
Acknowledgements

The work has been supported by research projects of the Ministry of Education, Youth and Sport of the Czech Republic MSM 6007665806 and NPV2 2B08006. Our special thanks to Mr. Jiri Cibulka of the Ministry of the Environment for his long-term support for our activities.

References

- Cibulka, J., 2002. Identifikace základních parametru Komoranského jezera a jeho vývoje podle starých map. In: Nemeč, J., (Editor). *Krajina 2002. Od poznání k integraci*. MZP CR, Praha, pp. 11-19.
- Klarer, J., Moldan, B., 1977. *The Environmental Challenge for Central European Economies in Transition*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- Kvet, J., 2006. Obnova funkce ekosystému. – *Zpr. Ces. Bot. Spolec.* 41, *Materialy* 21: 39-46.
- Martis, M., 2006. Methodological principles of classification of landscape vulnerability and feasibility of development projects, *Ekologia Bratislava*, 25, Suppl. 3/2006: 124-143.
- Pechar, L., Pokorný, J., Procházka, J., Wotavova, K., Pecharova, E., Svehla, J., 2004. Vliv vegetačního krytu na disipaci energie a vodní režim v krajině – dopady na interakce biotických a abiotických složek v povrchových vodách. In: Vozenilková, J., (Editor). *Agroregion 2004 - Proceedings*, Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice. Ceske Budejovice: JU, ZF, Vol. 21, ser. Crop Science, pp. 249-255.
- Pecharova, E., Procházka, J., Wotavova, K., Sykorova, Z., Pokorný, J., 2004. Restoration of Landscape after Brown Coal Mining. In: Pasamehmetoglu, A.G. (Editor). *Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production - SWEMP 2004*. Atılım University, Ankara, Turkey, pp. 299-304.
- Pecharova, E., Hrabankova, M., 2006. A concept for reconstructing a post-mining region under Lisbon Strategy. *Ekologia Bratislava*, 25, Suppl. 3/2006, 194-205.
- Prikryl, I., Kopejsko, J., Pecharova, E., Pokorný, J., Prchalova, M., Sklenicka, P., Svoboda, I., Trpak, P., Vlasak, P., 2001. Obnova funkce krajiny narušene povrchovou těžbou na příkladu Sokolovské panve. *Sborník konference Tvar naší země - krajina domova*, sv. 6, pp. 110-112.
- Prikryl, I., Svoboda, I., Sklenicka, P., 2002. Restoration of Landscape Functions in an Area Devastated by Opencast Brown Coal Mining in Northwest Bohemia. In: R. Ciccu (Editor). *Proceedings SWEMP 2002 (7th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production)*, Cagliari, Italy, pp. 361-365.
- Ripl, W., 1995. Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control – the Energy – Transport Reaction (ETR) Model. *Ecological Modelling*, 78: 61-76.
- Sirina, P., 2003. Rekulivace území a recentních krajinných prvku – technická a biologická rekulivace. *Sborník*

- z pracovní konference s mezinárodní účastí: Strategie obnovy hornické krajiny. Ostrava. <http://www.hgf.vsb.cz>
- Sklenicka, P., Bejcek, V., Prikryl, I., 2002. Využití procesu přirozené sukcese při obnově krajiny po těžbě nerostu. Sborník konference Tvar naší země. Rehabilitace krajiny. Praha a Píluhonice, pp. 60 – 62.
- Spudil, J., 1998. Studie možnosti využití odpadních hald po těžbě. MS GET. Praha.
- Stys, S., 1981. Rekultivace území postížených povrchovou těžbou nerostných surovin. STNL, Praha.
- Stys, S., 2002. Rekultivace Severočeske hnedouhelne panve: Obnova krajiny, 12: 40-41.



Landscape memory and landscape change in relation to mining

Jan Skaloš*, Ivana Kašparová

Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Department of Landscape Ecology, Nám. Smičických 1, 281 63 Kostelec n.Č.L., Czech Republic

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 February 2011

Received in revised form 24 June 2011

Accepted 9 July 2011

Available online 24 August 2011

Keywords:

Landscape change

Landscape memory

European Landscape Convention

Mining

Czech Republic

ABSTRACT

Even if a landscape is characterized by the occurrence of no particular natural or cultural attractions, it is of undeniable cultural and historical value since it documents a long-term relationship between humans and the place where they have spent their lives. One way to identify and quantify the values of normal, unexceptional types of landscapes is by using the concept of the physical storage structure of landscapes. The elements of physical storage structures, natural landscapes and cultural elements of landscape, and the location and method of cover remain relatively constant over time. The proposed principle for determining the landscape memory structure can be a suitable procedure for identifying and quantifying the values of so-called “ordinary” cultural landscapes according to the European Landscape Convention. However, it should be stressed that the use and meaning of the term “landscape memory” is strictly purposeful and rather metaphorical what does this mean – purposeful and metaphorical is a combination that needs to be explained in this paper. The study was conducted in the Stičany cadastral territory (159 ha), located in an intensively cultivated cultural landscape in the Pardubice Region. The definition was made on the basis of an interpretation of the Stable Cadastre maps and aerial photographs as surface, line and point elements of the landscape structure, with minimal variability of the characteristics over the period from 1839 until 2002. The largest proportion of the landscape memory consists of arable land (76.1% of the arable land in 1839 was still arable land in 2002), which confirms the priority of arable landscapes as long-term agricultural activities. A large proportion of the landscape memory is formed by built-up areas and communications (43.3%). The least stable areas are permanent grasslands (only 9.7% of the grassland survived the period from 1839 to 2002), which means that there have been big changes within this category. Only 16.1% of the areas of permanent landscape structures retained the same covers throughout the period. The cover in more than one half of the area (59.8%) remained the same in the period from 1839 until 2002. The character of the cover of 39.4% of all surface features of the landscape changed in this period. Almost two-fifths of the land area “lost its memory” over a period of more than 160 years. Our study also demonstrates and quantifies the impact of mining on loss of landscape memory.

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

1.1. Landscape history in the Czech Republic during the last 200 years

The Czech cultural landscape has experienced a dynamic history full of dramatic reversions and changes. This section provides an overview of the basic landscape development periods according to various authors (Lipský, 1995, 1998, 2000; Sklenička, 2003; Löw and Míchal, 2003; Sýkora, 1998). The first section will present an overall summary of landscape development in the Czech Republic, followed by a detailed insight into landscape history during the

last 200 years. Landscape development has been described through defining cultural landscape periods indicating changes in society and in the environment. This is the traditional systematic way, but it must be emphasised that the development has been gradual.

In the first half of the 19th century, the Industrial Revolution began in Europe. This led to the first significant impacts on landscape. Up to this time, human activities had been estimated as being in balance with natural processes, creating what we refer to as a “harmonic cultural landscape”. Despite rapid industrialisation at the turn of the 20th century, the cultural landscape was still regarded as diverse and harmonic even during the 1930s and 1940s (Lipský, 2000; Sklenička, 2003). The first land reform in 1918 did not have a negative impact upon the land cover, though it broke extensive properties down into small properties.

The end of WWII is taken as a turning point for Czech society and also for the Czech landscape. This is also true for the whole

* Corresponding author.

E-mail address: jskalos@seznam.cz (J. Skaloš).

of Europe. Modern technologies in agriculture began to develop, along with intensification and specialisation. There have never been such pronounced changes in landscape prior to 1945. After the Communist Party took power in the former Czechoslovakia during the Putsch in 1948, these changes were characterized by large-scale Soviet-style farming, with agricultural co-operatives (inspired by Soviet kolkhozes) as major agricultural land owners. Collectivisation of agriculture is one of a number of significant actions in the history of the former Czechoslovakia after 1945 that left great marks, not least on the face of the Czech cultural landscape. Czechoslovak collectivisation officially began in 1951 (Jech, 2001). Apart from its political, economic and landscape-ecological consequences, collectivisation also had negative implications from the sociological point of view, due to severe repression of private landowners. Many of them were bound with duties, imprisoned, or punished in other ways. Duties set up by the local authorities refer to compulsory excessive supplies of food products. When these unrealisable duties were not met, farmers were imprisoned (Jech, 2001; Ptáček, 2006). The so-called Velvet Revolution in 1989 brought about new economic and social conditions as a framework for developing the institutional framework, and had an impact on landscape covers.

According to several authors, the period from 1948 until 1989 can be further subdivided into a number of phases. For example, Sýkora (1998) distinguishes the following periods: (1) Socialist Collectivisation (1950–1970), (2) Concentration of agricultural production (1970s–1980s). Doucha (2001) in Löw and Míchal (2003) mentions more events in the landscape history of former Czechoslovakia:

- (1) Displacement of the German population from the Sudety Region and subsequent resettlement by Czechs (1945–1948),
- (2) First phase of collectivisation (1950s),
- (3) Second phase of collectivisation (1970s),
- (4) Land consolidation in cadastral areas (1970s–1980s),
- (5) Negative compensatory land reclamations (mainly 1970s–1980s),
- (6) Designation of specifically protected areas (mainly within the second part of the 20th century),
- (7) Ecological disasters in the mountain forest ecosystems (mainly in the 1980s).

The period after 1989 can be characterized by land restitution, political contention, national environmental protection policy, and comprehensive land consolidation.

1.2. Surface mining

Surface mining has affected the study site landscape since 1930. Brick-clay has been mined, and a brick factory was set up in 1906 (Roček, 1926). Around the village of Stičany, there were several brickworks, e.g. in Tuněchody, Úhřetice and Rosice. Of these, only the brickworks in Úhřetice have remained in operation until the present time. Brickworks have exploited thick deposits of loess in the area, thus forming a functional connection between the landscape and the people living in it (Kopista, 1919; Roček, 1926; Štěpán, 2001). The territory of the brickworks was extended, and houses and the mine pit also grew in extent. A detailed study was undertaken by Skaloš (2006). While the total area of the brickworks, including the territory affected by mining, occupied some 3% of the cadastral area of Stičany in 1937, it occupied almost 10% in 1983, and 9% in 2002. The largest area of mine pits as such, occupying 1% of the Cadastral area of Stičany, dates back to 1966.

1.3. Old cadastral maps and aerial photographs as source data for studying landscape history

In general, the selection among old maps for studies of landscape change depends on when they were elaborated, their scale and the purpose of the study. Land cover analysis is often based on cadastral maps, which were generated in the course of the 19th century in almost all of the European countries. They are reliable and detailed, and can be used for evaluating the landscape microstructure. The oldest database layer of land cover and changes in cover (LUCC) was created on the basis of data from the Stable Cadastre, which was set up in the territory of the Habsburg Monarchy in the first half of the 19th century (Bicík and Kupková, 2002; Jelecek, 2002; Bicík et al., 2001; Bicík, 1998, 2004). Cadastral maps have been used for evaluating changes in land cover in Slovenia (Rajsp et al., 1995; Petek and Erbanec, 2004), in Germany (Bender et al., 2005), in Sweden (Cousins, 2001), in Norway (Domaas, 2007; Hamre et al., 2007), and also in the Czech Republic (Trpák and Urbanova, 1984; Figala et al., 1985; Trpák and Trpáková, 2002; Trpáková and Trpák, 2005; Sklenicka et al., 2009).

The importance of aerial photography in landscape research is comparable to the invention of the microscope in biology (Míchal, 1994). The application of aerial photographs is quoted as providing the initial impulse in the process of establishing the field of landscape ecology (Troll, 1939; Finley, 1960; Howard, 1970; Ihse, 1995). Landscape changes can be quantitatively measured on the basis of an interpretation of aerial photographs (Fuller, 1981). In the case of spectrozonal aerial photographs, we can also analyse qualitative changes. The works mentioned above show that aerial photographs have become a relevant source of data in landscape change research over the last 40–60 years (Skånes, 1996; Lipský, 2000). The Czech Republic owns a large collection (circa 800 000 items) of aerial photographs that are located in the Military Geographical and Hydrometeorological Archive in Dobruška. It is based on systematic black and white aerial photographic monitoring of the territory of the country from 1936 onwards at intervals of 5–7 years (Sklenička, 2003; Lipský, 2000). However, aerial photographs from the pre-war period do not include items from the border territory. The most common scale is 1:10 000–1:25 000.

1.4. Landscape memory as a concept for identifying “ordinary” landscape values

The proposed principle for determining the landscape memory structure can be a suitable procedure for identifying and quantifying the values of so-called “ordinary” cultural landscape according to the European Landscape Convention (Weber et al., 2004). This convention was signed by the Czech Republic in 2002, ratified by Parliament and came to force on 1 October 2004. Article 2 – “Extent” states that “subject to the provision of Article 15 this Convention shall be applied to the whole territory of the Parties and shall cover natural, rural, urban and suburban areas. It includes continental land surfaces, inland water surfaces and sea areas. It concerns, on the one hand, landscapes that may be considered to be remarkable, and on the other hand also ordinary and eroded landscapes. Pursuant to the Convention, the signatories also bind themselves to further collection and analysis of landscape data (typology, changes including covers, characteristics) including raising awareness of landscape values”.

1.5. Definition of “landscape memory”

The Dictionary of the Literary Czech Language defines memory as the “ability to keep precepts and recall them” (Anonymous, 1994). Sádlo (1994) states that landscape memory is the ability

“to regenerate the former state.” The word ‘remember’ consists of a prefix “re” meaning repetition of an action, something that keeps happening again and again, and “remembrance” is a thought process (Machek, 1971). Sklenička (2003) defines landscape memory as the ability to retain some landscape attributes, but also as the ability to regenerate these attributes. We refer to the existence of landscape memory in the case of physical landscape attributes, and also to the existence of a so-called intangible landscape memory. *Genius loci* is thus, among others, a consequence of landscape memory. So-called “loss of landscape memory” has recently become a topical concept (Cílek, 2002). The basis of landscape memory – tangible landscape memory is formed by so-called permanent landscape structures. In this work, these structures are considered to be those natural and cultural landscape elements that are characterized by relative constancy of location and constancy of cover over a period of time. Landscape memory has four aspects – relief, locality, land-cover/land-use, and human factors (Cílek, 2002).

However, it should be stressed that the use and meaning of the word “landscape memory” is strictly purposeful and rather metaphorical? in this paper. Above all, it has nothing to do with any claimed ability of landscape to remember, as only life forms can remember. The term memory rather refers to the ability of old maps that describe historic and present-day landscapes to record what was and is there. Landscape memory is a similar concept to computer memory. It is a store of information that can be accessed by a user. GIS technology then provides ideal technical instruments that enable us to determine landscape memory elements based on the use of old maps and aerial photos.

The objective of the work is to identify and make a spatial determination of the elements of the so-called tangible memory structure of a model territory in the cadastral district of Stíčany, as a basis for determining and quantifying the values of so-called “ordinary” cultural landscapes. Future follow-up activities will include an assessment of the current state of the landscape memory elements, a definition of their target state, and possible management and education methods aimed at protecting and caring for a historical cultural landscape which is a part of our cultural heritage. Protection of these elements within the nature and landscape protection process is also important, since some landscape memory elements form ecologically relatively stable ecosystems in the landscape that perform numerous ecological, aesthetic, ameliorative and other functions (Kolařík, 2003).

2. Methods

2.1. Description of the study site

The tangible landscape memory was identified within the framework of the cadastral district of Stíčany (159 ha), see Fig. 1. The cadastral district provides a satisfactory way to determine a territorial zone, because it is a historically continuous territory, and also a unit in the administrative state structure for the purposes of various kinds of data (graphic, statistical, texts, etc.) The cadastral district of Stíčany is situated in the area of a so-called old cultural landscape (Lipský, 1998), which has been populated since neolithic times, thanks to the suitable natural conditions. Despite considerable monotony of the landscape (arable land is prevalent), other landscape elements are also represented to a limited degree (e.g., permanent grass stands, water areas, non-forest wood areas, etc.)

The bedrock in the study area dates back to the Mesozoic Period, and especially to the Cretaceous Period. It is composed of sedimentary rocks such as arenaceous marlstone and marlstone, together with some sandstone. The upper layers of the Quaternary – Pleis-

tocene Period contain eolian sediments such as loess and loess loam. Due to the thick layers of loess, it was possible to set up several types of brickworks here (Kopista, 1919; Roček, 1926). This sort of bedrock leads to the formation of the most fertile soils of all, e.g. black earth. The Stíčany study site lies on the borderline between black earth and brown earth. Brown earth is found further to the south (Tomásek, 2000).

The study site is located in an open plain landscape which once formed the bed of the shallow coastal waters of the Cretaceous sea. This substantially influenced the formation of the bedrock, the soils and also the terrain characteristics, which have in turn influenced the fauna and flora, including man. As was mentioned above, the study area lies in the border zone between the East Bohemian plain (Východočeská tabule) and the undulating or hilly Czech-Moravian highlands (Českomoravská vrchovina) geomorphologic subschemes (Vítek, 2002).

The climatic conditions in the Pardubice Region are strongly influenced by its location in the centre of Europe. A continental type of climate (warm summer temperatures in contrast to low winter temperatures) tends to affect this territory. The transitional zone between oceanic and continental weather, together with the local orographic conditions, jointly influence the climate in the study area (Faltysová, 2002). The study site is situated in the Slightly Warm zone (Nováková, 1991). The annual mean temperature is 8.2 °C. The total annual rainfall is 622 mm. The vegetation season starts on March 26 and lasts a total of 226 days (Faltysová, 2002).

2.2. Data sources

For the purposes of this work, we made use of the map of the Stable Land Registry from 1839 on a scale of 1:2880 (COSMC, 2002). The Stable Land Registry was produced between 1825 and 1843, for the purposes of net land taxation on the territory of the Cisleithan (Austrian side of the river Leitha) part of the Habsburg Monarchy. Thanks to the detail and the large amount of information which it provides, it is considered a fundamental historical source (Fig. 2).

Aerial photography from 2002 (District Authority, 2002) was borrowed. This was standard true-colour photography taken on a sunny day in May 2002 for other purposes of the district authority.

2.3. Data processing

Old maps and an aerial photo were scanned at high resolution (900 dpi). This was necessary due to the high requirements for interpretation purposes and the quality of the old maps. The raster data were transformed in TopoL XT 8.0 GIS software, using the affine transformation (Hamre et al., 2007) to the S-JTSK Krovak East North coordinate system. The transformation was undertaken on the basis of using identical points for the old map and the aerial photograph. The final resolution of the georeferenced aerial 2002 photo was approximately 30 cm. Since the Stíčany study site is characterized by a relatively dense human-made infrastructure, the number of identical points was high enough to achieve a satisfactory level of transformation accuracy.

The transformed data were vectorised using ArcView 9.2 GIS software. For each time horizon (1839 and 2002), the landscape elements were distinguished visually according to the land cover type. Vectorisation of aerial photographs always leads to some inaccuracies, because the borders of the different land cover categories are not clearly distinguishable. For example, particular elements of non-forest wood polygons were distinguished according to the treetops, though this means that an area of grassland right below the treetop will be included in the category of non-forest wood elements. However, as this is rather a miniature area, the final error is

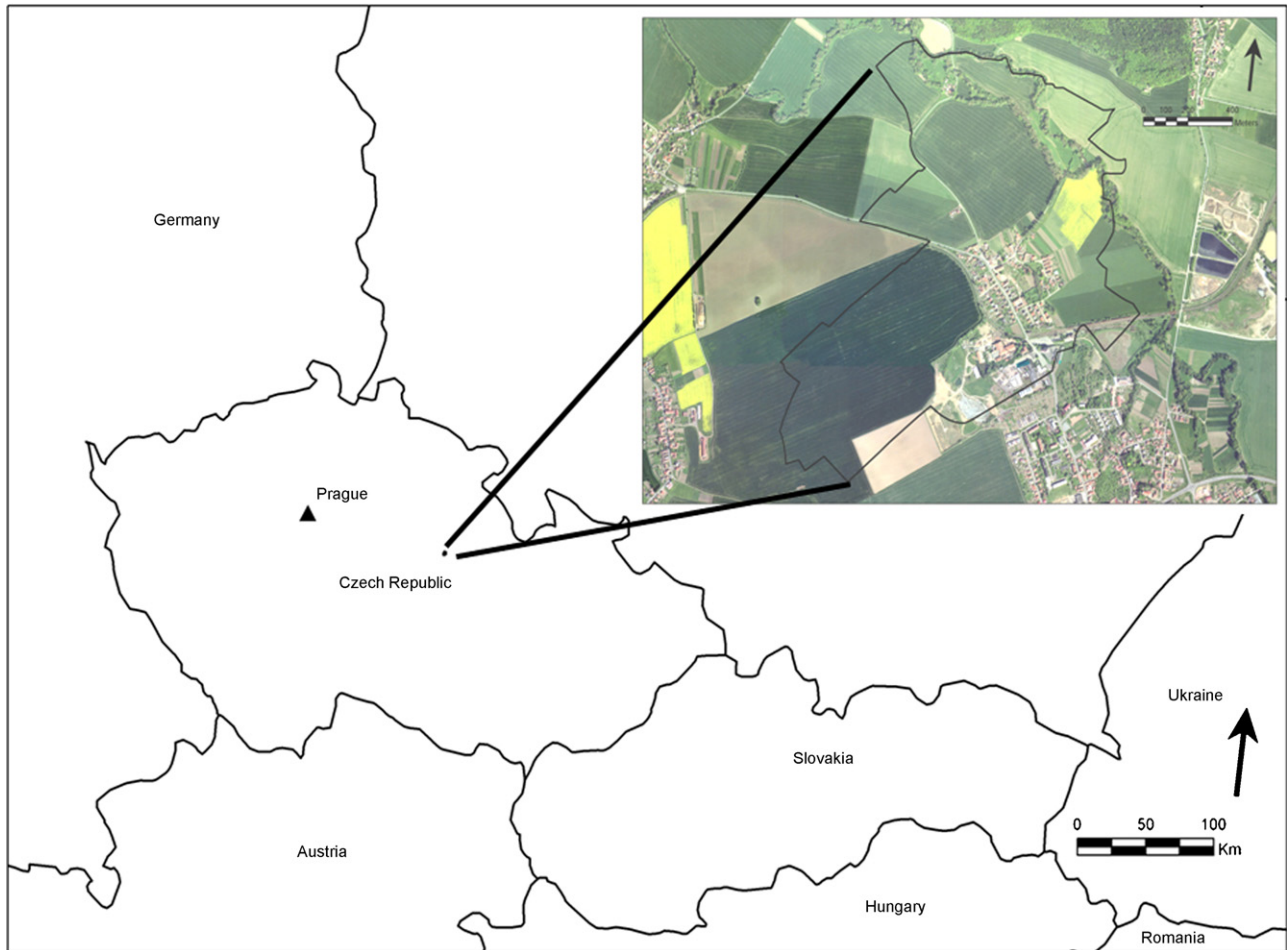


Fig. 1. Location of the study area.

negligible. To avoid statistical discrepancies, the minimum polygon size was corrected.

