



Program **Prostředí pro život**

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**

Souhrnná zpráva o výsledcích řešení projektu v roce 2022

Autoři zprávy a výstupů v roce 2022

Lucie Kupková, Markéta Potůčková, Lucie Červená, Jakub Lysák, Jonáš Hruška, Salma Bijou,

Zuzana Lhotáková, Eva Neuwirthová, Miroslav Barták, Jana Albrechtová,

Lucie Homolová, Petr Lukeš, Vojtěch Bárta, Tomáš Fabiánek

Milada Matoušková, Vojtěch Vlach

Václav Šípek, Lukáš Vlček, Nikol Zelínková

Univerzita Karlova Přírodovědecká fakulta, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Ústav pro
hydrodynamiku AV ČR (další účastník)

leden 2023



CHARLES UNIVERSITY
Faculty of Science



1. Identifikační údaje/základní informace

Program: Prostředí pro život

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

Číslo projektu: SS05010124

Období řešení projektu: 03/2022–02/2025

Účastníci projektu:

Univerzita Karlova Přírodovědecká fakulta (hlavní příjemce)

Ústav výzkumu globální změny AV ČR (další účastník)

Ústav pro hydrodynamiku AV ČR (další účastník)

Hlavní řešitel: doc. RNDr. Lucie Kupková, Ph.D.

