

# Hodnocení změn v krajině s využitím dálkového průzkumu Země

*M. Hais, J. Brom, E. Pecharová: Evaluation of Landscape Changes by Remote Sensing. Život. Prostr., Vol., 40, No. 2, 80 – 83, 2006.*

We present a possible application of selected methods of remote sensing which are used for monitoring and assessment of landscape changes. Remote sensing enables us to assess the characteristics of land cover on both spatial and time scales. Two examples of using remote sensing are demonstrated to evaluate landscape changes in time influenced by human activity. The first example deals with the effect of a nuclear power plant on landscape and the second deals with a possible development and modelling of landscape, which has been disturbed by brown coal mining. New approach to the assessment of landscape changes is presented.

Pro hodnocení změn v krajině lze použít řadu přístupů, jedním z nich jsou i metody dálkového průzkumu Země (DPZ). Distanční snímání zemského povrchu je založeno na poznatku, že objekty či jevy, které se tam nacházejí, určitým charakteristickým způsobem ovlivňují okolí. Prostřednictvím tzv. silových polí vydávají o sobě informace, které lze zjistit na dálku měřením jejich charakteristik. Tímto silovým polem je elektromagnetické záření (Dobrovolný, 1998). Metody DPZ jsou založeny na rozdílném spektrálním chování pozorovaných objektů, každá látka na zemském povrchu se vyznačuje vlastní spektrální charakteristikou.

## Historie DPZ

Počátky „dálkového průzkumu“ sahají až do starověku, určité metody se využívaly zejména pro zjišťování pozic vojsk a podobně. Mezníkem byl vynález optické čočky, kterou Galileo Galilei (1609) použil pro studium okolního vesmíru, primitivní dalekohledy však již dříve používaly arabské a čínské národy. Dalším mezníkem ve vývoji bylo využití fotografie ze vzduchu. První takový snímek pořídil r. 1859 francouzský fotograf a balónista Gaspard Felix Tournachon, známý jako Nadar. Kolem r. 1903 se začali využívat pro špionážní účely poštovní holubi, na kterých byly připoutány fotoaparáty snímající zemský povrch ve třicetisekundovém intervalu. Problémem tohoto přístu-

pu bylo, že hladoví vojáci za nepřátelskou linií vypuštěné holuby lovili a konzumovali.

Za významnou vývojovou etapu lze považovat rozvoj letectví, počátky leteckého průzkumu sahají k r. 1908 – 1909. Značnou důležitost získala letecká fotografie v obou světových válkách, kdy bylo nutné zjišťovat vojenské pozice a určovat strategické cíle. Letecká fotografie se využívá do současnosti.

Po skončení druhé světové války došlo k bouřlivému rozvoji DPZ, vznikly nové systémy pro sledování zemského povrchu i první vesmírné programy (Apollo). Kromě optických systémů pracujících v různých oblastech spektra elektromagnetického záření, vznikli i mikrovlnné (radarové) a laserové systémy. V současné době existuje celá řada vojenských i komerčních družicových systémů (Campbell, 2002; Lillesand et al., 2004).

## Hodnocení krajinného krytu prostřednictvím DPZ

Metody DPZ se v zásadě člení na aktivní a pasivní. Pasivní metody se dále dělí na přímé a nepřímé. U pasivních metod přímých je zdrojem informace záření Slunce, odražené od zemského povrchu (např. letecká fotografie). U nepřímých pasivních metod je zdrojem měření záření vyzařované objekty na zemském povrchu nebo v atmosféře (např. termovize – zjišťování informací o teplotních vlastnostech objektů).

Skupina aktivních metod představuje způsoby vytváření obrazového záznamu, u kterých zdroj záření není přirozeného původu, ale záření je uměle (aktivně) vysíláno ze zdroje umístěného na nosiči. Část měření se od objektů odráží a zachycuje zpět na nosiči. Typickým příkladem aktivních metod jsou tzv. radarové systémy (Dobrovolný, 1998).

