



CHARLES UNIVERSITY
Faculty of Science

Přírodovědecká fakulta UK



Ústav výzkumu globální
změny AV ČR



Ústav pro hydrodynamiku
AV ČR

Project TAČR SS05010124

**Hodnocení vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii
a klima v Krkonošském národním parku s využitím dálkového průzkumu
Země a hydrologického modelování**

Dokument prokazující dosažení výsledku

Číslo výsledku dle ISTA: SS05010124-V20

Název výsledku: Datová sada leteckých hyperspektrálních dat

Druh výstupu/výsledku: Ostatní

Termín dosažení výsledku: 12/2022

Autoři výsledku (jméno/organizace): Ing. Lucie Homolová, Ph.D., Ing. Petr Lukeš, Ph.D.,
Ing. Vojtěch Bárta, Ph.D. / Ústav výzkumu globální změny AV ČR

Cíl/účel vytváření výsledku

Pořízení hyperspektrálních leteckých snímků pro zájmová povodí národního parku Krkonoše, která budou sloužit jako vstupní data pro hodnocení aktuálního zdravotního stavu lesních porostů a určení porostů potenciálně ohrožených kůrovcem.

Stručný popis postupu tvorby výsledku (vstupní data, použité metody)

Hyperspektrální data byla pořízena pomocí letecké laboratoře CzechGlobe – Flying Laboratory of Imaging Systems ([FLIS](https://www.flis.cz/)) umožňující souběžnou akvizici dat ve viditelné a infračervené části elektromagnetického spektra (senzor CASI) a krátkovlnné infračervené části elektromagnetického spektra (senzor SASI). Snímky byly předzpracovány (radiometrické, geometrické a atmosférické korekce) dle standardních postupů a metod pořizovatelem a korigovány na hodnoty odrazivosti na úrovni zemského povrchu a georeferencovány do souřadného systému UTM 33N. Náhled mozaiky snímků je veřejně dostupný skrze webové stránky projektu (<https://www.lucc4hydro.cz/>) a mapového serveru CzechGlobe (<https://mapserver.czechglobe.cz/mapa/krkonose/2022-07-19/hs-vnir>).

Prezentace výsledku (popis, obrázky, grafy apod.)

Hyperspektrální letecká data byla pořízena leteckou laboratoří CzechGlobe ([Flying Laboratory of Imaging Systems](#)), která je vybavena leteckými spektrometry CASI (snímající ve viditelné a blízké infračervené části elektromagnetického spektra, tj. v rozsahu cca 400 - 1000 nm) a SASI (snímající v krátkovlnné infračervené části elektromagnetického spektra, tj. cca 1000 - 2400 nm). Jelikož oba spektrometry mají různou velikost záznamové matice, při stejné letové hladině a stejném úhlu záběru (40°) snímají spektrometry CASI a SASI data v různém prostorovém rozlišení, proto se při plánované letové kampaně vždy zohledňuje několik důležitých faktorů: i) požadavek na prostorové rozlišení výsledných dat; ii) velikost zájmového území; iii) dostatečný překryv letových linií a jejich orientace ve stejném azimutu jako je pozice slunce, čímž se minimalizuje tzv. BRDF (bidirectional reflectance distribution function) efekt v datech, který je způsoben nevhodně zvolenou geometrií mezi sluncem, senzorem a snímaným bodem na zemském povrchu; iv) minimalizace celkového času snímání nad zájmovou lokalitou.

Plán letové kampaně pro akvizici hyperspektrálních dat pokrýval zájmová území povodí Horní Úpy a oblast Černého Dolu, které náleží k povodí říčky Čistá. Jedná se o oblast s celkovou rozlohou cca 90 km² pro jehož pokrytí bylo naplánováno sedm letových linií s 30% překryvem (Obrázek 1). Letová hladina byla zvolena cca 4 km nad terénem, z čehož vyplývá prostorové rozlišení CASI dat 2 m na pixel a u SASI dat 5 m na pixel. Akvizice hyperspektrálních leteckých dat proběhla 19. 7. 2022 (v rozmezí 8:34 - 9:19 UTC) za ideálního slunečního počasí bez oblačnosti. Parametry snímání jednotlivých letových linií jsou shrnuty v Tabulce 1.