After the landscape elements had been digitised in accordance with the classification system, the area in square metres and the perimeter in metres were calculated in the database table for each polygon. Then, polygons smaller than 10 m² were excluded in order to avoid numeric distortion of the results. This rather small minimum limit was set because there are very small polygons (e.g., a solitary tree in the landscape) that refer to some 10 m², but which are still relevant for the study. Finally, basic time-space analysis using the Arc View 9.2 software tool was undertaken and basic land cover change statistics were calculated. The tabular data were processed in Microsoft Excel 2003.

2.4. Methodology for determining the landscape memory structure

Natural and cultural landscape elements with a relatively unchanging location and type of cover over a period of time form elements of the landscape memory structure. What is important is not stability in terms of permanence of ecological relations, as in the concept of ecological stability (Míchal, 1994), but rather stability of the structural characteristics (location, surface area) and the type of cover.

To determine the stability of memory structure components, the following criteria have been applied:

- Stability of structural characteristics in time and
- Type of cover.

2.4.1. Types of land cover

The land cover typology follows the classification of the cadastre. Though the definition of parcel use has changed there in the course of time, as the role of the cadastre was transferred from evidence of sources for taxation purposes to evidence of ownership, it retained the primary land cover classification. The Stable Cadastre had a more detailed definition of land cover. For the purpose of this land cover study is classified by the categories set for the present cadastre (COSMC, 2007). This study merges certain cadastral categories into more general types of gardens and grassland. The types of cover are set as follows:

- **Built-up areas:** cadastral type of parcels with a building or a paved surface.
- **Gardens:** cadastral type of parcels used continuously for growing vegetables, flowers and other garden plants, usually for private consumption, and/or parcels continuously planted with fruit trees/bushes, usually in connection with residential and farm buildings, and orchards.
- **Grassland:** cadastral type of grass-grown parcels used for hay harvesting, grazing, or for future use but currently left uncultivated.
- **Arable land:** cadastral type of parcels used for regular growing of grain, root-crops, forage-crops, technical crops and other

agricultural crops. It also may be temporarily cultivated as meadow with perennial forage.

- **Other areas:** all parcels that do not fall into cadastral types defined as arable land, hopfields, vineyards, gardens, orchards, permanent grassland, forest, water body or built-up area.
- **Roads:** cadastral type of other area, the use of which is defined by the cadastre as road, highway, other communication, or other communication surface – e.g. a park lot.
- **Non-forest wood elements:** the only type not defined by the cadastre. All the wood elements growing outside the official category of the forest land according to the present cadastre (COSMC, 2007). This comprises linear as well as patch wood elements. For the purposes of this study, it comprises parcels where trees or bushes (not fruit bushes) grew on meadows in the Stable Registry. Sites where at present trees or bushes grow on parcels with cadastral type arable land, water body or grassland.
- There were and are no forests in the study area, so the forest land cover type is not found here.

Landscape memory elements were identified by interpreting maps of the Stable Land Registry and aerial photographs (Ihse, 1995; Sklenička, 2002; Skaloš, 2006) as spatial and linear elements of the landscape structure with minimum variability of location, and the type of cover in the course of the historic period from 1839 to 2002. GIS tools can be used advantageously to determine the landscape memory elements, in particular analytical tools (function intersection within the scope of the geo-processing wizard). Using this function, the ArcView 9.2 program can select those polygons that remained unchanged during the period from 1839 to 2002. This process results in the creation of an independent polygon layer which displays the unchanged, permanent landscape components that form the tangible landscape memory.

2.5. Quantification of the landscape memory

GIS tools enable the user to quantify changes in the representation of a tangible memory structure element and to apply several aspects of assessment. After the individual landscape memory elements were identified using this methodology, their area was determined, and finally the following characteristics were calculated:

- The representation of all categories forming the landscape memory as compared to the study site area in 1839, in %
- The representation of particular land cover categories forming the landscape memory as compared to the study site area in 1839, in hectares and %
- The representation of so-called ecological land cover (gardens, grasslands and non-forest wood elements) forming the landscape memory as compared to the study site area in 1839, in %

This assessment method enables us to determine and characterize those land cover elements that participate most in the formation of the landscape memory structure and that have a relatively permanent character in the landscape. On the basis of this information, an assessment can be made of the dynamism of the changes in a given territory. On the one hand, we can determine the elements that are most stable and that are liable only to minimal changes thanks to relatively small pressure from anthropogenic use. On the other hand, we are also able to determine the landscape elements that are exposed to dynamic changes due to anthropogenic pressure. Within the scope of a discussion, an analysis of the situation can be carried out and an attempt can be made to discover why

there is so much human interest, or so little human interest, in these parts of the landscape.

3. Results

The landscape in the study area has undergone changes in land cover (Fig. 3 and Table 1), which have affected the landscape memory structure. Built-up areas, grassland and non-forest wood elements are among the categories that have changed considerably. Fig. 3 shows that “built-up area and other” land cover, together with “industrial” land cover grew 8-fold from 1.3 to 10.7%, mostly at the expense of grassland (decreased from 17.6 to 5.9%), and gardens (decreased by 1.8% from 4.0 to 2.2%). Unlike this decrease in ecological elements, the “non forest wood” land cover propagated approximately 4 times from 1.8 to 8.0%. Figs. 5–7 provide the absolute representation and the percentage representation of the landscape memory elements, in hectares, including an absolute comparison with the area that had the same land cover types in 1839. Referring to the land cover changes in Fig. 3, all landscape memory elements in the individual land cover categories decreased, as presented in Fig. 5a and b. In absolute terms, 27 ha of landscape memory elements used as arable land were turned into other land cover, and similarly 25 ha of grassland ceased to form the landscape memory. Fig. 6 then shows an overview of the proportional changes of the individual landscape memory elements, as compared to Fig. 7, which provides information on the proportion of ecological landscape structures. In this way, the figures show the degree of stability and maintenance of the components of the landscape structure. Fig. 6 also enables us to make a mutual assessment and comparison of the individual landscape memory elements. It also shows that non-forest wood elements are the most stable elements in land cover and location (83.6% of the category in 1839 persisted throughout the period until 2002) and are therefore stable in the landscape memory structure. Further, it is obvious that arable land has the second largest share in the creation of the landscape structure (76.1% of the arable land from 1839 was still arable land in 2002). Built-up areas and roads also have a high share in the landscape memory. By contrast, permanent grassland has the least stable character (only 9.7% of the permanent grass stands survived from 1839 until 2002). Fig. 7 shows that only 16.1% of the ecological land cover (gardens, grasslands and non-forest wood elements) retained the same cover all through the period under consideration. The figure also illustrates that in the overall assessment of the study area the total area of all landscape memory elements takes up 59.8% of the territory; in other words, the cover of 59.8% of the territory remained the same throughout the period under consideration. Fig. 4 shows the overall structure of the landscape memory, especially the balance between those land cover types that persisted until 2002 and “white” space, which refers to the part of the landscape that underwent a change (i.e., using the terminology of our paper, this part of the landscape has lost its memory).

4. Discussion

4.1. Discussion of the results

Among the white-coloured areas in Fig. 4, characterized by loss of landscape memory, the large white area in the bottom part of Picture 4 is worth noting. It should be pointed out that from 1909 until the 1990s a brickwork was located there (Roček, 1926). It had a substantial influence, in particular due to raw material extraction, on part of the relief of this territory. By quantifying the representation of the landscape memory, our work thus shows the contribution of extraction activities to the loss of the landscape memory, which

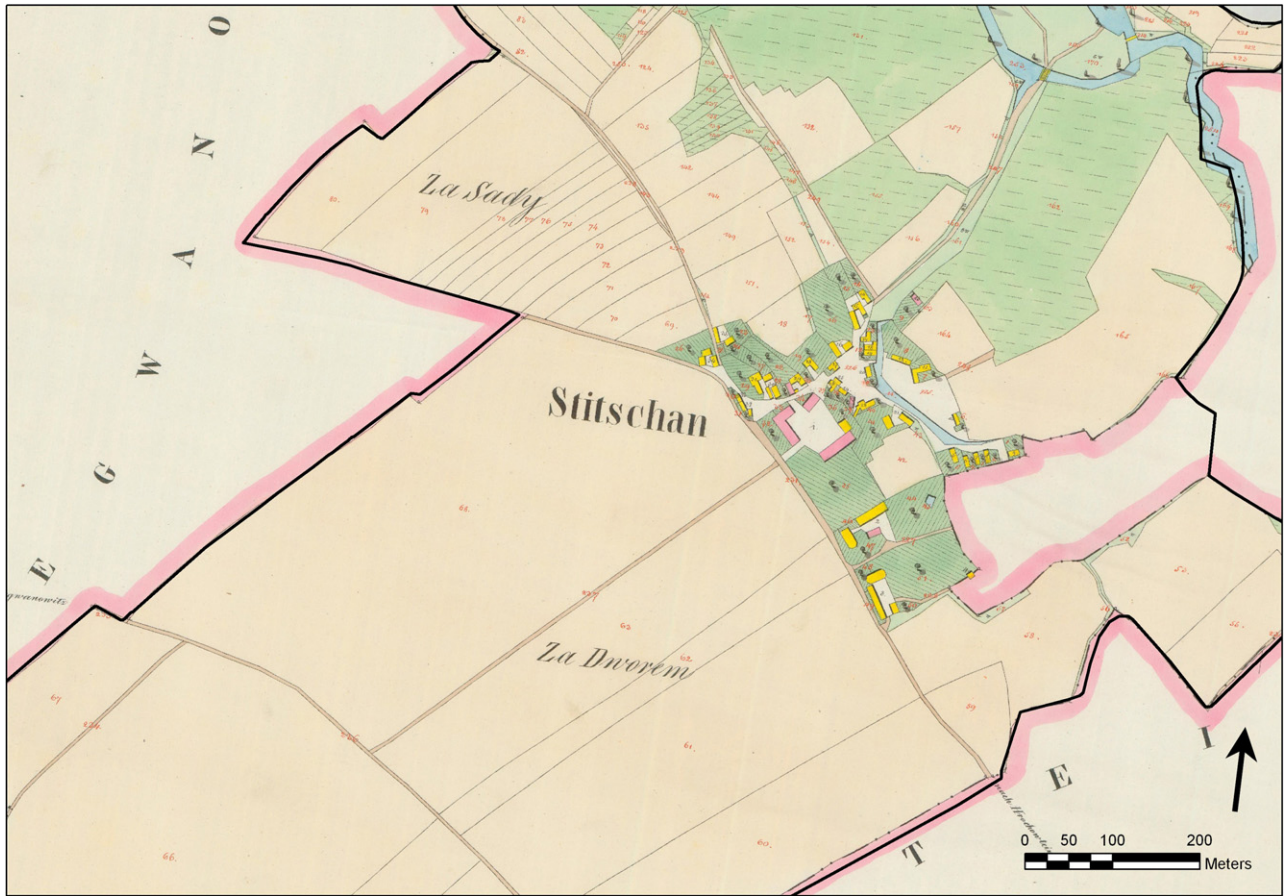


Fig. 2. Example of the Stable Cadastre map from 1839, showing the centre of the study area.

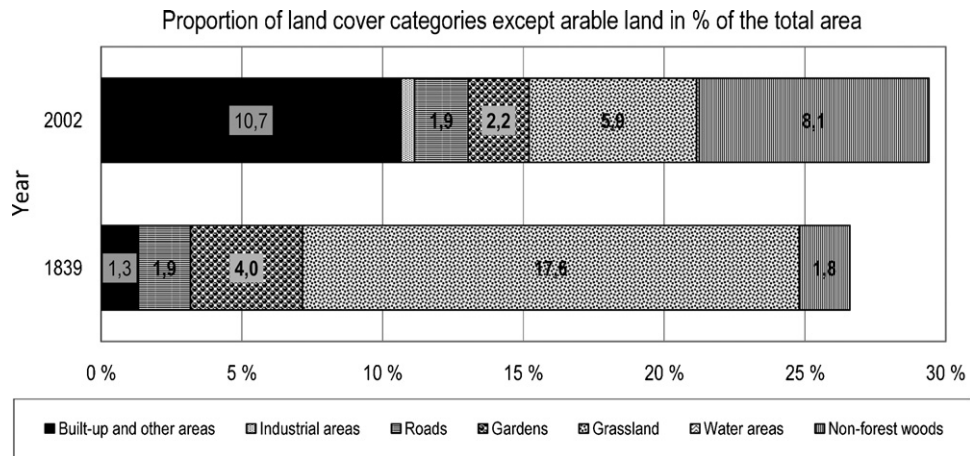


Fig. 3. Land cover changes between 1839 and 2002 (without the arable land category).

Table 1
Land cover changes in the Stičany study area.

Year	Arable land	Stičany study site (159 ha) Land use categories Area in %						
		Built-up and other areas	Industrial areas	Communications	Gardens	Grassland	Water areas	Non-forest wood elements
1839	73.4	1.3	0.0	1.9	4.0	17.6	0.0	1.8
2002	70.6	10.7	0.5	1.9	2.2	5.9	0.1	8.1

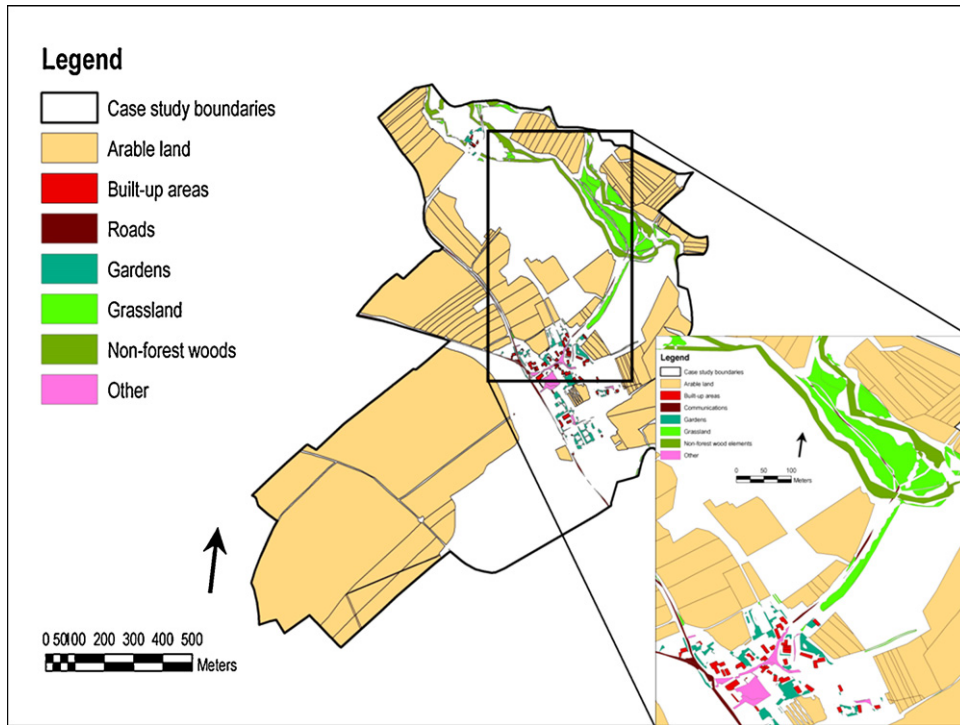


Fig. 4. Landscape memory structure (white areas refer to those land cover types that changed between 1839 and 2002. These parts of the landscape have lost their memory).

refers to the large white area in the lower part of Fig. 4. This area was mainly arable land in 1839, but later it was occupied by the brickworks area. Today (in 2011), the houses have been demolished and the mine pits are overgrown mainly with trees and bushes. In

the centre of the mine pit, there is a small water body with the extensive fish farming.

Fig. 6 shows that non-forest wood elements (Skaloš and Engstová, 2010) have the greatest share in the creation of landscape

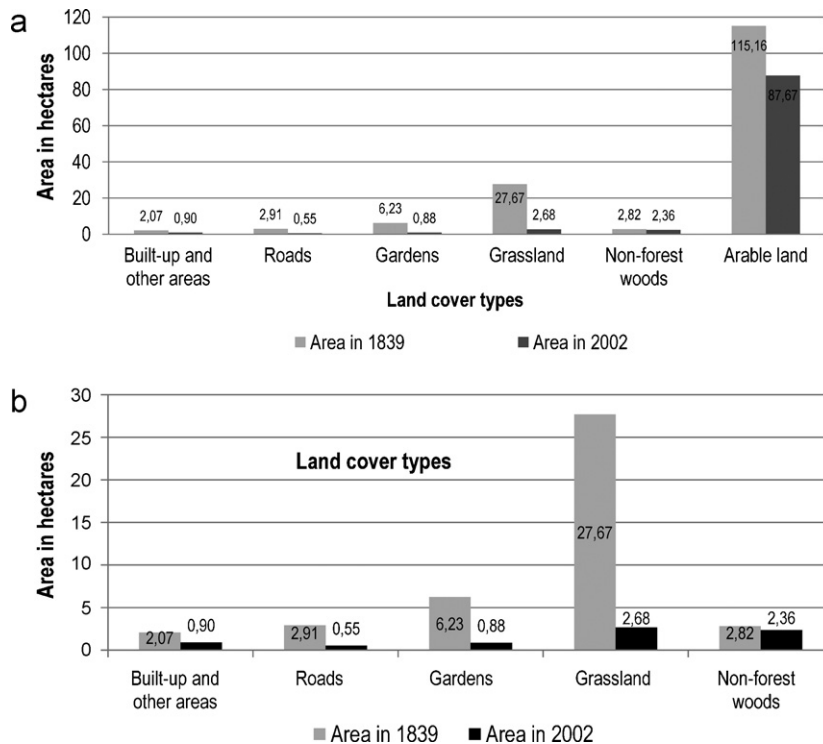


Fig. 5. (a) Proportion of the landscape memory elements as compared to 1839. (b) Proportion of the landscape memory elements as compared to 1839 (excluding arable land).

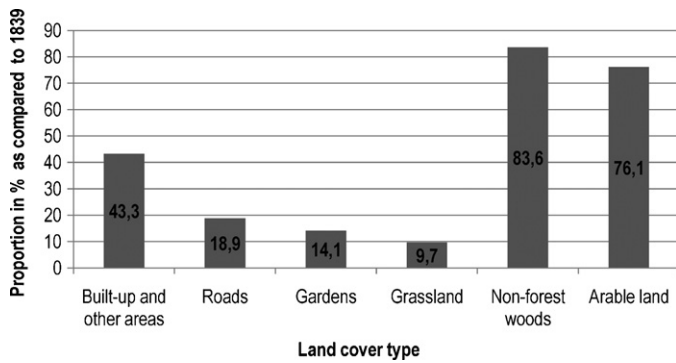


Fig. 6. Proportional changes of landscape memory elements between 1839 and 2002. The figure shows the percentage of the land cover category that endured until 2002.

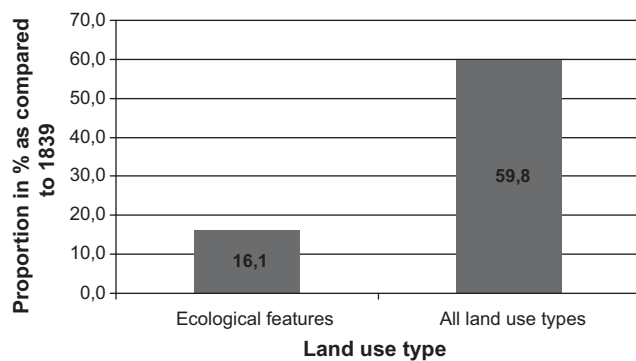


Fig. 7. Proportional changes of landscape memory elements between 1839 and 2002.

memory. However, the Stable Land Registry maps contain no information on a considerable proportion of the scattered greenery, and the only example, wood vegetation along the Novohradsky river, has almost all been retained until 2002. The results are therefore inconclusive. There is no record of a decrease in the land surface area of a considerable proportion of scattered greenery in the landscape.