### Možnosti využití DPZ

Dálkový průzkum Země je možno využít pro studium a mapování různých povrchů apod., v našem výzkumu se zaměřujeme především na hodnocení krajinného pokryvu (*land cover*), využití půdy (*land use*) a funkčních vlastností povrchu prostřednictvím teplotně-vlhkostních charakteristik ve vztahu a návaznosti na funkci vegetačního krytu při snaze uplatňovat holistický pohled na fungování krajiny.

DPZ má několik zásadních výhod, je to prostorovost, kdy snímek pro celou plochu vzniká v jednom okamžiku, zpravidla existující časová řada dat a cenová dostupnost. Například, jedna scéna získaná družicí Landsat 7 ETM+ zabírá plochu 180 x 180 km, při rozlišení jednoho obrazového bodu (pixelu) o hraně 30 m to znamená, že ji tvoří 36 mil. obrazových bodů. Každý bod obsahuje informaci ze sedmi spektrálních kanálů, tj. sedm primárních informací, ze kterých je možno vypočítat další charakteristiky. V jeden okamžik se získává pro snímanou plochu ca 257 mil. informací. Kdybychom chtěli tato data získat pozemním měřením, potřebovali bychom 36 mil. pracovníků s příslušným vybavením, což je nereálné.

DPZ má ale i jisté nevýhody, např. limitace počasím u pasivních družicových systémů, limitace rozlišením a velikostí vlastních dat i potřebnou odbornost pro zpracování dat a jejich interpretaci.

### Hodnocení vlivu Jaderné elektrárny Temelín na krajinu pomocí DPZ

Pokud chceme hodnotit vliv nějaké aktivity na okolní krajinu, musíme použít časové nebo prostorové srovnání. Při prostorovém srovnání je nutné najít srovnávací plochy, které se od zájmového území neliší fyzikogeografickými podmínkami, jako je nadmorská výška, sklon, vegetační kryt aj. Ani v takovém případě však nelze zcela vyloučit některá specifika dotčeného území, například mikroklima, popř. jiné antropogenní vlivy.

Druhou možností je hodnocení změn v čase. DPZ umožňuje porovnávat časové změny dotčeného území během posledních dvaceti let (v případě družicového systému Landsat) téměř na všech místech zemského povrchu. Při hodnocení vlivu Jaderné elektrárny Te-

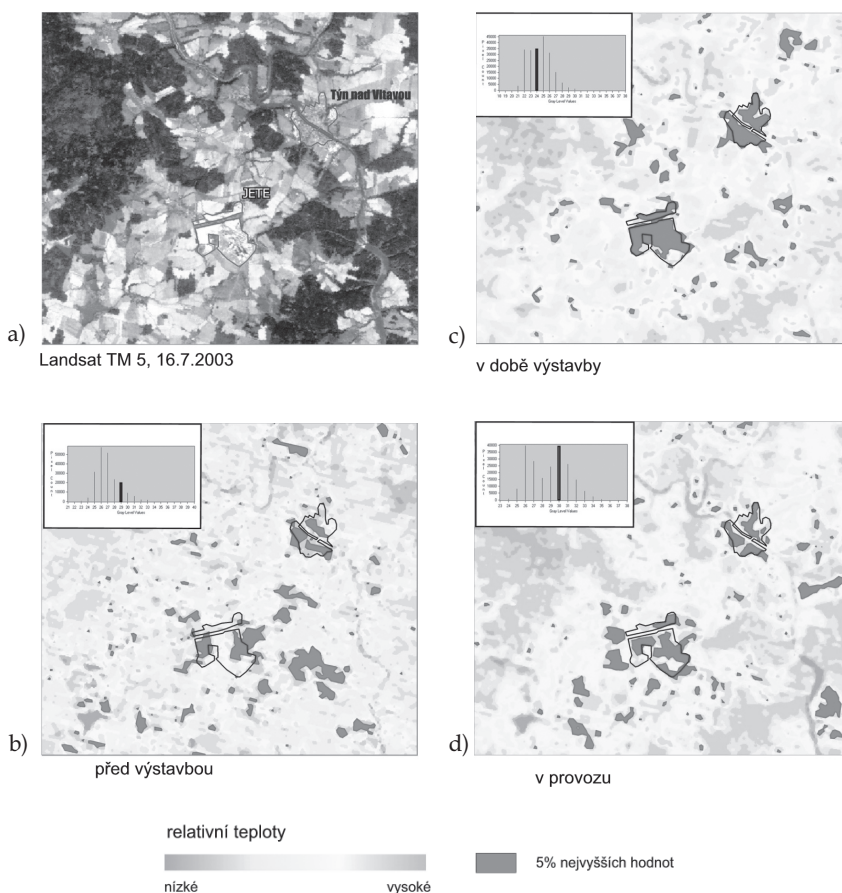
melín na okolní krajinu se může dnešní stav krajiny porovnat s podmínkami před její výstavbou.