Následné zpracování hyperspektrálních leteckých dat probíhalo v několika krocích pomocí předzpracovatelského řetězce CzechGlobe:

i) Radiometrické korekce obsahují odečtení pozadového šumu (dark subtract) a převod hodnot nasnímaných senzorem (DN – digital numbers) na fyzikálně definované jednotky radiance [$\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{nm}^{-1}$]. Radiometrické korekce jsou prováděny v programu RadCorr Ver. 11.4.1.1 (Itres Ltd.) pomocí laboratorně určených kalibračních parametrů, které jsou určovány pro každý pixel matrice senzoru.

ii) Georeferencování je provedeno metodou parametrického geokódování za pomoci dat pořízených GNSS/IMU jednotkou letadla a digitálního modelu terénu v programu GeoCor Ver. 3.7.2 (Itres Ltd.). V jednom kroku byly provedeny geometrické korekce, ortorektifikace i georeferencování dat. Pro převzorkování dat do souřadnicového systému UTM (zóna 33N, ETRS-89) byla použita metoda nejbližšího souseda (nearest neighbor).

iii) Sloučení CASI a SASI dat je prováděno pro georeferencované hyperspektrální datové kostky CASI a SASI. Vzhledem k vyššímu prostorovému rozlišení senzoru CASI (v tomto případě 2 m) jsou CASI data převzorkována do prostorového rozlišení senzoru SASI (v tomto případě 5 m).

iv) Atmosférické korekce eliminují vliv atmosféry. Signál odražený od povrchu a změřený leteckým spektrometrem je vždy ovlivněn průchodem tou částí atmosféry, která je v daném okamžiku mezi sluncem, povrchem a senzorem. Hlavními parametry atmosféry, které jsou relevantní pro atmosférické korekce, jsou druh a množství aerosolů a obsah vodních par. To jsou parametry, které významně ovlivňují procházející záření a mohou se v průběhu času měnit. Parametry atmosféry byly odhadnuty přímo z nasnímaných dat. Vlastní výpočet odrazivosti (reflektance) je potom založen na look-up tabulkách generovaných pomocí modelu radiativního transferu. Vlastní atmosférické korekce byly provedeny v programu ATCOR-4 ver. 7.4 (ReSe Application Schlapfler/DLR) s použitím radiativního

modelu atmosféry MODTRAN. Pro zvýšení přesnosti absolutních hodnot byla pro atmosférickou korekci využita metoda tzv. "Vicarious" kalibrace. Tato metoda využívá spektrální charakteristiku (odrazivost) vybraného homogenního povrchu, která byla změřena přímo během letecké kampaně v terénu pomocí laboratorního spektrometru (Obrázek 2 ukazuje vybranou kalibrační plochu a příslušné spektrum). Výsledná atmosféricky korigovaná data jsou vyjádřena v hodnotách odrazivosti (reflektance) na úrovni povrchu.

v) Mozaikování, tj. spojení jednotlivých linií, bylo provedeno v programu ENVI v. 5.6. Sousedící linie byly navzájem prolínuty pro plynulejší návaznost. Obrázek 3 ukazuje výřez z plně korigované mozaiky hyperspektrálních dat a spektrálních indexů.