For the methodological correctness of this work, it is necessary to point out that changes in the landscape memory have been measured only in the period from 1839 to 2002. For the results to be complete, further assessments will have to be carried out both for the period prior to 1839, e.g. by using the maps of the 1st Military Survey from the end of the 18th century (geo-referencing and follow-up processing in GIS is necessary – tracing and analysing individual thematic layers from different time horizons). It will also be necessary to carry out a survey of current land cover (based on present-day field land cover mapping) and to analyse this layer. In discussing the results of this work, we should emphasize that the stability of the land cover elements has been evaluated: we have dealt with landscape memories with reference to time permanence, and not with reference to ecological stability. The results therefore provide information only about time permanence – the land cover and spatial location of parts of the landscape that remained the same in the period from 1839 until 2002. However, this data provide no information about the ecological quality and stability of given parts of the landscape, which can be a theme for a future study. This study assumes that other features of landscape memory have changed. However, only macrostructural changes in land cover have been taken into account.

Grassland is the category that is characterized by the lowest degree of permanency, according to the results of this study (only

9.7% persisted from 1839 to 2002). In this intensively utilized agricultural type of landscape, grasslands were the most relevant obstacle for the expansion of arable land from 1839 to 2002. Under this agricultural pressure, the grassland changed dramatically, and was replaced by arable land. However, almost 84% of the non-forest wood elements from 1839 persisted until 2002. A reason for this could be that non-forest wood elements consist of linear wood vegetation lining the watercourses that are one of the most stable vegetation elements in the landscape (Lipský, 1998). In addition, one branch of the Novohradka River worked as the supply bed for the water mill. However, as the water mill closed operation after the Second World War (Štěpán, 2001), the linear vegetation along the river Novohradka was left for natural succession, and the expansion of the category that we call here non-forest wood elements was the logical consequence. On the other hand, as the Stable Land Registry maps contain no information on the proportion of linear greenery, the results are open to doubt.

4.2. Discussion of methodology

The importance of the Stable Cadastre maps for a relatively correct quantitative analysis of historical changes in the Czech landscape since the middle of the 19th century has been repeatedly highlighted (Rajsp et al., 1995; Petek and Erban, 2004; Bender et al., 2005; Cousins, 2001; Domaas, 2007; Trpák and Urbanová, 1984; Figala et al., 1985; Trpák and Trpáková, 2002; Trpáková and Trpák, 2005; Sklenička and Charvátová, 2003; Sklenička and Šálek, 2008; Sklenička et al., 2009; Skaloš and Engstová, 2010). The existence of a series of aerial photographs for research focused on an analysis of landscape changes since 1936 is also crucial (Troll, 1939; Finley, 1960; Howard, 1970; Ihse, 1995; Lipský, 1995; Skaloš, 2006).

However, it is rather tricky to use old maps and aerial photographs together to trace landscape changes, due to the different character and quality of these two source materials. While cadastral maps have been recorded on a rather large scale (1:2880), aerial photos have usually been taken on the general scale of 1:25 000. Moreover, one of the most substantial differences lies in the way in which the boundaries between the landscape segments are constructed. While the boundaries in the cadastral maps follow the land property parcels, aerial photographs show the real boundaries between landscape segments as they are to be seen in the landscape. Thus, studies based on the use of old cadastral maps and aerial photographs for tracing historical change in the landscape run the risk of certain inaccuracies based on the different nature of the two data sources. However, the methodology has a positive effect, resulting from the fact that the stable cadastre maps enable us to go deeper into history, and thus to make a long-term analysis. This advantage outweighs the potential negative effects of inaccuracies due to the differences in character between old maps and aerial photographs.

5. Conclusions

- All the study objectives pointed out in the introductory section have been met.
- Landscape memory can serve as a suitable concept for determining and quantifying so-called “ordinary” cultural landscape values, which are usually characterized by minimum occurrence of natural or cultural features and attractions.
- With the help of GIS tools, changes in the representation of landscape memory elements can be suitably analysed, determined and quantified.
- The landscape under study has undergone major changes in land cover. However, the most important message that we can read

from the results does not refer to changes in land cover alone. The study not only provides information about absolute changes in land cover between the two time horizons, but also reveals time-space changes of categories. Thus, the use of GIS shows not only how the land cover has changed, but also what part of the category has changed (or has remained unchanged), and where, by providing location information in GIS.

- The data indicate that non-forest wood elements have the biggest share in the creation of landscape memory. However, since the Stable Land Registry maps contain no information on a considerable proportion of the scattered greenery in the landscape (solitaire trees in a landscape, etc.) and record only elements of shore vegetation along water streams (which were to a large extent still retained in 2002), the results for non-forest elements are inconclusive.
- There are, however, relevant data showing that arable land has the second largest share in the creation of landscape memory (76.1% of the arable land from 1839 was still arable land in 2002). This confirms that the dominant arable land landscape cover type is long-term agricultural activity. By contrast, permanent grass stands have the least stable character in terms of time (only 9.7% of the permanent grass stands from 1839 survived until 2002). This category showed a very high degree of change in cover in the course of the period under study.
- No changes were observed in less than one-sixth (16.1%) of the area of permanent landscape structures. The cover of more than one half of the area of the territory (59.8%) remained the same throughout the period under consideration. The type of cover changed in 39.4% of the area of all landscape elements. On the basis of this information, it may be said that almost two fifths of the area of the territory “lost its memory” in the course of more than 160 years (all white-coloured areas in Fig. 4, a total area of 39.4%).
- By quantifying the representation of landscape memory, our work shows the contribution of brickwork clay extraction activities to the loss of landscape memory.

Acknowledgement

This paper is an outcome of the research project supported by grant No. 2B08006 New approaches to enable effective research practices for remediation and reclamation of devastated areas, Ministry of Education, Youth and Sports.

References

- Anonymous, 1994. Dictionary of Standard Czech Language. Academia, Praha (in Czech).
- Bender, O., Boehmer, H.J., Jens, D., Schumacher, K.P., 2005. Using GIS to analyse long-term cultural landscape change in Southern Germany. *Landscape Urban Plan.* 70, 111–125.
- Bicík, I., 1998. Land use in the Czech Republic 1845, 1948, 1990. Methodology, interpretation, contexts. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica* 32 (Suppl.).
- Bicík, I., 2004. Long-term changes in landscape utilization within the Czech Republic. *Environment* 38 (2), 81–85.
- Bicík, I., Chromý, P., Jancák, V., Jelecek, L., Winklerová, J., Štěpánek, V., et al., 2001. Land use/land cover changes in Czechia over the past 150 years – an overview. In: Himiyama, Y., et al. (Eds.), *Land use/Cover Changes in Selected Regions in the World I. IGUeLUCC, Asahikawa*, pp. 29–39.
- Bicík, I., Kupková, L., 2002. Long-term changes in land use in Czechia based on the quality of agricultural land. In: Bicík, I., et al. (Eds.), *Land use/land cover changes in the period of Globalisation. Proceeding of the IGU/LUCC International Conference. LUCC – Faculty of Science of Charles University in Prague, Praha*, pp. 33–43.
- Cílek, V., 2002. *Landscapes of Inner and Outer. Dokořán, Praha* (in Czech).
- Cousins, S.A.O., 2001. Analysis of land-cover transitions based on 17th and 18th century cadastral maps and aerial photographs. *Landscape Ecol.* 16, 41e54.
- Domaas, S.T., 2007. The reconstruction of past patterns of tilled fields from historical Cadastral Maps using GIS. *Landscape Res.* 32, 23–43.
- Doucha, T., 2001. Rural landscape management – an economically interesting commodity? In: Bárta, J. (Ed.), *Face of Our Country – Landscape of Homeland. Czech Chamber of Architects Prague*, pp. 225–235 (in Czech).
- Faltysová, H., 2002. Natural conditions – climate conditions. In: Faltysová, H., Bárta, F. et al. Pardubicko. In: Mackovčín, P., Sedláček, M. (Eds.), *Protected areas in the Czech Republic, vol. IV. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic (AOPK), Ecocentrum Brno, Prague*.
- Figala, J., Trpák, P., Urbanová, M., 1985. A contribution to knowledge on agricultural landscape development. In: *Bulletin of the State Institute for Landscape Conservation and Protection*, pp. 227–243.
- Finley, V., 1960. Photo-interpretation of vegetation. Literature survey and analysis. In: *Techn. Report 69. US Army Snow, Ice and Permafrost Research Establishment*.
- Fuller, R.M., 1981. Aerial photographs as records of changing vegetation patterns. In: Fuller, R.M. (Ed.), *Ecological Mapping Ground, Air and Space. Proceedings from ITE Symposium no. 10.*, pp. 57–68.
- Hamre, L.N., Domaas, S.T., Austad, I., Rydgren, K., 2007. Land-cover and structural changes in a western Norwegian cultural landscape since 1865, based on an old cadastral map and a field survey. *Landscape Ecol.* 22, 1563–1574.
- Howard, J.A., 1970. *Aerial Photo-ecology. Faber and Faber, London*.
- Ihse, M., 1995. Swedish agricultural landscapes – patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning*, vol. 41, pp. 1–3.
- Jech, K., 2001. *Vesper of the peasant profession 1945–1960. Institute of Contemporary History (USD)*, vol. 35 (in Czech).
- Jelecek, L., 2002. Historical development of society and LUCC in Czechia 1800–2000: major societal driving forces of land use changes. In: Bicík, I., et al. (Eds.), *Land use/Land Cover Changes in the Period of Globalisation. Proceedings of the IGU/LUCC International Conference. LUCC-Faculty of Science of Charles University in Prague, Praha*, pp. 43–58.
- Kolařík, J. (Ed.), 2003. *Management of the Non-forest Wood Elements. Český svaz ochránců přírody, Vlašim* (in Czech).
- Kopista, Č., 1919. *Topography of Associated Communities of Třetice and Vejvanovice. Nákladem starosty Jan Kopisty v Úřetích* (in Czech).
- Lipský, Z., 1995. The changing face of the Czech rural landscape. *Landscape Urban Plan.* 31, 39–45.
- Lipský, Z., 1998. *Landscape Ecology for Students of Geographical Sections. Karolinum, Praha* (in Czech).
- Lipský, Z., 2000. *Monitoring of Changes in the Cultural Landscape. Institute of Landscape Ecology, Czech University of Life Sciences Prague, Kostelec nad Černými Lesy* (in Czech).
- Löw, J., Míchal, I., 2003. *Landscape Character. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy* (in Czech).
- Machek, V., 1971. *Etymological Dictionary of the Czech Language. Academia, Praha* (in Czech).
- Míchal, I., 1994. *Ecological Stability. Brno, Veronika* (in Czech).
- Nováková, B. (Ed.), 1991. *Geographical Lexicon of the Czech Republic, Villages and Settlements in the Half of the 1980s. Academia, Praha* (in Czech).
- Petek, F., Erban, M., 2004. The Franziscan land cadaster as a key to understanding the 19th century cultural landscape in Slovenia e Franciscjski kataster kot ključ za razumevanje kulturne pokrajine v Sloveniji v 19. stoletju. In: Milan Adamic Orožen (Ed.), *Acta Geographica Slovenica – Geografski zbornik*, vol. 44, p. 89e112, c.1, Ljubljana 2004.
- Ptáček, J., 2006. Persecution of the inhabitants of the Chrudim county during 1948–1989. In: *Konfederace politických vězňů, pobočka 19, Chrudim* (in Czech).
- Rajsp, V., Ticho, M., Grabnar, M., Kološa, V., Seršec, A., Trpin, D., et al., 1995. *Josefske mapovani Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787 opisi (Josephinische Landesaufnahme 1763–1787 für das Gebiet der Republik Slowenien Landesbeschreibung)*, Ljubljana.
- Roček, J., 1926. *History of Hrochuv Tyneč. In: Nákladem Osvětové komise v Hrochově Týnci* (in Czech).
- Sádllo, J., 1994. *Krajina jako interpretovaný text. In: Beneš, J., Brůna, V. (Eds.), Archeologie a krajinná ekologie. Most: Nadace projekt sever.*, pp. 47–54 (in Czech).
- Skaloš, J., Engstová, B., 2010. Methodology for mapping non-forest wood elements using historic cadastral maps and aerial photographs as a basis for management. *J. Environ. Manage.* 91, 831–843.
- Skaloš, J., 2006. Patterns and changes of intensively utilised agricultural landscape in the Czech Republic between 1937 and 2002, aerial photography analysis. *Ekológia (Bratislava)* 21 (Suppl. 3), 232–248.
- Sklenička, P., 2002. Temporal changes in pattern of one agricultural Bohemian landscape during the period 1938–1998. *Ekológia (Bratislava)* 21, 181–191.
- Sklenička, P., 2003. *The Basics of Landscape Planning. Naděžda Skleničková, Praha* (in Czech).
- Sklenička, P., Charvátová, E., 2003. Stand continuity – a useful parameter for ecological networks in post-mining landscapes. *Ecological Engineering* 20 (4), 287–296.
- Sklenička, P., Šálek, M., 2008. Ownership and soil quality as sources of agricultural land fragmentation in highly fragmented ownership patterns. *Landscape Ecology* 23, 299–311.
- Sklenička, P., Molnarova, K., Brabec, E., Kumble, P., Bittnerova, B., Pixova, K., et al., 2009. Remnants of medieval field patterns in the Czech Republic: analysis of driving forces behind their disappearance with special attention to the role of hedgerows. *Agric. Ecosys. Environ.* 129, 465e473.
- Sýkora, J., 1998. *Regional Planning – Part 1 Historical Development of the Czech Countryside. Skriptum ČVUT, Praha* (in Czech).
- Skánes, H., 1996. *Landscape Change and Grassland Dynamics – Retrospective Studies Based on Aerial Photographs and Old Cadastral Maps During 200 years in*

- South Sweden. The Department of Physical Geography, Stockholm University. Dissertation Series, No. 8, Papers IeIV.
- Štěpán, L., 2001. Chrudim – Creation of Rural Settlements in Chrudim. OkÚ, SokA Chrudim (in Czech).
- Tomásek, 2000. Soils of the Czech Republic. CGÚ, Praha, p. 67 (in Czech).
- Troll, C., 1939. Aerial photos and ecological soil survey. In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 7/8, pp. 241–298 (in German).
- Trpák, P., Trpáková, I., 2002. Landscape function analysis based on an evaluation of indicator maps and sketches of stable cadastre maps, Krajina 2002 Od poznání k integraci. Ústí nad Labem, 85–91 (in Czech).
- Trpák, P., Urbanova, M., 1984. On the issue of agricultural landscape structure. In: Proceedings of the conference on Optimization of Landscape, pp. 45–67 (in Czech).
- Trpáková, I., Trpák, P., 2005. 500 years of the transformation of the Elbe river valley landscape and the National Stud Kladruhy nad Labem. In: Ekotrend (Ed.). Renewal and function of an anthropogenically impacted landscape. Proceedings IV. International Scientific Meeting. The University of South Bohemia in České Budejovice, Faculty of Agriculture, 30.8. 1.9.2005, pp. 54–64.
- Vítek, J., 2002. Natural conditions – geological characterisation. In: Faltysová, H., Bárta, F., et al. Pardubicko. In: Mackovčín, P., Sedláček, M. (Eds.). Protected areas of the Czech Republic, vol. IV. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic, Ecocentrum Brno, Prague (in Czech).
- Weber, M., et al., 2004. Ensuring the implementation of the European Landscape Convention in other activities of the Ministry of the Environment. Výstup projektu VaV 640/6/02 Zajištění realizace Evropské úmluvy o krajině v další činnosti MŽP za rok 2002. VÚKOZ Průhonice, ČZU Praha-ÚAE Kostelec nad Černými lesy, Löv a spol. Brno. Deponováno: knihovna VÚKOZ Průhonice (in Czech).

Old maps

Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre (COSMC), 2002. Stable Cadastre Maps from 1839 and 1843.

Other sources

COSMC, 2007. Regulation 26/2007, Cadastral Regulation, Czech Office For Surveying, Mapping and Cadastre, Prague.

District Authority, 2002. Aerial Photograph from 2002. District Authority of Chrudim.

UNIQUE APPROACH TO LAND RECLAMATION AFTER BROWN COAL MINING

Ivana Kašparová¹

Assoc. Prof. Dr. Emilie Pecharová¹

Helena Justová¹

Hana Gillarová-Hrajnohová¹

¹ Czech University of Life Sciences Prague, **Czech Republic**

ABSTRACT

Many areas damaged by mining processes had been afforested or reclaimed for agricultural use; however, the trends of the past decades incline to a more natural way of reclamation or to reclamation with the recreational function. The history of the damaged landscape is an aspect of reclamation that is often overlooked. Post-mining landscape reconstruction with the use of historical data, especially maps, is considered a subsidiarity related to reclamation. Comparison of historical maps, in this case of stable cadastre maps and land-use data going back to the years 1842–1843, are compared with recent maps, and the land-use data provides a picture of the changes in landscape in course of the last 160 years. Knowledge of the historical land-use acreages and an evaluation of the landscape stability should be taken into account during reclamation processes in order to establish functional landscape

Keywords: reclamation, stable cadastre, brown coal mining, land use

INTRODUCTION

One of the many negative consequences of mining activities is the disappearance of native ecosystems. In case of surface mining it represents is a long-term issue of hundreds of years and is devastating the landscape inducing transformation of the landscape matrix. Landscape assessment therefore represents a tool of landscape management respecting also the man's utilization of the concrete landscape.

At present, the landscape degraded by the brown coal mining is recognized as a unique sub type of cultural landscape with dominant production function which suppresses all other functions. The post mining rehabilitation aims at reconstruction of landscape types forming a balanced polyfunctional character.

Reclamation, firstly, should follow basic ecological rules. Even a relatively small part of the landscape can act as a healthy ecosystem, if the communities are linked to the ecological networks. Secondly, it must reflect there is often very negative impact on the social level and stability of society. Environmental indicators that can be used in conjunction with assessing the potential impact of project on the environment are described in [7].

Reclamation practice now reflects the change in public requirements to the future landscape functioning and provides for other land uses than traditional forestry or agriculture. Anthropogenously affected landscape in areas of former quarries is often reclaimed by flooding. In comparison with other methods of reclamation flooding is undoubtedly one of the fastest and most economical methods, which also offers multi-functional land use. Flooded residual pits often attract residents and visitors to the country that was inaccessible for almost half a century. Today's lifestyle demands places for recreation and the reclaimed areas, including the referred Medard-Libík area, are designed to provide for recreation and sports, too. Moreover, in case of the open cast brown coal mining region in North-west Bohemia, this approach returns the water to the landscape in which the water was one of the principal components.

LOCALISATION

The former open cast brown coal mine Medard - Libík is located on the northern boundary of the western part of the Sokolov coal basin between the villages Citice, Bukovany, Habartov and Svatava in West Bohemia, Czech Republic, see Figure 1. The extent is approximately 40 km².

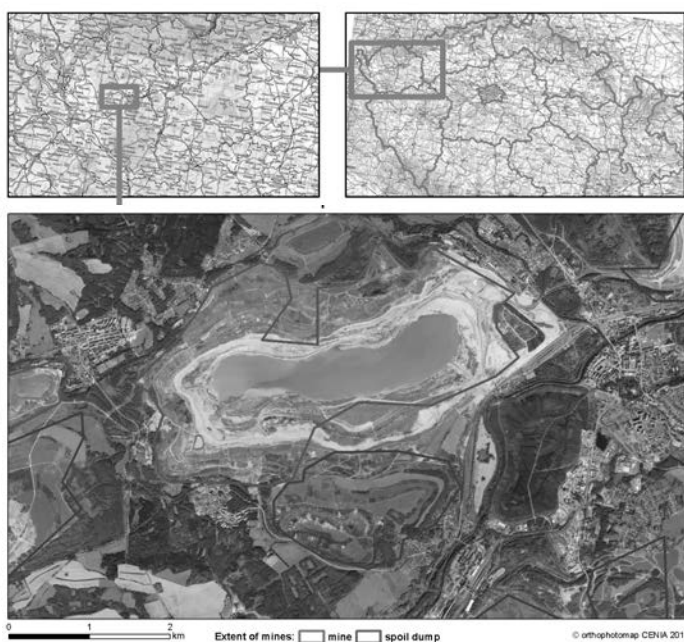


Figure 1. Localisation of Medard mine over the current orthophotomap

The landscape of the Sokolovský district has considerably diverse geomorphology. The lowest levels (excluding the quarry) are situated in Eger valley at an elevation of 400 m, from where the original terrain rose steadily northward to the foot of the Ore Mountains (Krušné hory). Its average altitude of about 600 m above sea. The original diversity of the territory was (and will be) significantly affected influenced by ongoing mining activities. Geological substrate is composed mainly of Tertiary sediments. Over these mother materials pedogenetic processes generated typical acidic soils, which provide very diverse conditions for vegetation.