Na hodnocení vlivu elektrárny na teplotně-vlhkostní parametry krajinného krytu se využily snímky z družic Landsat. Důvodem byla možnost využití nejstaršího družicového multispektrálního systému s poměrně dobrým prostorovým rozlišením (30 m ve viditelném, blízkém a středním IČ spektru). Družicové snímky byly roztrženy do tří časových kategorií: 1. pořízené před začátkem výstavby (1987), 2. v době výstavby (do prosince 2000) a 3. po uvedení elektrárny do provozu.

Z dat každé scény s využitím teplotního spektrálního pásma se vypočetla teplota krajinného krytu pro celou zájmovou oblast a následně průměrné rozložení teplot pro danou etapu. Tak se získaly mapy průměrného rozložení teplot krajinného krytu pro každou časovou kategorii (obr. 1), přičemž 5 % nejvyšších hodnot je barevně zvýrazněno. Na obr. 1a je pro snadnější orientaci výřez družicového snímku (Landsat TM 5 ze dne 16. 7. 2003 v kompozici 321). Světlé plochy představují zemědělské kultury a louky, tmavé jsou lesní porosty. Objekt jaderné elektrárny a zástavba blízké sídelní struktury (Týn nad Vltavou) jsou ohraničeny. Na všech třech výřezech teplotních map připadají nejvyšší hodnoty teplot na plochy zástavby a zemědělských kultur s nižší biomasou vegetace (např. po sklizni).

Při hodnocení distribuce teplotních parametrů krajinného krytu v souvislosti s výstavbou a provozem elektrárny je možné rozdělit výsledky do dvou částí: 1. možnou změnu zmíněných parametrů přímo v objektu a 2. vliv výstavby a provozu elektrárny na okolí. V případě objektu můžeme sledovat nárůst teplot a pokles vlhkosti krajinného krytu v době výstavby, které bylo s největší pravděpodobností způsobeno přehříváním holé půdy bez vegetace v počátečních fázích výstavby. V objektu elektrárny lze sledovat nárůst relativních teplot i v době provozu. Tento nárůst však odpovídá teplotám zástavby, která vykazuje v letních měsících vyšší teploty povrchů. Od uvedení objektu do provozu lze pozorovat určité snižování relativních teplot a zvyšování indexu wetness (ukazatele vlhkosti povrchu) v rámci objektu. To souvisí zřejmě s produkcí vodních par z chladících věží a vysazenou zelení v areálu elektrárny. Z hlediska teplotně-vlhkostních parametrů se v současnosti tento objekt chová jako běžná městská zástavba.

Ze sledovaného aspektu nebylo možné ani v krajinném měřítku odlišit vliv jaderné elektrárny na okolí od vlivu managementu území, tj. především od hospodaření na zemědělských plochách. Problematika je mnohem komplikovanější, neboť teploty i vlhkost krajinného krytu odrážejí vlastnosti vegetace, která v zemědělské krajině prochází v průběhu roku, a zejména



1. Využití družicových snímků z různých období na identifikaci změn distribuce teploty krajinného krytu v oblasti zasažené výstavbou Jaderné elektrárny Temelín (JETE): a – výřez snímku z družice Landsat TM 5 ze dne 16. 7. 2003, b – před výstavbou objektu, c – v době výstavby, d – po uvedení elektrárny do provozu.

v letním období, značnými změnami (podrobněji Hais a kol., 2005).