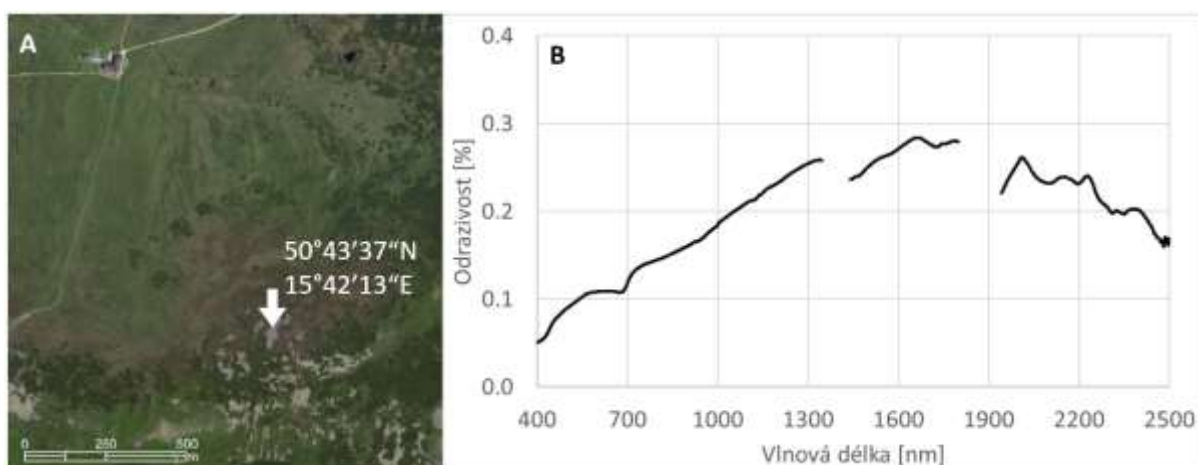
Zpracované hyperspektrální snímky (ukázka viz Obrázek 3) ve formě georeferencované mozaiky v prostorovém rozlišení 2 m (pro CASI) a 5 m (pro spojené CASI a SASI) byly ke konci r. 2022 sdíleny s řešitelským kolektivem. Náhled mozaiky hyperspektrálních snímků v nepravých barvách je veřejně dostupný skrze webové stránky projektu (<https://www.lucc4hydro.cz/>) a pomocí mapového serveru CzechGlobe (<https://mapserver.czechglobe.cz/mapa/krkonose/2022-07-19/hs-vnir>).



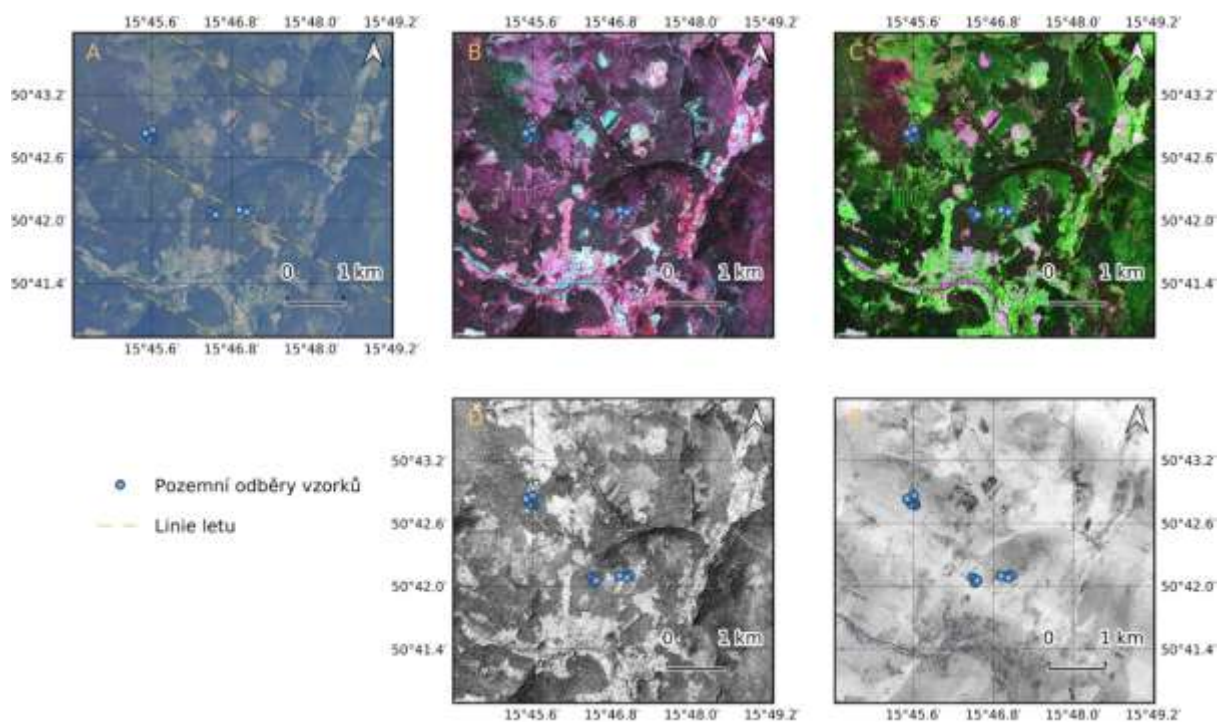
Obrázek 1 Plán letové kampaně nad zájmovým územím povodí Horní Úpy a říčky Čistá (bílé polygony) v národním parku Krkonoše. Středů jednotlivých linií 1 - 7 (červené linie) jsou naplánovány pro azimut slunce 120°.