The original natural condition of the area and its immediate surroundings were fundamentally changed due to intensive opencast mining of brown coal in the 20th century and related energetic industry. Water flows, springing in the Ore Mountains, have been drained into artificial canals and their water has been discharged outside the mining area. The groundwater regime has been affected much.

Coal mining in the Medard - Libík mine was completed in March 2000. From 1999

the reclaiming of the residual pit to level of future flooding has started. Based on a comprehensive assessment of possible alternative solutions for the final hydric reclamation of the residual mining pit a flow-through lake with a depth of about 50 m was selected.

The selected area presented case study covers a rectangular part covering the mine and its dump and stretching out to the contact with the nearest non-devastated landscape, the evolution of which was not driven by mining but similar forces as the whole region.

METHOD

At present, the landscape degraded by the brown coal mining is recognized as a unique sub type of cultural landscape with dominant production function which suppresses all other functions. The post mining rehabilitation aims at reconstruction of landscape types forming a balanced polyfunctional character [3], [5], [6], [7].

Knowledge of historical data on land prior to mining can play an important role in reclamation activities, which aim to restore disturbed areas in such a state that could be fully integrated into the surrounding landscape. The application of the historical development of the landscape can be therefore be used in its reconstruction. The reconstruction of the landscape using historical maps is dealt in detail in [4], [8], and [11].

In finding the approximation of balanced polyfunctional character, analysis of pre-mining situation is frequently used, namely in Europe, where historical sources of information in the form of old maps and photogrammetric aerial images. The comparison of old and present landscape functioning was examined in works of [12], [1], [8], [9], [10] and others.

Monitoring of landscape changes over time is based on observation of individual landscape elements. This method provides a comparison of today's landscape with the landscape 160 years ago and suitable to examine the evolution of river beds, change in the landscape matrix or other processes of landscape evolution.

The historical data were collected from the Stabile cadaster. This map source originally established in 1842-43 to provide evidence on properties for taxation purposes represents a priceless source of historical land use data before the end of 18th century. Now they can be used to reveal the land use of that times. There were altogether 13 distinct land use types registered for the Medard area: roads, major roads, intravilane, arable fields, hop fields, meadows, pastures, wet meadows, orchards, set aside land and rocks, refugees-successional stages, fish ponds, and mines. The land use was vectorised from georeferenced scans of archive maps.

Present land use was determined by field data mapping [2] and classified so that the present and historical land use types match. The present land use was also vectorised for further analyses with the ArcGIS software.

Both polygon data sets of historic and present land use were then used to provide summary data on individual land use type extent and identification of permanent land use structures that occur continuously on the same location [4], [11], [12].

RESULTS AND DISCUSSION

Comparing historical and current data shows current status and trends in the examined years. Especially in landscapes disturbed by mining, as in the case of the Medard mine,

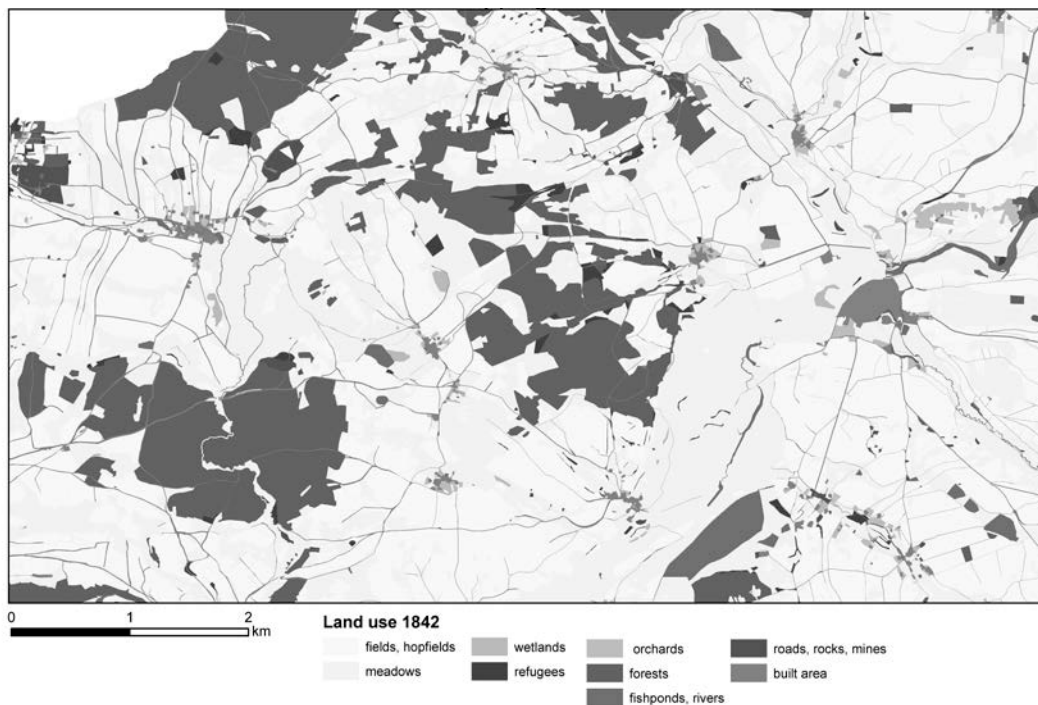


Figure 2. Land use in the case area of Medard mine in 1842-3

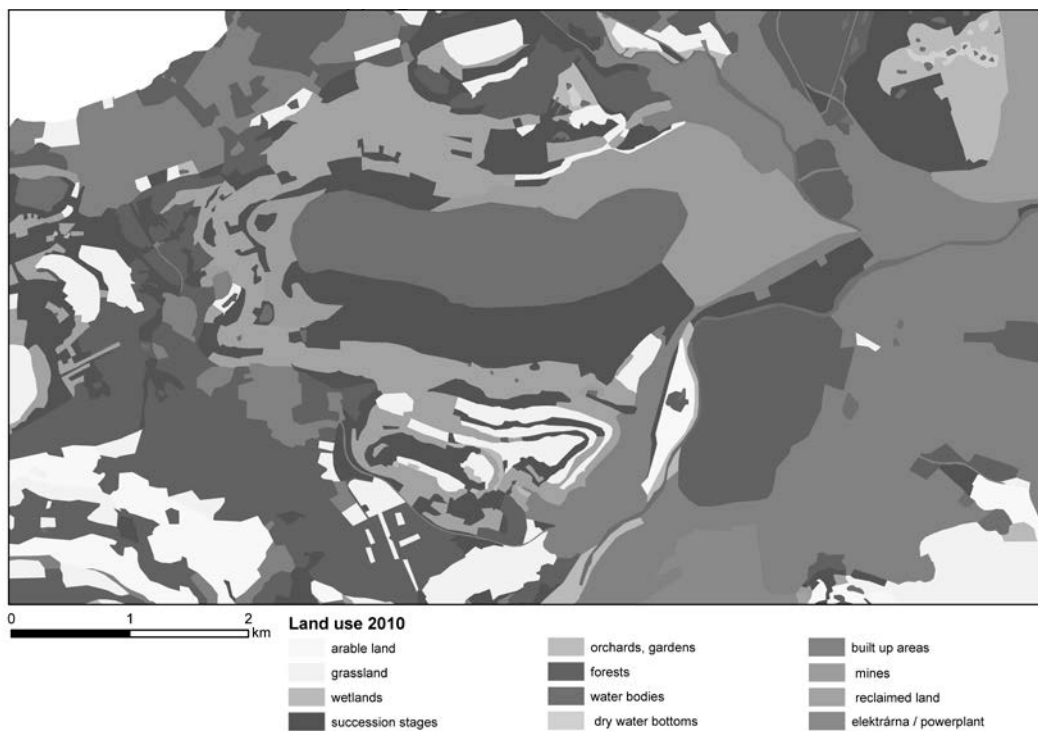


Figure 3. Land use in the case area of Medard mine mapped in 2010

we can assume that the functional use of the landscape over the past more than 160 years has fundamentally changed as seen in Figures 2 and 3. This is clearly confirmed by the results of the processed comparison.

Table 1. Area of land use types in the case study before and after mining activity, extent of permanent land use elements and proportion of former land use types preserved at the same location until now

Land use type	1842 (ha)	2010 (ha)	trend	continuous land use (ha)	% of 1842
intravilane	45,41	998,95	↗	28,24	62,19
meadows, pastures	1412,46	351,57	↘	92,94	6,58
forests	643,96	868,13	↗	238,13	36,98
wetlands	8,81	100,98	↗	0,05	0,55
arable land	1662,41	242,75	↘	126,17	7,59
water bodies	50,46	300,45	↗	3,37	6,69
communications	159,53	41,12	↗	0,54	0,34
reclamation		441,21			
succession stages	38,05	157,30	↘	0,5	1,31
mines	21,93	353,85	↗		
other uses	32,0116	214,4645	↗		

Results presented in the Table 1 show decline in agricultural land and permanent grassland (meadows, pastures), which was caused by industrial development associated with mining activities. The transition away from agricultural land use is also manifested by increase of forests (due to afforestation of unused agricultural land and forest reclamation) and water bodies. Correspondingly with the production function of the landscape present composition is dominated by intravilane, comprising all types of built up areas except for communications (Figure 4).

Similarly important to assessing future functioning of re-established landscape functions are the continuous landscape elements – i.e. the patches of land which either retained their land use and land cover over the period or the previous land use was re-established there (Figure 5). The Table 1 shows these are only minor percentages of former extents of the land use types. Altogether less than approximately 1/10 of the landscape have retained its land use type over the 160 years.

In the future we expect due to the rehabilitation improvement of the overall stability of the landscape.

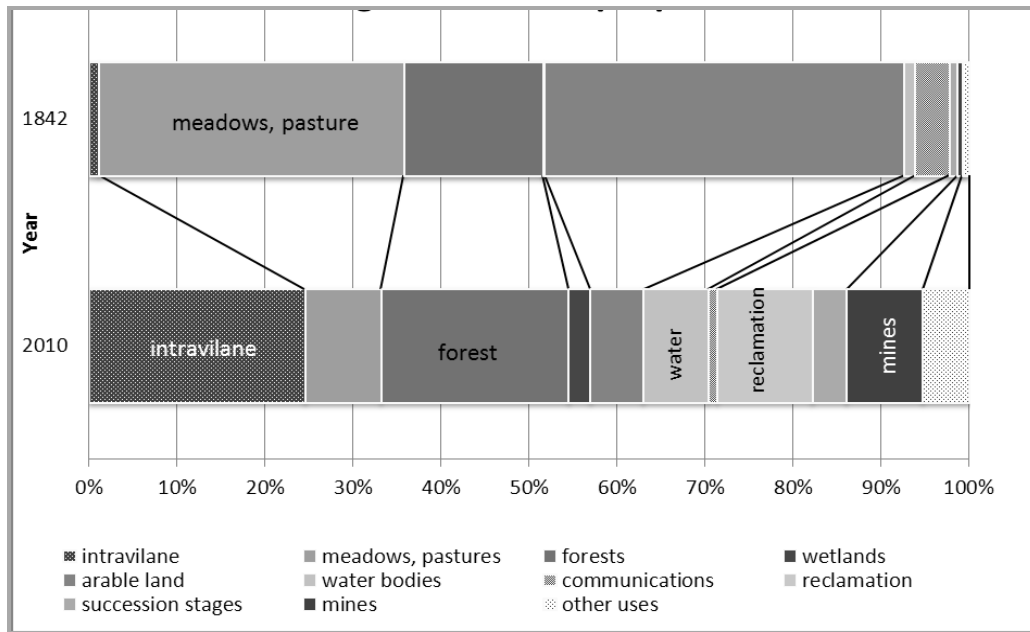


Figure 4. Change in land use proportions in years 1842 and 2010

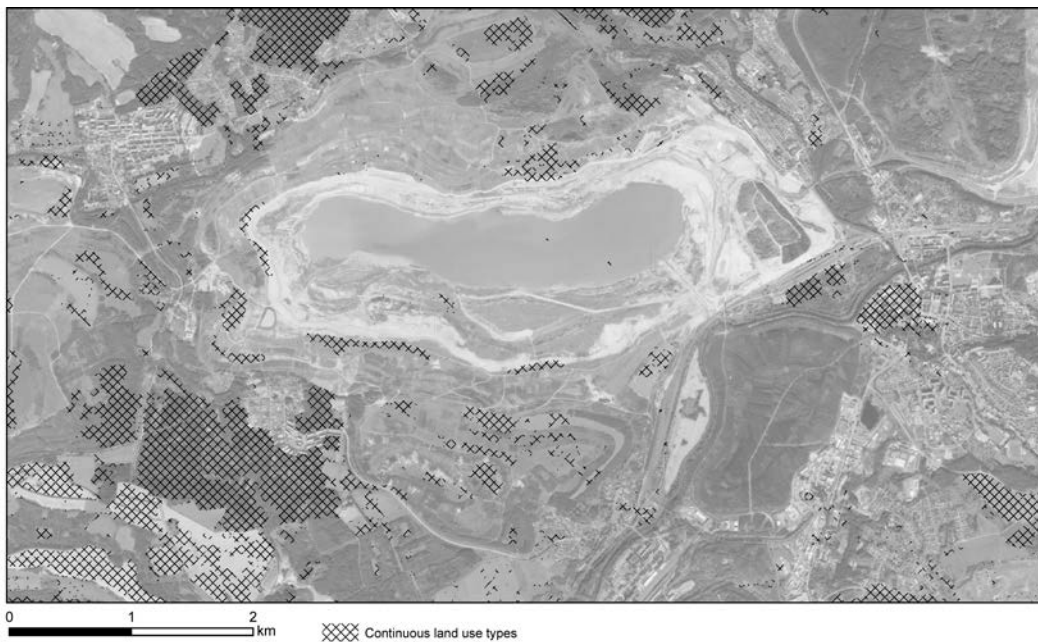


Figure 5. Continuous land use in the Medard-Libik area.

Reclamation of the majority of the remaining area adjacent to the pit lake will consist of so called “landscaping green”, ie, forest reclamation form of group plantings. The dump plateaus and other selected areas will be afforested by groups of trees so as there can arise a combination of small woods, groups of trees, solitary trees and open (grassed) areas, which when the stands are mature will correspond to similar "natural" sites in the region. The composition of reclamation types used there is presented in Table 2. It is assumed that the open areas near towns and villages Sokolov, Svatava, and Habartov, will fulfill besides landscaping and ecostabilizing functions also an important

Table 2. Proportion of reclamation types within the Medard-Libík mine and its dumps

Reclamation type	Reclaimed area[ha]					Total area affected by mining [ha]
	water	forestry	agricultural	other	total	
Medard-Libík	506,15	532,26	35,19	20,29	1093,89	1183,00

role in short-term recreation. Forests in the eastern and northwestern parts that are in contact with urban areas, will therefore be established so that they aesthetically effective, health improving and accessible as recreational suburban forests shall be. Quality of the environment is the main prerequisite for the optimal recreation. Healthy, quiet, refreshing and aesthetically valuable environment providing for recreation is the part of the natural-like landscape with a high proportion of physically and aesthetically compelling forms of tree vegetation in appropriate combination with other forms of greenery and water.

CONCLUSION

Contemporary economic activity is inevitably associated with a greater or lesser disruption of the environment. The technologies and the scale of production and consumption increasingly threaten the stability of global ecosystems. The importance of economic activity, understood as the efficient use of human and natural resources to produce goods and services that serve the needs of people is essential and necessary. The existence of human society, however, increasingly reflects the quality of the environment. The more consumer's needs are satisfied the less men can benefit from clean water, clean air and undevastated landscape. Therefore it is necessary to continuously and systematically monitor and effectively influence the relationship between economic development and environmental status.

Mining, especially the open cast one, is undoubtedly one of the activities that negatively affect the environment. The most serious impact is the total devastation of the territory in which the mining process takes place. Moreover, devastation extends out by the external dumps, on which overlying soils are saved in the initial phase of mining. These effects are particularly pronounced in areas loaded with other industrial activities, extensive infrastructure and dense population, as in the Sokolov Basin.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by project of The Ministry of Education, Youth and Sports of The Czech Republic under contract No. 2BO 8006 SP2 New approaches to research on effective practices for reclamation and rehabilitation of devastated land and by project of The Ministry of Agriculture of The Czech Republic under contract No. NAZV QH 82106 Reclamation as a tool for recovery of the water regime of surface mining of brown coal.

REFERENCES

- [1] BASTIAN, O., KRÖNERT, R., LIPSKÝ, Z.: Landscape Diagnosis on Different Space and Time Scales - A Challenge for Landscape Planning. *Landscape Ecology*, 21: 3: 2006: 359-374

- [2]BODLÁK, L., VINCIKOVÁ, H., NEDBAL, V., HAIS, M., SÝKOROVÁ, Z., CHMELOVÁ, I., NĚMCOVÁ, J., PECHAR, L., STARÁ, L., ŠŤASTNÝ, J., HAVRÁNEK, J., PECHAROVÁ, E. A collection of special thematic maps and methods used to determine functional aspects of the land for distrikt of Horní Stropnice and Nové Hradý. (in Czech) Kostelec nad Černými Lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2008, p. 80
- [3]GILLAROVA HRAJNOHOVA,H., KAZMIERSKI,T., PECHAROVA,E., MARTIS,M.: What can offer us reclaimed landscape surrounding future lake Medard. . In: SKLENICKA,P., SINGHAL,R., KASPAROVA,I. 12th international symposium on environmental issues and waste management in energy and mineral production - SWEMP 2010 pp. 190-198
- [4]GILLAROVÁ, H., TRPÁK, P., TRPÁKOVÁ, I., SÝKOROVÁ, Z., PECHAROVÁ, E.,: Landscape memory as a solution of the ecological stability of the territory after mining. *Gospodarka surowcami mineralnymi-mineral resources Management*. Volume 24, Issue 3, Part 1, 2008 pp. 289-298.
- [5]LICKOVÁ, V., HOUDEK, K., MARTIŠ, M. 2008: Evaluate of scenarios of renewal Lake Medard. in: *Mineral and Energy Economy Research Institute of Polish Academy of Sciences. 21st World Mining Congress New Challenges and Visions for Mining, Risk management & subsidence engineering, Sustainable development in mining industry* Vol. 24, issue 3., Poland, Cracow, pp. 239 – 248
- [6]PECHAROVA,E., HAIS,M., SVOBODA,I. Changes in landscape energy balance as a result of different land use during three time periods. *Ekologia Bratislava* Volume 25, Issue 3 SUPPL., 2006, pp. 205-214
- [7]PECHAROVÁ, E., HRABANKOVÁ, M. A concept for reconstructing the post-mining region under the Lisbon strategy. *Ekologia Bratislava* 2006: Volume 25, Issue 3 SUPPL., pp. 194-204.
- [8]TRPAKOVA,I., TRPAK,P., SKLENICKA,P., SKALOS,J., ENGSTOVA,B. Reconstruction of historical land use of the Sokolov Region as the basis for the recovery of land affected by surface mining. In: SKLENICKA,P., SINGHAL,R., KASPAROVA,I. 12th international symposium on environmental issues and waste management in energy and mineral production - SWEMP 2010 pp. 545-552
- [9]SKALOŠ,J., WEBER,M., LIPSKY,Z., TRPAKOVA,I., SANTRUCKOVA,M., UHLIROVA,L., KUKLA,P. Using old military survey maps and orthophotograph maps to analyse long-term land cover changes - Case study (Czech Republic). *APPLIED GEOGRAPHY* Volume: 31 Issue: 2 pp. 426-438
- [10] SKALOŠ, J., ENGSTOVÁ, B. Methodology for mapping non-forest wood elements using historic cadastral maps and aerial photographs as a basis for management. *Journal of environmental management* Volume: 91 Issue: 4 pp: 831-843
- [11] SKALOŠ, J., KAŠPAROVÁ, I. Landscape memory and landscape change in relation to mining . *Ecological Engineering*, 2011, in press, corrected proof, s. 1-10. 2011
- [12] SKLENICKA, P., CHARVATOVA, E. Stand continuity — a useful parameter for ecological networks in post-mining landscapes, *Ecological Engineering*, Volume 20, Issue 4, September 2003, Pages 287-296,

The use of thermovision photography for land cover determination assessment in post-mining locations

Ivana Kašparová¹, Kateřina Berchová¹, Vladimír Jirka²

¹*Czech University of Life Sciences of Prague, Faculty of Environmental Sciences, Department of Landscape Ecology, Náměstí Smiřických 1, 281 63 Kostelec nad Černými lesy, Czech Republic*

²*ENKI o.p.s., Dukelská 14, 5379 01 Třeboň, Czech Republic*

Abstract

In July 2009 two air-raids over the location of the Sokolov brown coal basin were flown, one at sunrise and the other one during the day thermal maximum. The georeferenced temperature map was made. Thermal data were compared with LANDSAT TM data and a one-year younger terrestrial land cover mapping in order to examine the use of the thermal data to tell the condition of vegetation in the current land cover. The results qualitatively and quantitatively document the different thermal behavior of different land cover types established on reclaimed post mining areas.