### Hodnocení změn a model možného vývoje krajiny narušené povrchovou těžbou s využitím DPZ

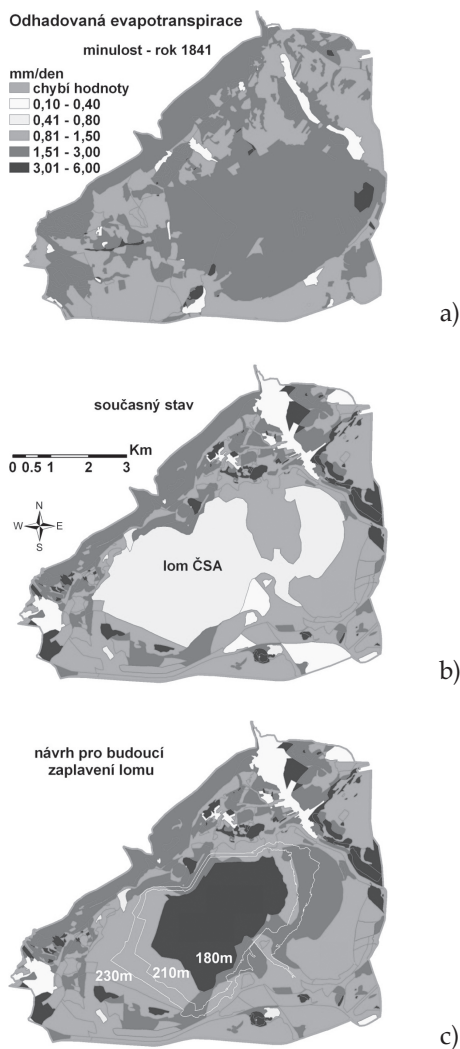
Na příkladu jaderné elektrárny jsme demonstrovali využití distančních dat pro hodnocení časových změn v rozsahu přibližně dvaceti let. Mnohé změny v krajině mají ovšem delší průběh, navíc nás může zajímat srovnání současného a historického stavu krajiny. Jak toho ale docílit, když historická data jednoduše nejsou k dispozici? Jednou z možností je kombinovaný přístup s využitím historických dat a aktuálních družicových snímků.

Jádrem následujícího problému bylo hodnocení krajinných funkcí v oblasti velkoplošných hnědouhelných dolů v severních Čechách. Zájmovou oblastí byl lom ČSA (Mostecká pánev). Jedním z indikátorů funkčnosti krajiny je schopnost krajinného krytu disipovat dopadající sluneční energii, a tím snižovat ohřívání povrchů a tlumit teplotní cirkadiální amplitudy v teplých obdobích roku (Procházka, 2001). Velmi zjednodušeně tuto schopnost vyjadřuje míra evapotranspirace. Hlavní úlohu zde hraje vegetační kryt. Čím větší podíl dopadající sluneční energie využívají rostliny na výpar vody (transpiraci), tím méně se povrchy přehřívají. Suché povrchy bez vegetace se budou, naopak, přehřívat. Takovými plochami jsou v tomto případě hnědouhelné lomy, kde může nastat v důsledku přehřívání změna mikroklimatu se všemi negativními důsledky.

Protože nebylo technicky možné získat hodnoty evapotranspirace pro celé zájmové území, vycházeli jsme z předpokladu, že míru evapotranspirace, případně evaporace nejvíce ovlivňuje využívání území. Pokud se potvrdí tento předpoklad, bude možné kromě současného stavu hodnotit také historický. Kvalitní údaje o historickém vyžívání lze získat z map Stablního katastru z r. 1843. Na základě těchto údajů

jsme zpracovali i návrhovou studii, která počítá s budoucím zaplavením lomu ČSA. Po detailním kartografickém zpracování zájmového území z hlediska současného využití území jsme přiřadili mapovacím jednotkám hodnoty evapotranspirace získané z literární rešerše (obr. 2a). Nejvyšší teploty připadají na oblast lomu, případně zástavby. Absolutně nejvyšší teplot dosahuje odkrytá uhelná sloj, která kromě absence vegetace má černou barvu a dochází na ní k extrémnímu ohřívání povrchů. Naopak, nejnižší teploty mají vodní plochy, mokřady a lesní porosty. Statistickým testováním se zjistilo, že hodnoty evapotranspirace z literární rešerše dostatečně korespondují s aktuálními hodnotami teplotně-vlhkostních parametrů získanými z distančních dat (snímků dru-