Tabulka 1 Parametry akvizice jednotlivých letových linií.

Č. linie	Čas snímání (UTC)	Průměrná rychlost [m/s]	Roll (náklon) [°]	Pitch (sklon) [°]	Heading (kurz) [°]	Yaw (vybočení) [°]	XTE (Průměrné odchylení od středu linie) [m]
4	08:34:36	61,381	0,081	0,086	309,173	8,507	15,194
1	08:42:16	62,453	0,018	0,013	120,058	0,599	10,536
5	08:47:26	60,983	0,017	0,015	300,114	0,583	11,777
2	08:54:42	62,250	0,014	0,012	119,998	0,611	10,004
6	09:00:18	61,225	0,031	0,025	300,085	0,627	10,266
3	09:07:17	61,587	0,013	0,010	119,986	0,655	6,757
7	09:13:08	62,777	0,016	0,011	299,961	0,658	8,563
4	09:19:03	63,174	0,016	0,029	120,003	0,572	14,957



Obrázek 2 A - pozice kalibračních homogenní plochy sušového pole a **B** - příslušná spektrální charakteristika odráživosti změřená v průběhu letecké kampaně.



Obrázek 3 Náhledy leteckých hyperspektrálních dat v přiblížení k zájmovým lokalitám podrobnějšího terénního šetření. **A** - vizualizace dat CASI v pravých barvách RGB v prostorovém rozlišení 2 m; **B** - vizualizace dat CASI v nepravých barvách (R-858, G-651, B-552 nm) v prostorovém rozlišení 2 m; **C** - vizualizace spojených CAS-SASI dat v nepravých barvách (R-2082, G-858, B-680 nm) v prostorovém rozlišení 5 m; **D** - vegetační index PRI (Photochemical Reflectance Index) vyjádřen jako normalizovaný rozdíl vlnových délek 528 a 567 nm poukazující na fotosyntetickou aktivitu vegetace; **E** - vegetační index TCG (tasseled cap greenness) vyjádřen lineární kombinací šesti spektrálních pásem se střední vlnovou délkou (485, 560, 660, 830, 1650 a 2100 nm) poukazující na variabilitu fotosyntetizující vegetace.

Vyhodnocení výsledku (základní zjištění, přínos, případně využití)

Hyperspektrální data budou sloužit jako klíčový vstup do analýz aktuálního zdravotního stavu lesních porostů a vyhodnocení míry ohrožení napadení porostů kůrovcem.

Výsledek je volně dostupný zde*:

Volně dostupný náhled výsledné hyperspektrální mozaiky je dostupný na <https://mapserver.czechglobe.cz/mapa/krkonose/2022-07-19/hs-vnir>

* V případě, že je možné výsledek volně zpřístupnit.

Pokud nelze originální výsledek volně zpřístupnit, prokazuje jeho dosažení pouze tento dokument.