Keywords

Introduction

Temperature together with moisture and available solar radiation represent the principal limiting factors to vegetation. With the improving technology of remote measuring heat response of the surface numerous methods and approaches have been studied to describe the vegetation – climate system on global, regional and local levels (Bonan 2002, Horning2010). Application of satellite data have prevailed so far in habitat or land cover studies while aerial measurements are mostly used for the control of agricultural management.

However sole thermal data are not frequently used to these analyses as the model of vegetated surface response to solar radiation involves also other components like wind, moisture, vegetation height etc., which compose a complex model of surface microclimate. Frequently, data used to study evapotranspiration of vegetation cover come from LANDSAT TM. This source provides imagery at several portions of electromagnetic spectrum that are used to calculate NDVI and wetness indices suitable to compare the vegetation functionality in different times of year or regions. Compared to satellite data an on-demand areal registering of the surface temperature can provide measurements of the same sites at different times of one day and so provide information on daily heat fluxes that can be used to derive the distribution of latent and sensible heat over different vegetation. As the proportion of latent and sensible heat to received solar radiation was proved to be related to specific types of

vegetation cover, as well as to the leaf area, canopy closure, or stand height (Bonan 2002) the relationship of different vegetation covers with thermal data can be tested to study the vegetation cover on a man-made surfaces, too.

Rehabilitation of the extremely overturned landscape in brown coal mining areas at Krušné hory foothills represents a great effort of the mining companies and is supported by scientific research. Reclamation of both spoil heaps and mine pits consists of technical constructions and consequent revegetation. Both intentional revegetation and natural succession processes are applied in the reclamation projects. The Velká podkrušnohorská výsypka spoil dump (VPV) covers nearly 20 square km and represents the biggest artificial formation of that kind in the Czech Republic. The rehabilitation has been gradual and so has also been the monitoring and study of succession processes and establishment of functional landscape elements. In summer 2009 thermal images were examined with the purpose to help determining the landscape structures formed on the VPV.

Study area

VPV is situated north of the town Sokolov in western Bohemia and has grown together from several minor previous spoil heaps of the open cast brown coal mine Jiří. The body of the spoil heap was formed of mixture of cypris clays and claystones, coal clays, coal and similar solings. Toxic tuffitic claystones were buried under cypris clays which isolate the toxic materials (Leitgeb et al., 1999 ex. Pecharová, 2004). The rehabilitation design follows the ideas of regeneration of the small water cycle in this specific situations (Ripl 1994, Pokorný 2001, Pecharová 2001).

Data and Methods

In summer 2009, there were ongoing reclamation works carried out (stage IX, Leitgeb 1999). One half of the surface of VPV was covered with already stabilized stands, 40 % with just finished regenerations and 10 % was bare surface expected to be regenerated in future (Pecharová et Engstová 2009).

Field data were measured with the ThermaCAM S65 HS infrared camera. Its specifications were: thermal field of view/min20°x15°/0.3 m (with 36 mm lens), spatial resolution (IFOV) 1.1 mrad, thermal sensitivity 0.05°C at 30°C, image frequency 25/30 Hz non-interlaced. SuperSenseIR uncooled microbolometer 320 x 240 pixels, spectral range 7.5 to 13µm. The measured temperature range of the camera is -40°C to +1,500°C (in 4 ranges). The field data were measured with the automatic correction option, which included preset atmospheric transmission correction based on parameters for distance, atmospheric temperature and relative humidity, optics transmission correction based on signals from internal sensors, emissivity correction, and reflected ambient temperature correction. The preset parameters

are shown in the Table 1. The frequency of photography was derived from the forward speed of the aircraft, the resolution of the images was 1,3 m.

The thermography scanning mission was operated from the aircraft Cessna TU 206F, at ceiling 5500 m, speed 80–220km/h and took altogether 5 h 30 min. The aircraft was equipped with a gyro-stabilization frame SM 3000.

The input data were processed within the work of Krejčíková, 2010. The original data files had to be transformed from the ThermaCAM's internal *flir format first to ASCII files with the ThermaCAM™ Researcher tool, then imported into ArcGIS images, and these were georeferenced and merged into two raster images of morning and afternoon temperatures T_a and T_m respectively. During that process the original 0.3m-cellsized rasters were resampled with bi-linear interpolation method into rasters with resolution of 1.5 m. This rather tedious work was done manually using the raster tools and Model builder of ArcGIS software.

Both morning and afternoon rasters contained some pixels with temperatures below 0°C, both in morning and afternoon rasters these were concentrated into adjacent pixels located at the fringe of the area with no logical correspondence to surface situation. These pixels were masked away from further calculations.

The final raster covered area of ¼ of the VKV as shown in the Figure 1. The superposition over regular orthophoto map shows the aerial images covered all types of vegetation – already closed cultures with functional wetlands, new plantings and also ongoing earthworks.

The study examined the possibility to use the thermal data to determine landscape structures on the VPV. Such data are commonly used, together with data on green vegetation cover or leaf area index to estimate the evapotranspiration and so the functionality of the soil-biomass system. However in the time of this study similar data were not available and therefore the study concentrated on analysis of the spatial structure of the data.

To study landscape structure we assumed both temperatures T_a and T_m are homogeneous within each spatial unit (pixel). Question was, whether the temperatures can determine also patches on the surface that comply with the definition of a landscape patch as an area with homogeneous environmental processes (Forman et al. 1993). As was confirmed by research studies, the distribution of measured aerial temperature is a function of varying moisture in surface soil and of vegetation cover. A higher level of latent heat exchange was confirmed in more vegetated areas while sensible heat exchange was more often in sparsely vegetated ones (Weng, 2009). Thermal responses of vegetation can vary as a function of the biophysical characteristics of the vegetation itself (Quattrochi & Ridd, 1998) and therefore the studies of analyzing airborne thermal measurements mostly concentrate on homogeneous land cover. For such conditions, thermal airborne measurements are applied to model the evapotranspiration and the ground soil moisture balance as referred by Chávez 2007 and 2004.

Landscape structures are often determined with use of satellite data, application of LANDSAT TM ones is quite common (Latifovic 2005, Liu et Weng 2009). However the spatial resolution of 30 m does not allow to study the detail functionality of individual LULC patches as might the aerial data. Therefore the study examined the thermal data scanned at planned flight over a case study area.

This temperature data were compared to LANDSAT TM+ data from 24th August 2009 processed and shared within the common research project NPVII 2BO 8006 – “New approaches to research of effective procedures for recultivation and rehabilitation of devastated regions” (Procházka 2010).

The field data of land use-land cover (LULC) mapping was registered in next summer period in 2010 (June-August) (Tesařová et al. 2010). The mappers used orthophoto maps provided by CUZK over which they draw borders of determined LULC types. The LULC types were represented with the vector model in a shapefile data file with the S-JTSK map projection. Each LULC patch was stored as a polygon with the LULC type as its attribute. The LULC types were defined in 10 major types, out of which 7 were present on the VPV. Categorization and coding of the LULC types and subtypes involved in the study was based on Pecharová E. 2008 and modified especially for the purpose of LULC mapping of post-mining landscapes (Sýkorová et al. 2008). This LULC classification is presented in the Table 2.

Descriptive statistics were calculated for each zone in the raster defined by each LULC (sub)type. The mean temperature differences $T_a - T_m$ of LULC subtypes were compared using one way analysis of variance ANOVA (following Giraldo et al., 2009). The normal distribution of data was confirmed by Skewness and Kurtosis test. Kruskal-Wallis ANOVA was used due to different variability within particular subtypes. The LULC subtypes were grouped to “basic LULC types” to characterize main vegetation types and similar analysis as for LULC subtypes was used. The Bonferroni correction was used for post-hoc comparisons (Rice 1989). The differences in T between different types of vegetation groups (forest – non forest; artificial restoration – natural succession; grasslands – wetlands) were compared using T-test.

Results

All the basic statistical values are presented in the Table 3. The registered afternoon temperatures (T_a) ranked from values 0,4°C to +62.1°C with the mean 28,9°C and STD 4,57, the registered morning temperatures (T_m) ranked between values 0,8°C and 17,4°C and mean and STD were 9,59°C and 1,1 respectively. Finally, a difference raster D was calculated simply as $D = T_a - T_m$. This raster characteristics were: minimum 1,1°C, maximum 48,8°C, mean 19,93°C and STD 4,7. The calculation used only above zero values, missing values resulted in NODATA value in D raster and were not included into analysis.

Characteristics of the LANDSAT raster were: minimum 22°C, maximum 36°C, mean 28,29°C, and STD was 3,3 (Table 3). Figure 2 presents the same territory represented with LANDSAT TM raster and afternoon Thermacam temperatures.

In order to minimize the effect of spatial fluctuations of D temperatures, the original raster of 1.5 m resolution was aggregated into D_{10.5} raster with resolution 10.5 m using the Aggregate function in Spatial Analyst, ArcGIS. The step of aggregation (n= 2-7) meant that the pixel size of the output raster was the n-multiple of the original D raster. So each D_{10.5} raster pixel has the size of the 7th multiple of the D raster pixel size. The difference in standard deviation with increasing aggregation is shown in Figure 4. Aggregation by median value resulted in smaller standard deviation of values within all individual LULC subtypes, noticeable reduction is in the type “9”- built-up area, due to spatial heterogeneity of original thermal data.

In order to analyse the possibility to identify land cover patches using the thermal aerial data we used the delimitations of LULC types over the VKV and studied the character of the D_{10.5} temperatures depending from the LULC types. The 26 types of LULC defined the zones for the zonal statistics with the D_{10.5} raster when each single LULC constituted one zone, in which the mean D_{10.5} temperatures were analysed.

The results of the comparison of mean D_{10.5} temperatures show that different LULC types have different average thermal behavior represented by mean difference between morning and afternoon temperatures. The results of Kruskal-Wallis ANOVA ($H(6,27893) = 9516,968, p < 10^{-6}$) show highly significant differences between particular LULC types (Fig. 5)

The difference of mean values of D_{10.5} temperatures was then examined within the seven involved LULC basic types. Classification of subtypes and types is shown in the Table 1. Again the Kruskal-Wallis ANOVA test was applied with D_{10.5} as dependent values and LULC types as grouping values. The result $H(6, N= 27893) = 9516,968 p = 0,000$ supported rejection of the null hypothesis. Therefore also the aggregated basic types of land cover show the difference in thermal behavior during the day, when the LULC water body shows the least mean difference between morning and afternoon temperatures 8.4°C, wetlands, forests, and pastures have mean difference about 15 °C and the biggest change of mean D_{10.5} is in built-up area and natural succession type (see Figure 7).

The comparison of forest and non-forest vegetation show the differences between the temperatures which can be interpreted in respective of the dissipation capacity of the established land cover. Group “Forest” included LULC types 10, 6, and LULC subtypes 3.2, 4.1; group “Non-forest” included all the others. In this case T-Test was applied and its result $p < 10^{-6}$ lead to rejection of the null hypothesis. As presented in the Figure 8, the difference in mean D_{10.5} temperatures is approximately 3 °C and is statistically confirmed.

Fourth hypothesis was tested using t-test and the artificial reclamation and the seminatural vegetation were compared. Seminatural vegetation grow spontaneously on localities, which were just covered with the soil after the finished warthwork and let open to spontaneous secondary succession processes. Two groups were classified: “Artificial” included types LULC 10, 2, 6, and 9, “Succession” all the others. The results (Figure 9) show that there is statistically confirmed difference in mean D_{10.5} temperatures is more than 4°C.

Discussion

The thermal images can serve well as background for manual vectorisation of land cover types similarly to standard orthophoto maps. Compared to these, thermal images identify better the water saturated areas. Similarly the airborne thermal compared to LANDSAT data can help to identify better functional patches in LULC types. However in this study area and in case of this thermal data the vectorisation from thermal data, that is determination of LULC patches, included much more manual manipulation with the data as mentioned before. As the current orthophoto map has been provided freely as a WFS with the spatial resolution 0,5 m, then the cost effect favored the standard orthophoto maps.

The Figure 2 shows the aerial thermal data can better tell the functional vegetation cover than the LANDSAT data. The blue classes show land cover with the lowest surface afternoon temperatures and visually the aerial data provide better fit to real land cover with clear identification of existing water bodies. The aerial data also reflected the morning and afternoon situation and the difference of these identified the land cover patches with low surface temperature change at sites with closed vegetation or water bodies as shown in the Figure 3. LANDSAT images cannot provide such data as they record just one data series per a day. Also the LANDSAT resolution is too coarse to be able to distinguish minor structures like three lakes which are of considerable importance for the landscape energetic balance. The visual analysis of classified aerial temperatures revealed some structures generated by interference of ground and vegetation system (such as shaded ground and shade vegetation) which added to spatial heterogeneity of both T_m and T_a .

The spatial heterogeneity of airborne thermal data, when the change of values occurs over areas smaller than the smallest LULC patches, restricts their use with automatic or supervised raster classification of LULC. Such high-resolution data require processing with special techniques that involve object analysis that adds the spatial patterns analysis within individual land cover types.

As presented in the Figure 5, the lowest mean change in T_m and T_a is confirmed in water bodies, similarly the wetland overgrown with wood species show low $D_{10.5}$ temperatures. Most LULC subtypes (pastures, wetlands with reeds, succession sites with grown wood species, most of artificial afforestation stages) show the $D_{10.5}$ temperatures in the interval 15°C-20°C. Extreme differences $D_{10.5}$ caused by inability to dissipate the solar energy is manifested in semiclosed succession stages, bare dump, built-up area, and young or unsuccessful afforestation.

The extreme STD with the land cover type “7” – water body can be explained by error in spatial location of the study thermal data. There are three compact patches of water body in the vector model of LULC and two of them show a shift in location respective the thermal data. There are probably three sources of mislocation: error in georeferencing of the thermal data, error in delineating the boundaries of the LULC water body, and possible change of shape of the real water body between year 2009 and 2010 (see the superposition of vector LULC data over the thermal data in Figure 6).

This study proved that if the outlines of the LULC patches are already known, the data can be applied to determine the thermal differences between the types or groups of them. For areas characterized by partial vegetation cover, surface thermal properties can largely influence the measurement of land surface temperature through the thermal processes of conduction, convection, and radiation. In our case, this may be illustrated in LULC with less green vegetation fraction and proved by statistic analysis of means and standard deviations of temperatures. Such findings can justify the artificial approach to reconstruction of vegetation, when the new cover is planned and cultivated initially, as this cover is able get sooner to a stage that dampens the daily thermal fluctuations and is more favorable to establishing balanced local microclimate.

Acknowledgement

This study has been supported by the research plan of the Ministry of Education, Youth and Sport of the Czech Republic (2B08006 Recultivation as a tool for landscape functionality regeneration after opencast brown coal mining), and by Ministry of Agriculture of the Czech Republic project (QH 82106 Recultivation as a tool for landscape functionality regeneration after opencast brown coal mining).

References

- Chavez J.L., Neale M.U., 2004: Comparing Aircraft-Based Remotely Sensed Energy Balance Fluxes with Eddy Covariance Tower Data Using Heat Flux Source Area Functions, *Journal of Hydrometeorology* 2005; 6; 6: pp 923-940
- Dousset B., Gourmelon F., 2003: Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2003;58(1-2):43-54.
- Forman, R. T. et Godron M., 1993: *Landscape Ecology* (Czech translation), Academia, Praha.
- Giraldo M.A., Bosch D., Madden M., Utery L., Finn M., 2009: Ground and surface temperature variability for remote sensing of soil moisture in a heterogeneous landscape, *Journal of Hydrology* 368 (2009) 214-223
- Latifovic R., Fytas K., Chen J., Paraszczak J., 2005: Assessing land cover change resulting from large surface mining development *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7 1 29-48
- Leitgeb, J., 1999: *Studie rekultivace Podkrušnohorské výsypky*. Projektová studie Leitgeb s.r.o. Karlovy Vary.
- Liu H., Weng Q., 2009: Scaling Effect on the Relationship between Landscape Pattern and Land Surface Temperature: A Case Study of Indianapolis, United States; *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*;75;3: 291-304

- Krejčíková P., 2010: Krajinné prvky v posttěžební krajině Sokolovska, Diploma thesis, Dept. of Landscape Ecology, Faculty of Life Sciences, CULS in Prague
- Pecharová, E., 2004: Vybrané aspekty obnovy funkce krajiny narušené povrchovou těžbou hnědého uhlí. Habilitační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2004.
- Pecharová E. 2008: Metodika zpracování aktuálního land use. In Soubor speciálních tematických map, metodik a metodických postupů ke stanovení funkčních aspektů krajiny pro správní území Horní Stropnice a Nové Hrady. 7 p., ISBN978-80-87154-31-1, Lesnická práce s.r.o., Kostelec n.Č.l. Czech Republic
- Pecharova, E., Hezina, T., Prochazka, J., Prikryl, I., Pokorny, J., 2001: Restoration of spoil heaps in Northwestern Bohemia using wetlands. Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands 129 – 142, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Procházka J., Brom J., Nedbal V., Pecharová E., 2010: Vegetation cover and their functioning in dependence on the reclamation of the Velká podkrušnohorská dump during last 20 years using satellite data analysis, SWEMP2010, conference proceedings, ISBN 978-80-213-2076-5, CULS Prague, 2010
- Pokorny, J., 2001: Dissipation of solar energy in landscape-controlled by management of water and vegetation. Renewable Energy 24, 641-645.
- Quattrochi, D. A., & Ridd, M. K., 1998: Analysis of vegetation within a semi-arid urban environment using high spatial resolution airborne thermal infrared remote sensing data. Atmospheric Environment, 32, 19–33.
- Ripl, W., 1995: Management of water cycle and energy-flow for ecosystem control – the energy-transport-reaction (ETR) model. Ecological Modelling, 78, 61-76.
- Weng Q., 2009: Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 64, Issue 4, July 2009, Pages 335-344, ISSN 0924-2716,

Unpublished:

- Pecharová E., Engstová B. 2009: Reconstruction of vegetation of the dumps in Sokolov region. Unpublished report to unpublished report to project 2B08006, in Czech
- Sýkorová Z., Haisová M., Šťastný J., Cudlín O. 2008: Reviewed method of current land use mapping. Unpublished report to unpublished report to project 2B08006, in Czech
- Tesařová B., Pechar L., Justová H.,: Current land use in Sokolov region – background for environmental risk assessment in post-mining landscape, 2010 unpublished report to project 2B08006, in Czech

Time	Emis.	Dist.	Refl. Temp.	Atm. Temp.	Atm. Trans.	Hum.	Ext. Opt. Temp.	Ext. Opt. Trans.	Lens	Filter
13:00 -15:00 pm	0,92	5,0 m	22	20	0,99	40%	5	1	45	NOF
6:00 - 8:00 am	0,92	5,0 m	22	20	0,99	40%	5	1	45	NOF

Table 1: ThermaCAM S65 HS parameters for the two flights on 27-July-2009

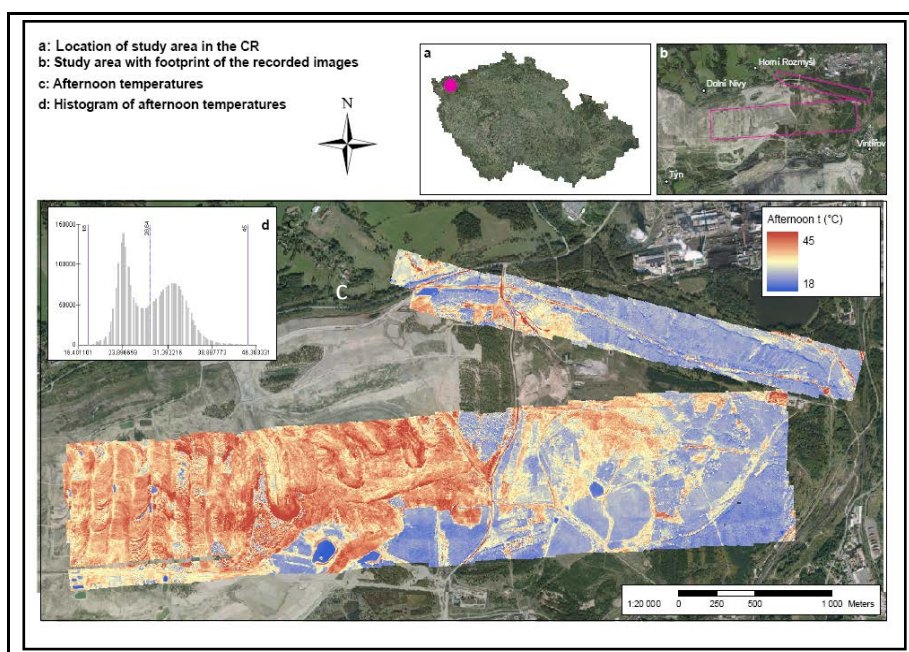


Figure 1: Location of the study area and presentation of data for afternoon temperatures (source: Krejčíková 2010)