2. Odhadované změny evapotranspirace v důsledku změn ve využití území v oblasti velkoplošných hnědouhelných dolů v severních Čechách (lom ČSA v Mostecké pánvi): a – modelová situace pro r. 1841, b – současný stav, c – návrh budoucího využití území – zaplavení lomu.

žice Landsat), a proto se tento přístup mohl použít i na období, kdy v zájmové oblasti ještě neprobíhala těžba.

Je rovněž důležité, že poměrně složitý reliéf zde nekomplikuje situaci, neboť vliv terénní deprese lomu má na mikroklima prokazatelně menší vliv než to, že povrch lomu není pokryt vegetací a v důsledku toho se v letních měsících tyto plochy přehřívají.

Srovnávacími historickými daty byly jednotky využití území ze zmíněné katastrální mapy z r. 1843. K nim byly opět přiřazeny hodnoty evapotranspirace

a výsledek porovnán s hodnocením současného stavu. Stejný postup sme uplatnili i v případě návrhové studie pro rekultivaci území po těžbě. Zde však byly podkladem odhadované evapotranspirace jednotky využívání krajiny uvažované v návrhu rekultivace. V současnosti zaujímá plocha lomu 26 % zájmové oblasti a průměrná odhadovaná evapotranspirace celého zájmového území je poměrně nízká (1,4 mm/den). Poměrně nízké jsou však i hodnoty odhadované evapotranspirace (1,6 mm/den) pro r. 1841. Lze to vysvětlit vysokým podílem zemědělské orné půdy, která pokud není zavlažována vykazuje nižší hodnoty evapotranspirace než přirozené travní či lesní ekosystémy. Vyšší hodnoty odhadované evapotranspirace celého území je možné očekávat po rekultivaci území s obnovenými vodními plochami. Vodní hladina přispívá do celkového průměru vyššími hodnotami evaporace (3,8 mm/den). Tímto způsobem za podpory distančních dat lze posoudit změny krajiny v období před začátkem těžby r. 1843, aktuální stav i možný budoucí vývoj.

*Studie byla podpořena výzkumným záměrem Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR MSM 6007665806 a granty Ministerstva životního prostředí ČR VaV 640/8/03 a VaV 640/9/03.*

## Literatura

- Campbell, J. B.: Introduction to Remote Sensing, 3th edition. London : The Guilford Press, 2002, 620 p.
- Dobrovolný, P.: Dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu. Brno : Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, katedra geografie, 1998, 208 s.
- Hais, M., Wotavová, K., Procházka, J., Brom, J., Pecharová, E.: The Influence of Temelin Nuclear Power Plant on Temperature and Wetness Parameters of Land Cover. *Ekológia (Bratislava)*, 24, 2005, 4, s. 438 – 448.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W.: Remote Sensing and Image Interpretation. 5<sup>th</sup> edition. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2004, 763 p.
- Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharová, E., Hezina, T., Wotavová, K., Šíma, M., Pechar, L.: Effect of Different Management Practices on Vegetation Development, Losses of Soluble Matter and Solar Energy Dissipation in Three Small Sub-Mountain Catchments. In Vymazal, J. (ed.): Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Leiden : Backhuys Publishers, p. 143 – 175.

Mgr. Martin Hais, [hais@zf.jcu.cz](mailto:hais@zf.jcu.cz)

Ing. Jakub Brom, [jbrom@zf.jcu.cz](mailto:jbrom@zf.jcu.cz)

Doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc., [pechar@zf.jcu.cz](mailto:pechar@zf.jcu.cz)  
Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Studentská 13, 370 05 České Budějovice