LULC code	LULC type	LULC subtype
2.1	Pastures and meadows	Pasture - clover
2.3		Mezophilous meadows
3.1	Wetlands	Wetlands - reeds, sedges
3.2		Wetlands - willows, alders
4.0	Succession sites	Succession sites-semicolon stages
4.1		Succession sites - pioneering woody species
4.1.2		Succession sites - pioneering woody species lower than 2 m
4.1.3		Succession sites - pioneering woody species lower than 3 m
4.1.5		Succession sites - pioneering woody species lower than 5 m
4.4		Succession sites - prevailing Calamagrostis
4.5		Closed succession stages of meadow type
4.6		Succession sites -bare dump
4.8		Subxerophytous stands with pioneer wood species
6.1		Forests
7	Water body	Water body
9.1	Built-up areas	Continuous urbanized town area
9.2		Scattered village housing
10.0.1.j	Artificial reclamation	Forestry reclamation higher than 2 m - coniferous
10.0.1.l		Forestry reclamation higher than 2 m - deciduous
10.0.1.s		Forestry reclamation higher than 2 m - mixed
10.0.2.j		Forestry reclamation 1-2 m high - coniferous
10.0.2.l		Forestry reclamation 1-2 m high - deciduous
10.0.2.s		Forestry reclamation 1-2 m high - mixed
10.0.3.j		Forestry reclamation 0.5-1 m high - coniferous
10.0.3.l		Forestry reclamation 0.5-1 m high - deciduous
10.0.4.s		Forestry reclamation lower than 0.5-1 m - mixed

Table 2: Land cover and land use types occurring on the VPV and mapped in summer season 2010 (source Sýkorová et al., 2010 unpublished)

	T_m	T_a	D	LANDSAT
Min (°C)	0,8	0,4	1,1	22
Max (°C)	17,4	62,1	48,8	36
Mean (°C)	9,59	28,9	19,93	28,29
STD (°C)	1,1	4,57	4,7	3,3
No. of pixels	1 476 181	2 165 323	1 391 642	6 020

Table 3: Basic statistics for the three thermal rasters (source: Krejčíková 2010)

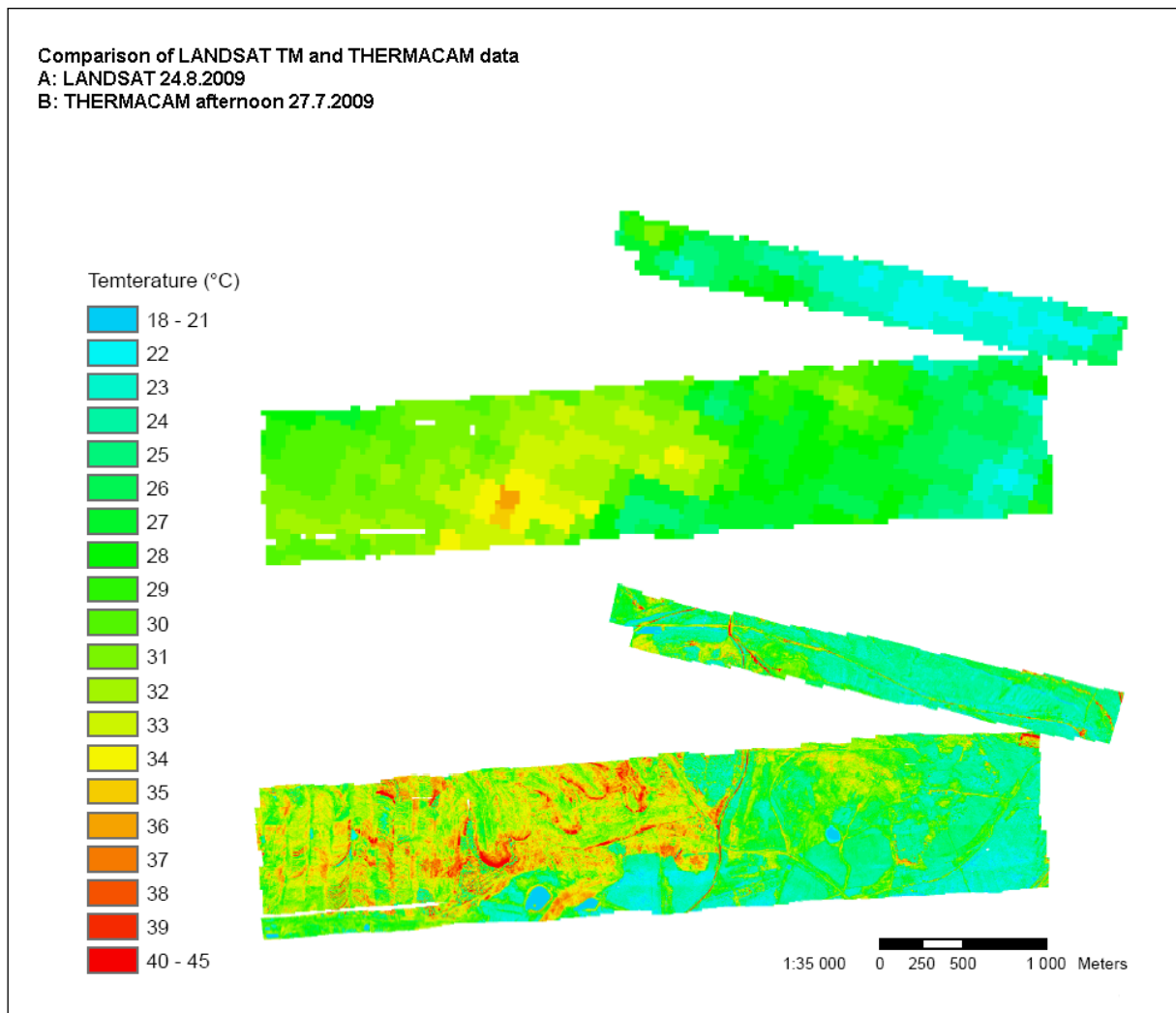


Figure 2: Comparison of classified thermal data from LANDSAT and ThermaCAM (source: Krejčíková 2010)

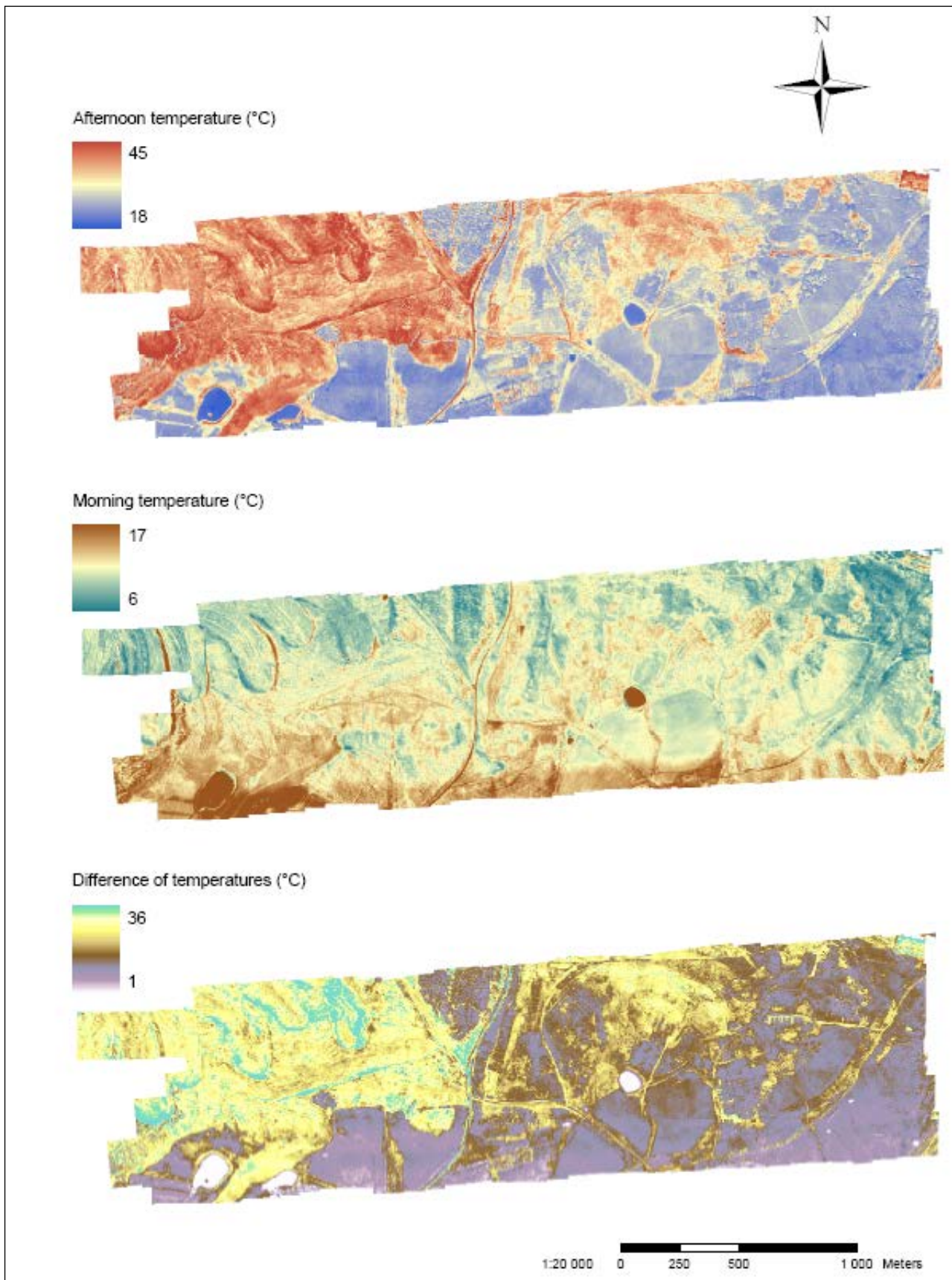


Figure 3: Rasters T_m , T_a , and D in the extent of the T_m raster (source: Krejčíková 2010)

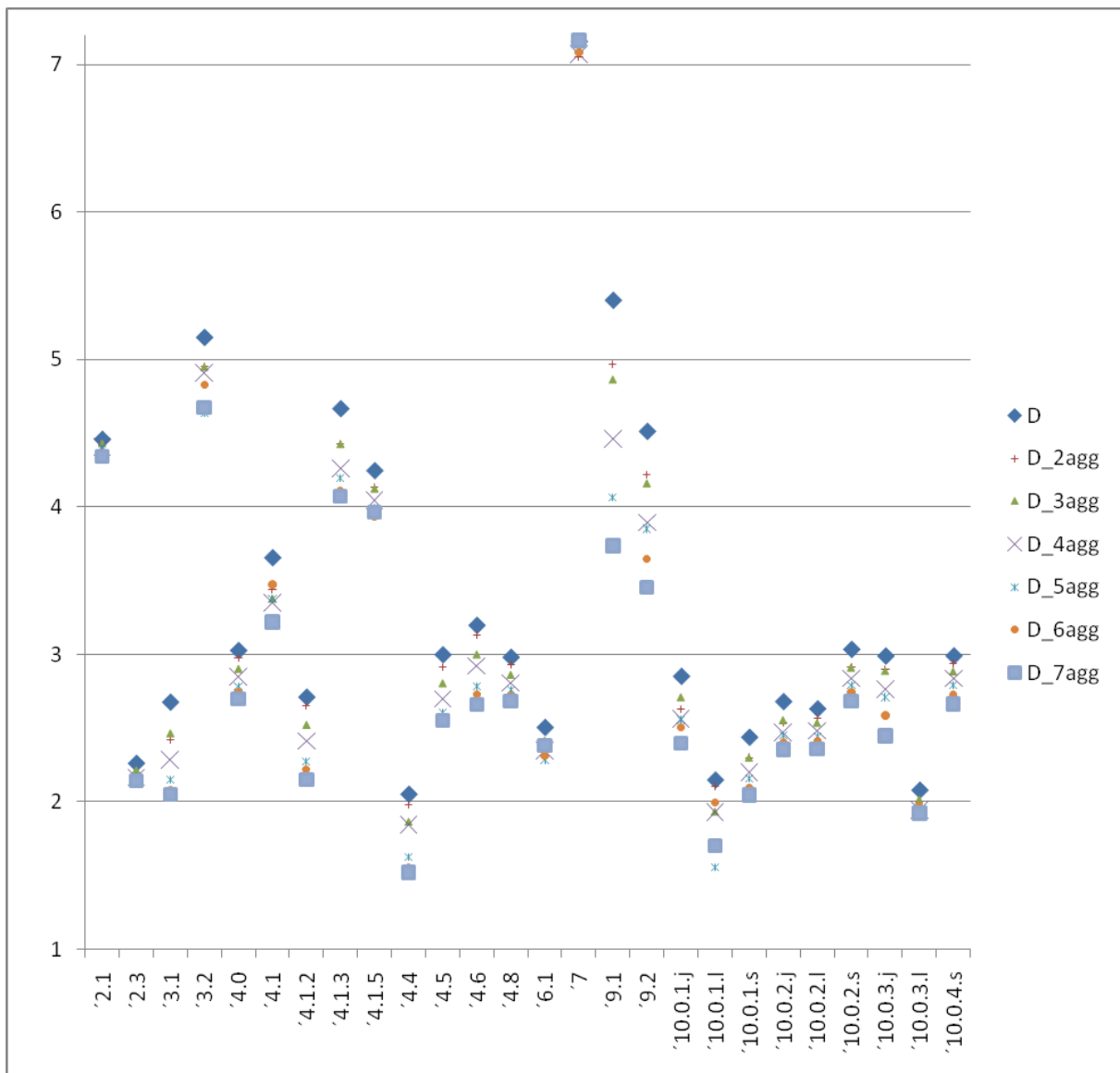


Figure 4. Change in standard deviation of values of D (°C) for individual LULC (sub)types with aggregating the raster pixel size

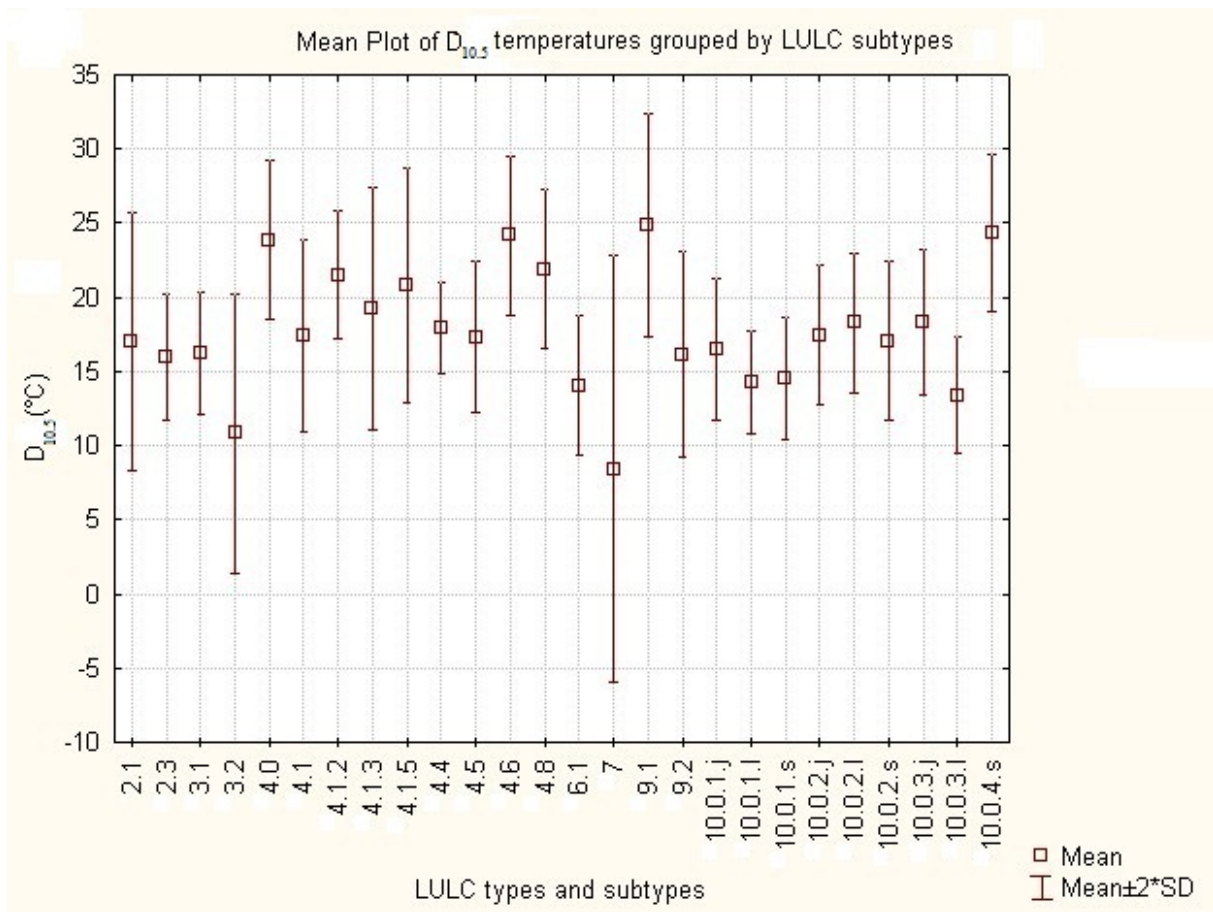


Figure 5: Mean plot of $D_{10.5}$ within zones of individual mapped LULC subtypes

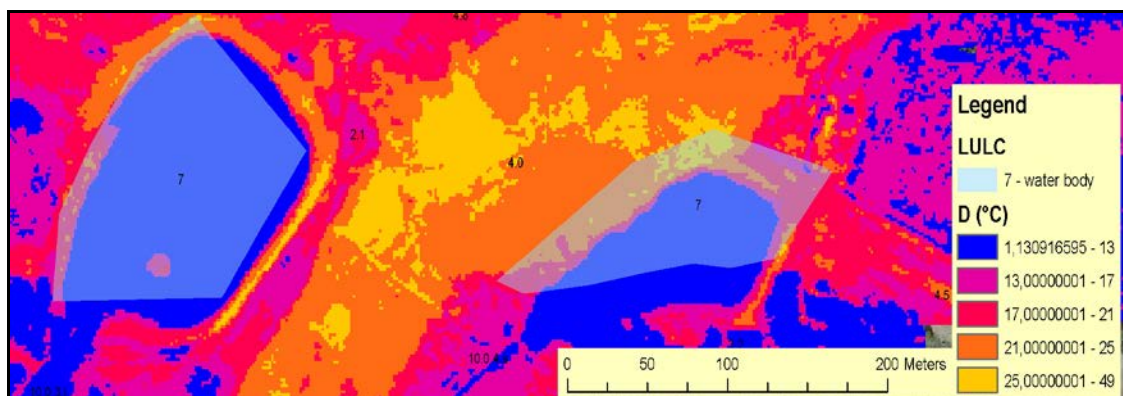


Figure 6: Location of two water bodies over D thermal raster

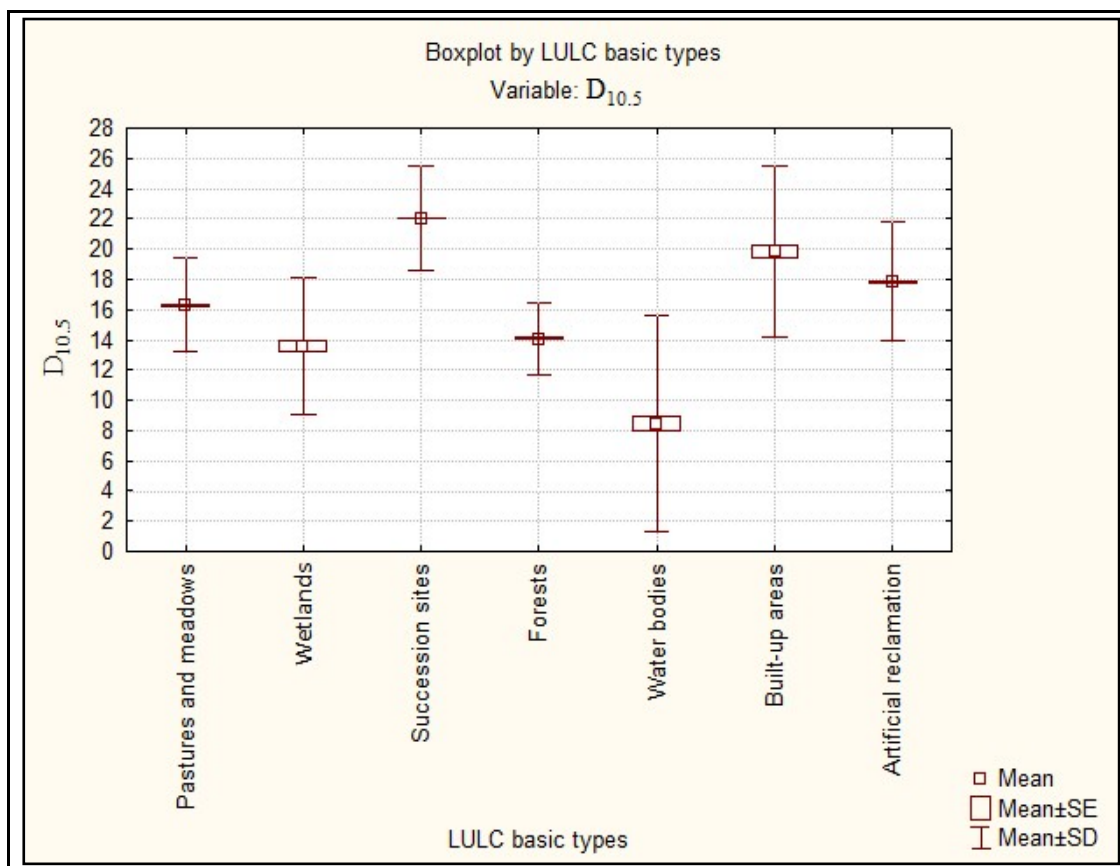


Figure 7. Mean, standard error and standard deviation plot of $D_{10.5}$ grouped by LULC basic types

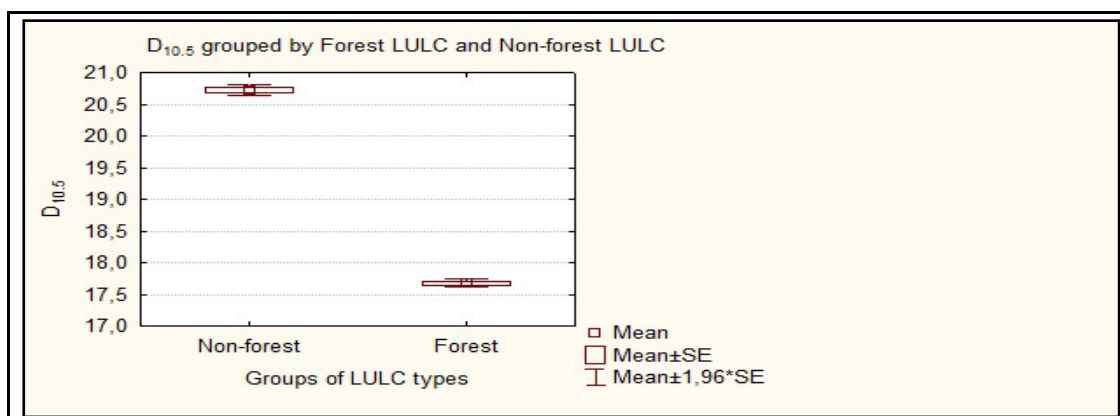


Figure 8: Box & Whisker plot of mean, standard error and standard deviation of $D_{10.5}$ in groups of forest and non-forest LULC types

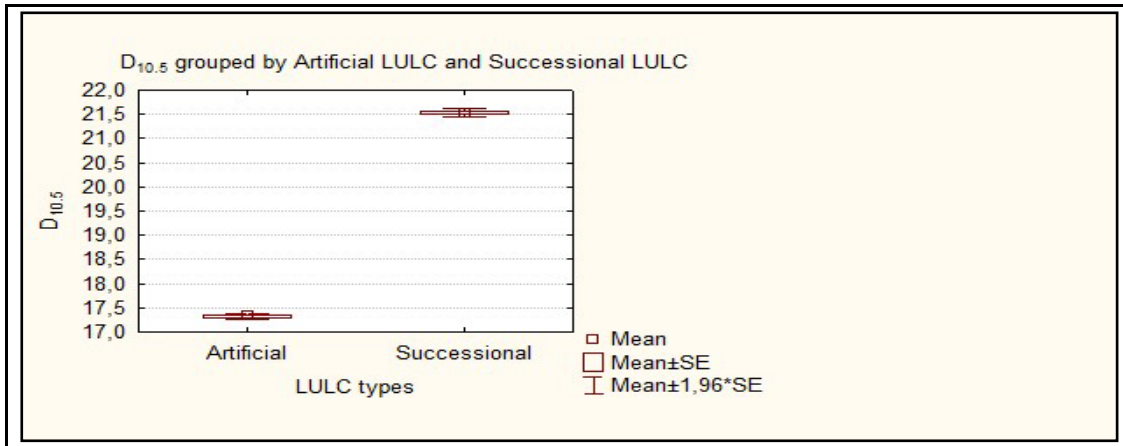


Figure 9. Box & Whisker plot of mean, standard error and standard deviation of $D_{10.5}$ in groups of artificial and successional LULC types

TOURIST ATTRACTIVENESS AND THE INTENSITY OF RECREATIONAL USE OF PRAGUE SUBURBAN FORESTS

IVANA KAŠPAROVÁ, VLADIMÍR ZDRAŽIL

Czech University of Agriculture Prague, Faculty of Forestry and Environment, Laboratory of Landscape Ecology, 281 63 Kostelec nad Černými lesy, The Czech Republic, e-mail: kasparova@knc.czu.cz

Abstract

Kašparová I., Zdražil V.: Tourist attractiveness and the intensity of recreational use of Prague suburban forests. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 25, Supplement 3/2006, p. 53–67.

The questions of definition, use and management of suburban forests during recent years are an important part of forestry research. The intention to spend free time in the forests in the Prague surroundings can be envisaged from two basic aspects – accessibility and attractiveness of the target. Contrary to the situation abroad, a specific phenomenon of weekend recreation in small weekend chalets has to be encountered as it has, namely near Prague, more than a hundred year tradition and significantly directs the visits into the close large forest complexes. There have arisen other facilities and equipment in the localities with traditional chalets accumulation which are attractive for a short-time (half day, one day) visits. Therefore, analysis of chalets location on forest land was a part of the project. The intensiveness of recreational use was analysed as coincidence of touristic attractiveness and the number of Prague inhabitants living within a certain distance from the forest.

Key words: suburban forests, non-production forest services intensity of recreation use, weekend recreation, signed hiking and cycling trails, accessibility by public transport means, horse riding

Introduction

During the years 2003–2005, we dealt with assessment of the recreational pressure on forests in the surrounding area of the capital city and the specifications of the approach to this assessment. Recreational intensity was particularly considered in connection with the need to support and specify definition of forest stands fulfilling the purpose of suburban forests, i.e. fulfilling the requirements for performance of non-production forest services (Šišák, 2004; Tyrvainen et al., 2003) required by the inhabitants of Prague, definition of the area with some form of protection of the region, which could limit recreational use and derivation of the intensity of recreational use of the forests.

Interest in spending free time in forests in the surrounding area of Prague can be predicted from two basic starting points – accessibility and attractiveness of the destination (Donis, 2003; Klufová, Rost, 2003). On the contrary to the situation abroad (de Vries, Goossen, 2002) the phenomenon of weekend recreation, which has nearly a hundred years of tradition, particularly in the surrounding area of Prague and significantly directs the time Prague inhabitants spend in forests to the nearest large forest complexes, must also be considered in the Czech Republic. In places where traditional chalet developments are the destination of weekend (i.e. two-day) trips by Prague inhabitants, other facilities and amenities have originated during the existence of these chalet settlements, which are also attractive for short-term (one-day, half-day) stays. Consequently assessment of recreational objects on forestland was a part of the project that could not be omitted.

The forest as a destination for recreation is influenced by the range of opportunities that the visitor is offered, being this a seasonal collection of forest fruits or the opportunity of safe walks through forest growth. The Prague suburban area, again with a long tradition, is well equipped with signed hiking paths and recently the range of signed cycle paths has been greatly expanded, including the opportunity of using Prague public transport to travel to starting points on cycle paths. Consequently, similarly to abroad, the range of hiking and cycling paths is an important attraction for short-term recreation.

Horse riding services are also offered in the area surrounding Prague.

Only two official sites for swimming can be found in the surrounding area of Prague (source: HEIS TGM Water Management Research Institute), of which only Slapy are within the area of interest and so the existence of the water course as a tourist attraction was not taken into account.

The results of evaluation of the complex recreational potential, which also includes evaluation of the aesthetic and cultural attractiveness of the given territory (Křížová, 2002), were also used during the analysis. The first examined component of the recreational intensity was attractiveness – the sum of considered offers that bring Prague inhabitants to the surrounding forests.

The second aspect of tourist visits is the accessibility of the destination. The solution did not include independent examination of the method of transport used by Prague inhabitants to arrive at recreation points in the forest. However the surrounding area of Prague is very well serviced by Prague public transport (ROPID). There are bus stations at all more important crossroads and turn offs to residences and with regard to the fact that entry into forests is forbidden to private vehicles, ROPID stations cover the same sites that are possible to reach by private vehicle. Consequently only the network of ROPID stations was used for analysis of accessibility.

The third aspect for determining the short-term tourist burden is the number of inhabitants in Prague within a certain distance from the considered forest stand. In combination with the tourist attractiveness of the area the intensity of the short-term (day or weekend) recreation within the examined area can be derived.

Material and methods

Definition of the area of investigation and analyses

Evaluation of the tourist attractiveness and recreational intensity took place within the proposed borders of zone I and zone II of Prague suburban forests. These borders were not yet firmly determined at the mentioned time, their measurement and localisation was not the subject of our investigation. Analyses of the recreational use of the forests were performed in all cadastres affected by the proposed recreational forest zones, detailed analyses particularly in zone I, intended for short-term recreation. The reason and method of determining zones I and II is given (Podrázský et al., 2005; Vyskot et al., 1997) and the compiled analyses of the intensity of active tourist traffic then served for precise determination of the cadastres with Prague suburban forests.

- Definition of the area with some form of protection, which may limit the intensive recreational function of the forest.
- Respect of the requirements to define the resulting area by the borders of the cadastre.

Used data

- Protected areas – freely available data (HEIS Water Management Research Institute, Ministry of the Environment) provided by the WMS service.
- Complex recreational potential: manual digitalisation of the tourism potential analysis (Institute for Planning Development 2002) for each cadastre of the Central Bohemian Region. Source: Křížová, 2002.
- Horse riding – searching out all horse stables and farms and riding schools in available information sources (special information servers, the telephone book).
- Hiking paths – manual digitalisation from scanned hiking maps (SHOCKART).
- Cycling paths – vector data provided by the Regional authority of the Central Bohemian Region and supplemented by manual digitalisation of paths suitable for cycle tourism according to hiking maps. Sets of pedestrian paths and cycle paths were then combined into one.
- Chalets on forestland: a list of forestland plots on which there is limited forest production function. Lists provided by the Land Registry Office of the Central Bohemian Region. For the purposes of the analysis the land plots were counted for each cadastre.
- ROPID stations – a vector map provided by ROPID, 2003.
- The number of inhabitants in Prague according to cadastres, the number in 2001 – the Municipal Authority of the capital city of Prague, an excel file.
- Forest areas – borders of forest areas according to District Plans for Forest Development, a vector map, Institute for Forest Management Brandýs n. L. – Regional Authority of the Central Bohemian Region.

The used procedures

The analysis of the intensity of recreational use of the forest and definition of the forms of protection of the territory were compiled in the environment of the ArcGIS 8.1 and ArcView 3.2 information systems. As is usually proven during similar projects, the most time and work must be devoted to entering source data and transforming it into classification of cadastres. Because during the course of examination modifications of the definition of the examined subject occurred, it was also necessary to modify and supplement data for analysis of the tourist burden in territories, which were not considered during preceding phases of working up the project.

During actual compilation of the analysis the properties of the examined territory were expressed by means of vector or grid data models as necessary.

Protected areas

Protective zones of water sources, borders of protected areas of natural accumulation of water, vulnerable areas (according to the Water Act 254/201), borders of small area and large area protected territories and borders of nature parks were all marked in the protected territories. (According to the Nature Protection act 114/1992).

Intensity of recreational use of the forest

The following were evaluated for each hectare of territory.

Evaluation of the individual components

Recreational potential assumed the classification of the compiler.

Horse riding was classified simply by the existence or non-existence of occurrence of at least one horse stable, riding school or farm, offering services to the public within the given area.

Presence of hiking and cycle paths in the forest or its nearest surroundings, for example along the edge of the forests it was established by penetrating within 100m from paths and forest areas.

Density of chalets on forestlands within the cadastre was calculated as a proportion of the number of land plots with a chalet compared to forest soil within the given cadastre. Because the areas of land plots with a chalet were not known, the calculated values only express the frequency of the phenomenon not its size. In spite of this it is possible to infer that if there are more land plots with a chalet on the territory of one cadastre than anywhere else, there is a greater frequency of visitors in this forest area than elsewhere.

Accessibility of the forest from Prague public transport stations was investigated similarly to accessibility of the forest from hiking paths by calculating a 1000 m envelope zone (buffer) around the station and establishing whether the given area of forest is located within this zone. The used data system naturally also covers train stations, used for passenger transport, because these occur in a great part of the proposed territory of zone II and within the whole of the proposed territory of zone I as part of Prague public transport.

Variables ST, CH and PID were re-classified by Jenks' (1967) optimised natural breaks method.

In the following steps the RP, K, ST, CH, and PID components were summarised into the calculated TA variable, tourist attractiveness, and each hectare of investigated territory acquired a value on the scale of 0-8, during which time the value 0 was the least and the value 8 the highest tourist attractiveness of the territory and a greater intensity of recreational use of the forest can then be derived from it.

$$TA = RP+K+ST+CH+PID$$

The TA variable was again classified using Jenks' (1967) method.

For classification of the cadastre according to tourist attractiveness the values of the PID and ST variables were calculated as a percentage of forest soil, on which the existence of PID or ST are applied. The PID and ST variable then acquires values in the range of 0 to 100 percent, after reclassification using Jenks' (1967) method, values from 0–3 (Table 1).

The intensity of recreational use was analysed as the concurrence of the tourist attraction of the territory and

T a b l e 1. Components of touristic attractiveness

analysis component – variable	classification	classification import
1. RP – recreational potential	0–3	3 is the highest
2. K – existence of a horse farm within the cadastre	0–1	1 – at least one exists
3. ST – within 100m of hiking or cycle paths	0–1	1 – located within 100 m of the surrounding area
4. CH – density of chalets on forest land	0–3	3 is the highest
5. PID – within 1000m of a ROPID station	0–1	1 – within 15 minutes walk from a Prague public transport station

the number of Prague inhabitants, living within a certain distance from this territory. A P10 and P20 value was calculated for each hectare of investigated territory.

Results and discussion

The results of the investigation showed that each of the considered variables influences the resulting recreational intensity within the chosen territory. The results were chiefly compiled for forest areas, so that they could be used for specifying the resulting border of Prague suburban forest zones. Evaluation by cadastre enables faster orientation in localisation of values of individual variables, during interpretation it is always necessary to take into account the size of the forest territory within the considered cadastre.

The existence and size of the protected territory was not included among the factors, which significantly positively or negatively influence the intensity of short-term or weekend recreation for the time being (Fig. 1). In the case of large area protected territories, such as protected areas of natural water accumulation, vulnerable areas or hygienic protection zones or military zones, their negative – restrictive influence is expressed by entry being forbidden into some of these areas and consequently the absence of the evaluated components of tourist attractiveness. On the contrary large area protected areas – CHKO (Protected Landscape Areas) or nature parks – express protection and the aesthetic quality of the landscape and this is contained within the evaluation of the recreational potential (Křížová, 2002).

Classification of tourist attractiveness within the territory defined by zone I of the Prague suburban forest, proposed in June 2005

Classification by values 1–8 also issues from the methodology of determining tourist attractiveness, during which the value 1 is the lowest and 8 the highest tourist attractiveness (Table 2). In the picture the TA value is only portrayed for forest territories (Fig. 2). Representation of the individual values within the forest territory is given in Table 3.

The value of most of the forests proposed for zone I is at least 2, which means that they contain either a significant density of recreational chalets, or a significant recreational potential or – and this is the most frequent case – are easily accessible by means of public transport in combination with another tourist opportunity (hiking paths, chalets, horse riding or a lower recreational potential).

The number of Prague inhabitants who live within 20 km of the chosen site

This value is calculated for 1 hectare of area surrounding Prague to a distance of 20 km. A similar method was used to calculate the number of Prague inhabitants within 10 km of the selected site. It is clear that only some Prague inhabitants have a larger forest complex within 20 km distance and so the majority of visitors travel a greater distance to visit the

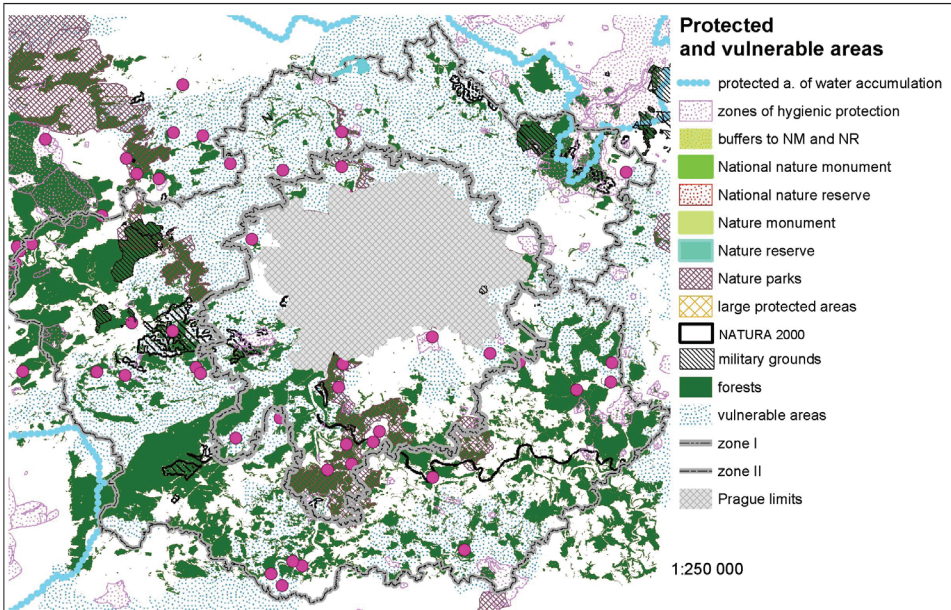


Fig. 1. The factors, which significantly positively or negatively influence the intensity of short-term or weekend recreation for the time being.

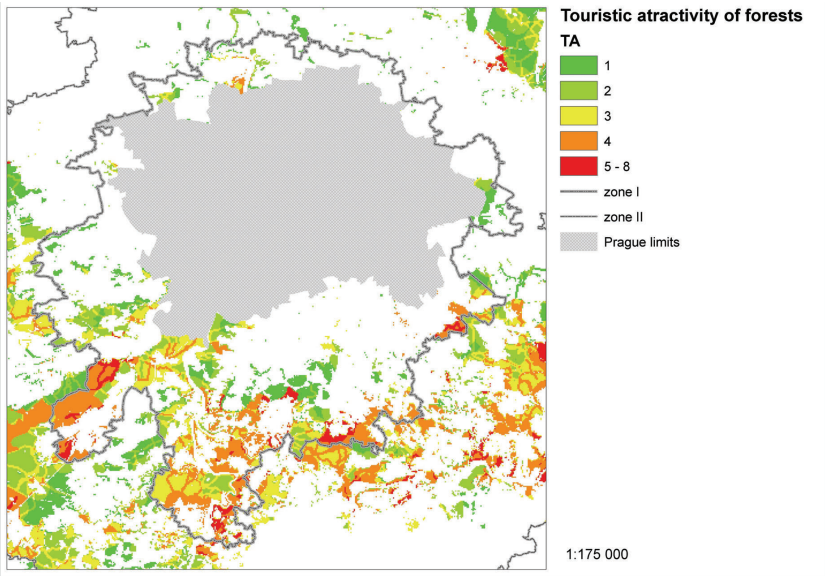


Fig. 2. Classification of tourist attractiveness.

T a b l e 2. Classification of possible number of visitors

analysis components	classification	classification import
6. P10 – number of Prague inhabitants living within 10 km	0–4	(0 = to 10 thous., 1 to 250 thous., 2 to 500 thous., 3 to 750 thous., 4 more)
7. P20 – number of Prague inhabitants living within 20 km	0–4	(similar scale)

For calculation of the IRE recreational intensity in forests the classification of tourist attractiveness was weighed by the P10 or P20 value. Consequently $IRE_{10} = TA * P_{10}$, $IRE_{20} = TA * P_{20}$

T a b l e 3. Frequency of TA values in forests of investigated area

TA	0	2	3	4	5	6	7	8
percent	3.97	21.16	21.06	18.36	8.76	3.54	0.95	0.02

TA is the calculated and classified value for tourist attractiveness in the range (0.8) shown with percentage of forest area in the investigated area the each value covers.

forest. With regard to the fact that most large forest complexes are located farther than 10 km from the boundaries of Prague, the P10 value does not have a significant influence on the intensity of recreation in Prague suburban forests (Fig. 3).

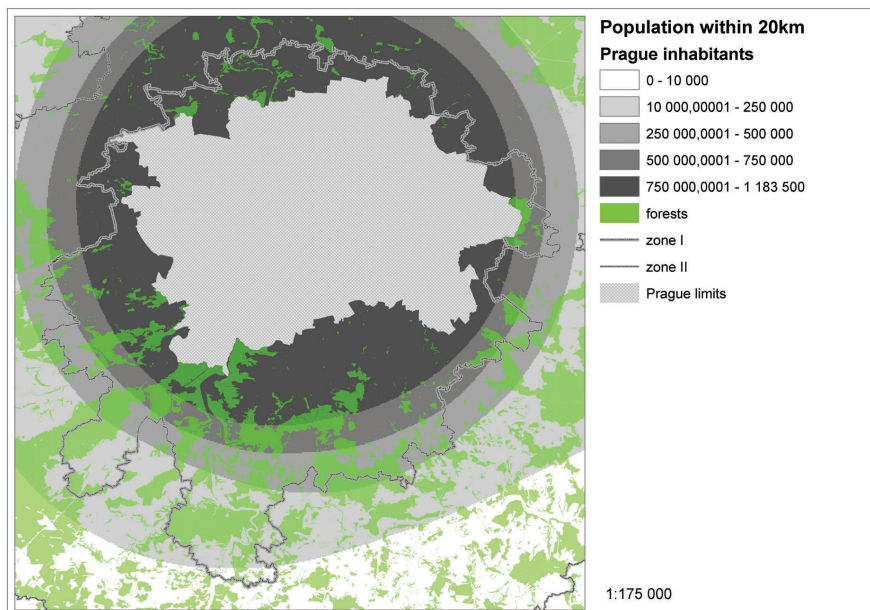


Fig. 3. The number of Prague inhabitants who live within 20 km of the chosen site.

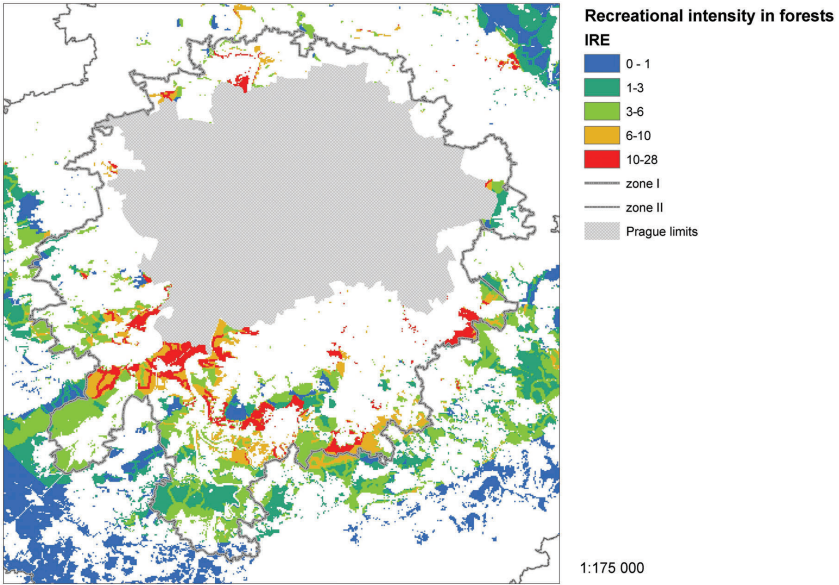


Fig. 4. Classification of the intensity of recreation.

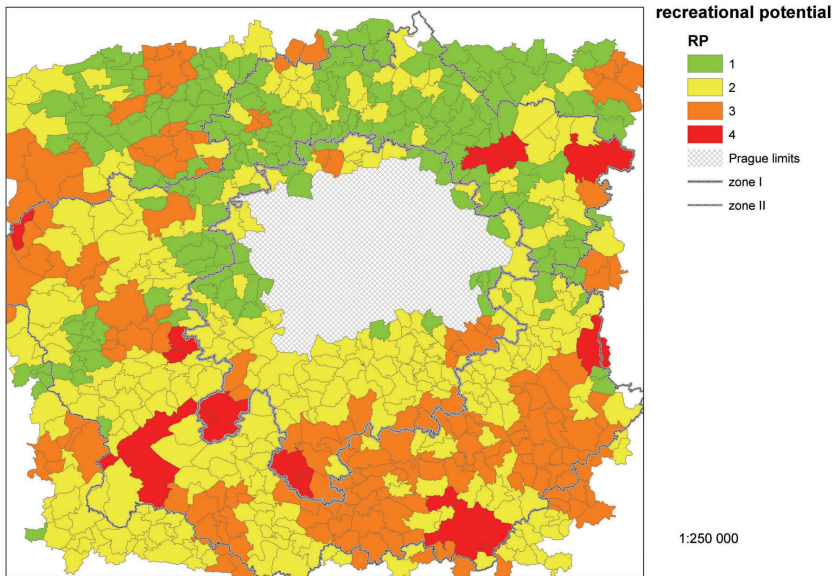


Fig. 5. Recreational potential.

Classification of the intensity of recreation while taking into account the number of Prague inhabitants living within 20 km of the selected site

The primary result of investigation of the tourist burden on forests in the surrounding area of Prague shows that nearness to Prague and accessibility by public transport together with the offer of signed hiking and cycle paths must lead to a very high recreational intensity. On the resulting scale, the blue values at intervals (0.1) represent areas that less than 10 thousand Prague inhabitants can reach within the considered distance (20 km) or where there are no considered attractions, consequently where the assumed recreational intensity is low. Intensively assumed recreation is symbolised by the red part of the scale, it identifies forests with a greater tourist burden, which are within the reach of a greater number of Prague inhabitants and are more attractive to tourists (Fig. 4). Each hectare of forest territory is identified by a colour. The separated IRE values on forest territory within the investigated area are shown by the Table 4.

T a b l e 4. Distribution of IRE values within forests of investigated area

IRE	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	2	3	4	5
percent	4	7.1	6.6	6.7	6.5	2.6	0.8	0.2	0	8.4	9.6	10.7	14.2	4.2
IRE	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	21	24	28
percent	6.3	0.4	4.3	1.1	1.4	3.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.1	0.14	0	0

IRE is the calculated value of intensity of recreation in the range (0–28), percentage stands for portion of forests within the investigated territory holding the relevant IRE value

IRE is the calculated value of intensity of recreation in the range (0.28), percentage stands for portion of forests within the investigated territory holding the relevant IRE value.

It is clear that the majority of forest is located within the area of medium intensive short-term recreation. The following pictures document how the tourist attractiveness values, some of their components and the resulting recreational intensity were converted to classification of whole cadastres.

Recreational potential

The value of recreational potential was only available for the whole cadastre. The colour scale maintains the author’s evaluation, green means a lower and red a higher recreational potential of the cadastre (Fig. 5).

Short-term recreation

Short-term (half-day) recreation is characterised by the proportion of hiking or cycle paths within 100 m of the forest area in the cadastre or forest areas a distance of 1 km from

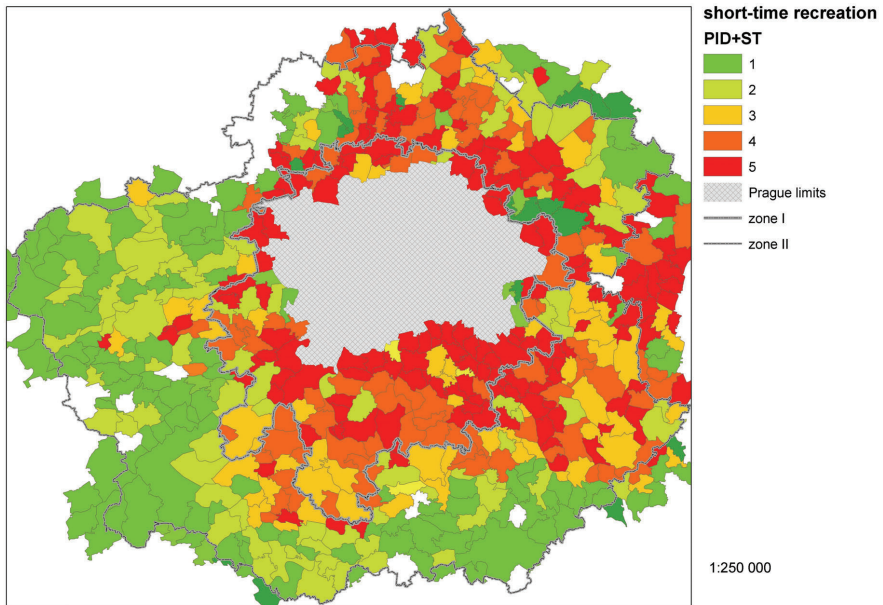


Fig. 6. Short-term recreation.

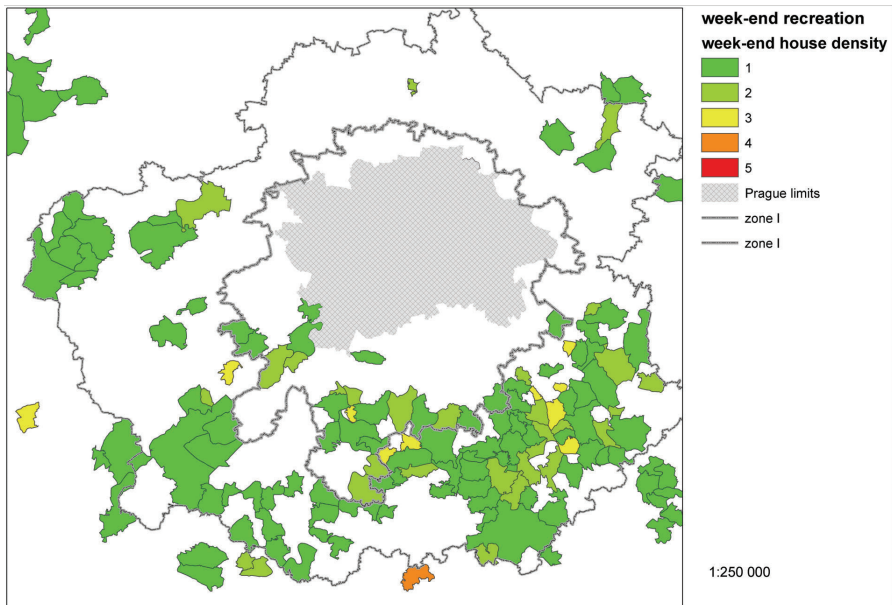


Fig. 7. Weekend recreation.

a Prague Public transport station. This concerns the average value of the sum of ST+PID variables on forest land within the cadastre. The colour scale expresses classification by the optimised natural breaks method from the lowest value of 0 to the highest value of 5. The value 0 (white) means that the cadastre either contains no forest or the forest does not fulfil the condition of distance from public transport or there are no hiking or cycle paths passing through it. Zone I particularly has excellent access to forests by means of Prague public transport, which significantly increases the opportunity for short-term recreation in the local forests (Fig. 6).

Weekend recreation

Two-day, weekend recreation is characterised by the density of chalets – the frequency of land plots with a chalet on forest land in the individual cadastrals. The colour scale expresses the quantification into 5 classes – from class 1 signifying the lowest density of 0.0007 to the highest class 5 for a density of 3.16. The average density value is 0.26, i.e. 26 chalets per 1 km² of forest land within the cadastre. However the median is regularly lower – 0.046, i.e. approximately 5 chalets per 1 km² of forest soil. It is also not possible to precisely derive the number of persons who may visit the given territory from the frequency of recreational buildings. The personal experience of forest property managers within the affected territories confirms that the increasing mobility of chalet owners means an in-

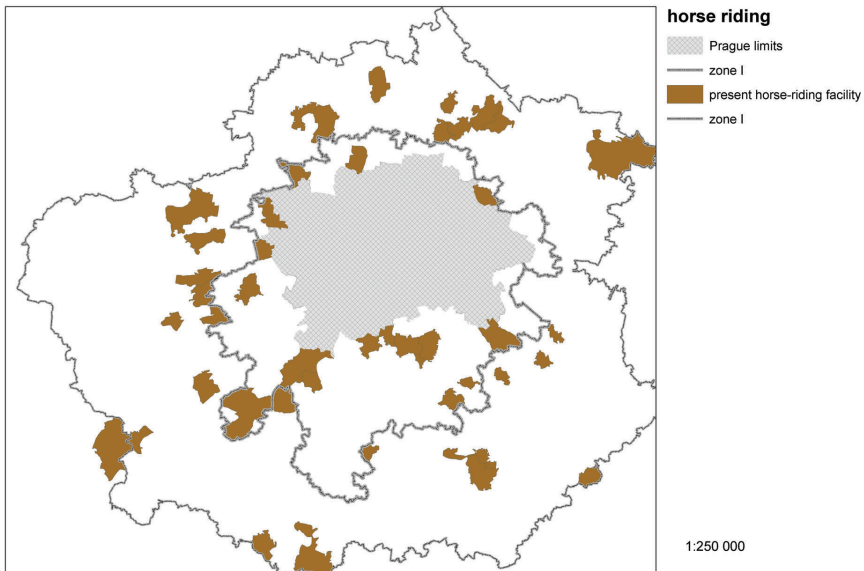


Fig. 8. Horse riding.

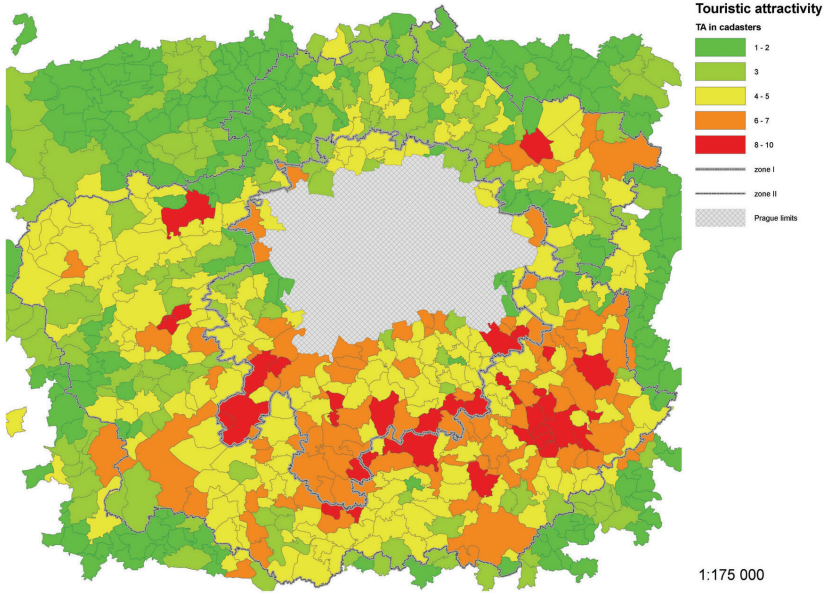


Fig. 9. Generalisation of recreational intensity IRE20.

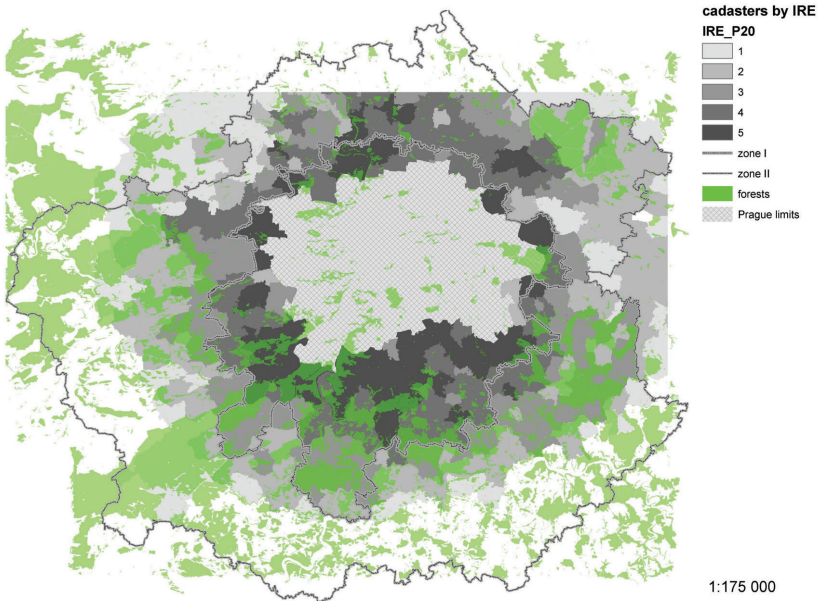


Fig. 10. Generalisation of recreational intensity IRE20.

crease in the recreational intensity within the considered areas, in spite of the fact that this concerns territories at the limit and sometimes even over the limit of accessibility by Prague public transport (Fig. 7).

Horse riding

Cadastrs with the opportunity of horse riding. Most cadastrs with the opportunity of horse riding within the considered territory have a small or no forest area. Consequently this characteristic was not considered when evaluating short-term recreation within forests, it was only applied during evaluation of the overall attractiveness of the forest territory and derivation of the recreational intensity (Fig. 8).

Generalisation of recreational intensity IRE20

This analysis transfers the results of evaluation of tourist attractiveness of forestland (see Fig. 1) to evaluation of the cadastrs. This concerns the average of RP, CH, ST, PID and K values within the given cadastre, while the PID and ST variables acquire the values of 0-3. This evaluation is mostly influenced by the values of recreational potential and horse riding, because these characteristics are not dependant on the area of forest within the given cadastre (Fig. 9).

Generalisation of recreational intensity IRE20

The recreational intensity in dependence on the number of inhabitants of the capital city who live within 20 km of the investigated territory is similar to the analysis for the 1-hectare grid (Fig. 3). For classification according to the cadastre the average tourist attractiveness within the cadastre and the number of Prague inhabitants living within 20 km was calculated as a product, the resulting values were re-classified into a scale of 1–5. From the analysis it is clear how cadastrs that are very close to the capital city of Prague are accessible to a greater number of inhabitants, which issues not only from the number of inhabitants but also from the density of public transport stations. Unfortunately these cadastrs are usually poor in forest and so Prague inhabitants are also willing to travel to more distant forest complexes, as is inferred for example by localities with weekend recreation (Fig. 10).

Conclusion

The compiled classification of the territory (in 1-hectare grids or according to the cadastre) serves as a basis for the precise boundaries for determining zone I and II of Prague suburban forests and for specifying the method of management of these forests. The graphic expression of the quantification of the concurrence of the considered agents, which influence short-term visits to these forests as a destination for recreation by Prague inhabitants,

the same as the table of cadastres with the relevant qualification of tourist attractiveness and recreational intensity, were identically valid for the given target. The correctness of the approach was only confronted with the empirical knowledge of the given territory, referring to the personal knowledge of the solvers and the data administrators. For a more specific analysis it would also be suitable to verify the approach by another procedure for example a questionnaire investigation among forest managers or confrontation with transport surveys.

Translated by I. Kašparová

Acknowledgement

The research presented here was supported by the Research and Development grant 640/07/03, Management of Forests in the peri-urban area of the capital city of Prague with regard to their functional use, Ministry of the Environment, 2005.

References

- de Vries, S., Goossen, M., 2002: Modelling recreational visits to forests and nature areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1, 1, p. 5–14.
- Donis, J., 2003: Designating a greenbelt around the city of Riga, Latvia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2, 1, p. 31–39.
- Jenks, G.F., 1967: The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, p. 186–190.
- Klufová, R., Rost, M., 2003: GIS for analysis of tourism and recreation intensity. *Proceedings GIS. VŠB TUO, Ostrava*.
- Křížová, B., 2002: Evaluation of the tourism potential in the Czech Republic. Institute for Planning Development Brno, report for the Ministry of the Environment and the Ministry for Local Development.
- Podrázský, V. et al., 2005: Management of forests in the peri-urban area of the capital city of Prague with regard to their functional use. From the Research and Development grant 640/07/03, Ministry of the Environment.
- Šišák, L., 2004: The recreational function of forest – other forest products and forest visit rate. Ministry of Agriculture CR, Praha, Forest Management Institute Brandýs nad Labem.
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, H., Kolehmainen, O., 2003: Ecological and aesthetic values in urban forest management. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1, 3, p. 135–149.
- Vyskot, I. et al., 1997: Quantification and quantitative evaluation of the overall social functions of forests in the Czech Republic. Ministry of the Environment CR, Praha.

Received 10. 4. 2006

Kašparová I., Zdražil V.: Turistická atraktivita a intenzita rekreačního využívání přípražských lesů.

Otázka definice příměstských lesů, jejich užívání a hospodaření s nimi je v poslední době důležitou součástí lesnického výzkumu. Zájem trávit volný čas v lesích v okolí Prahy je možné předvídat ze dvou základních východisek – dostupnosti a atraktivity cíle. Na rozdíl od situace v zahraničí je v Čechách třeba navíc uvažovat i fenomén tradiční víkendové rekreace, která má zvláště v okolí Prahy téměř stoletou tradici a významně usměrňuje pobyt Pražanů v lese do nejbližších velkých lesních celků. V místech, kde je tradiční chatová zástavba cílem víkendového (tj. dvoudenního) výjezdu Pražanů, vznikla za dobu existence chatových osad a kolonií i další

zařízení a vybavení, která jsou atraktivní i pro krátkodobý (jednodenní, půldenní) pobyt. Proto vyhodnocení rekreačních objektů situovaných na lesních pozemcích bylo neopominutelnou součástí projektu. Intenzita rekreačního využívání byla analyzována jako souběh turistické atraktivity lesního území a počtu obyvatel Prahy, žijících v určité vzdálenosti od tohoto území.