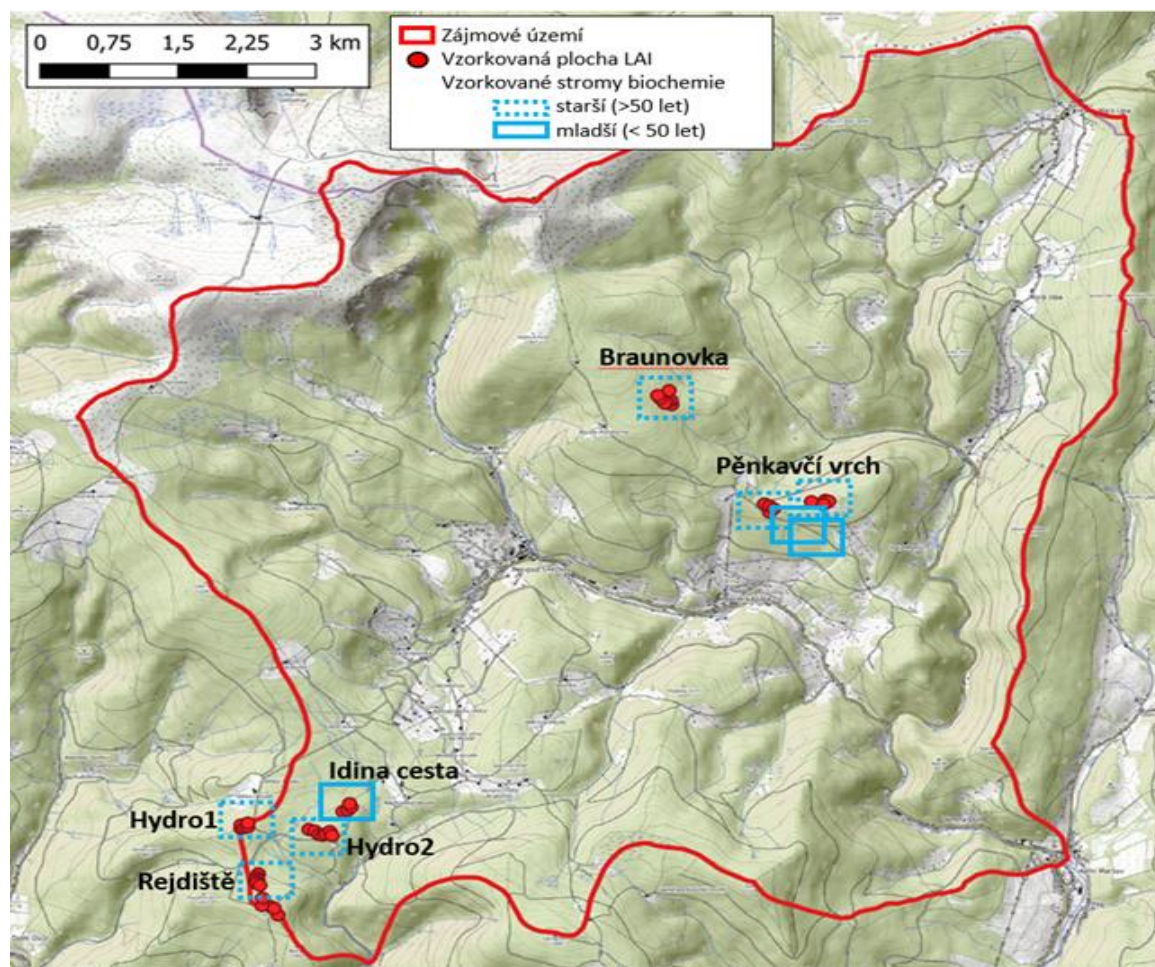
2. Představení projektu – cíle/činnosti

Projekt je zaměřen na hodnocení vlivu změn krajinného pokryvu (s důrazem na změny lesních porostů) na lokální hydrologii a klima. Změna klimatu jako komplexní proces vyžaduje interdisciplinární přístup, a proto jsou v rámci týmu složeného z odborníků z různých vědních disciplín využity klasické (hydrologie, pedologie) i inovativní přístupy (dálkový průzkum Země, hydrologické modelování, hodnocení fyziologického stavu lesních porostů). Zvláštní pozornost je věnována lesním porostům, které jsou cennými ekosystémy Krkonošského národního parku a hrají významnou roli ve vodním režimu krajiny. Vliv změn krajinného pokryvu na hydrologii/klima je analyzován na dvou prostorových úrovních. V rámci povodí horní Úpy a horní Čisté jako celku je hodnocen dlouhodobý vývoj (od 80. let 20. století) z družicových dat Landsat a Sentinel-1,2. S využitím výstupů této analýzy a časových řad klimatických/hydrologických charakteristik bude pro odhad vlivu změn krajinného pokryvu na vodní režim krajiny využit hydrologický srážko-odtokový model Soil and Water Assessment Tool (SWAT, Arnold et al. 1993). V prostorově nižší úrovni byly v rámci povodí Čisté v subpovodí Rašelinového potoka, kde dochází k odumírání lesa v důsledku kůrovcového napadení, vymezeny trvalé plochy s neporušeným, a naopak rozpadajícím se lesem. Toto území bude v průběhu let 2022–2023 monitorováno 3× za sezónu s využitím multispektrálních dat UAS a budou vyhodnoceny změny lesních porostů (klasifikace, indexy). Vymezení území ukazuje obrázek 1. Pro simulace režimu půdní vody po rozpadu lesa v lokálním měřítku zde bude využito hydropedologického modelu Hydrus 1-D (Šimůnek et al. 2008). Model bude využit ke kvantifikaci režimu půdní vody a k vyčíslení vlivu rozpadu lesa na teplotní režim půdy, evapotranspiraci a dotaci spodních částí půdního profilu vodou.

V území obou povodí (horní Úpa, horní Čistá) bude dále vyhodnocen fyziologický stav lesních porostů s využitím hyperspektrálních leteckých dat, krátkodobých trendů z dat družice Sentinel-2 a spektroskopických metod a bude zpracována mapa potenciálního ohrožení lesních porostů. Ta bude vstupovat do predikce vlivu změn krajinného pokryvu na hydrologii do budoucna (simulace změn v případě odumírání poškozených lesních celků). Výsledky budou vyhodnoceny v závěrečné syntéze.

Hlavní použité vstupy, aktivity/činnosti (pracovní balíčky) a výstupy projektu podrobně ukazuje schéma – viz obrázek P1 v příloze.

Obrázek 1: Vymezení zájmového území a výzkumných ploch



Cíle projektu

1. Analyzovat dlouhodobý vývoj krajinného pokryvu (od 80. let 20. století) s důrazem na změny lesních porostů a aktuální zdravotní stav lesa v povodí horní Úpy a horní Čisté s využitím různých typů dat dálkového průzkumu Země.
2. Analyzovat dlouhodobé časové řady hydrologických a hydrometeorologických dat a popsat vývoj klimatu a hydrologie sledované oblasti od 40. let 20. století.
3. S využitím hydrologického modelování a vstupů vzniklých v rámci cílů 1 a 2 simulovat dlouhodobý vliv změn krajinného pokryvu na lokální klima a hydrologii.
4. Navrhnout metodiku pro monitoring vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii s využitím dálkového průzkumu Země a hydrologického modelování.
5. Navrhnout Aplikaci pro automatizované zpracování dat DPZ a vyhodnocení hydrologických poměrů.

3. Popis řešení projektu v roce 2022

Aktivity a činnosti řešení projektu byly v roce 2022 zaměřeny zejména na pořízení různých datových vstupů v terénu (data DPZ, doprovodná data, vzorky listoví) a laboratoři, z volně dostupných zdrojů DPZ dat, předzpracování dat, první analýzy a testování metodických přístupů.

V roce 2022 jsme pracovali zejména na těchto hlavních **plánovaných** činnostech/aktivitách (v závorce jsou uvedeny instituce, které se na nich podílely):

- 1) Pořízení hyperspektrálních optických leteckých snímků pro zájmová povodí národního parku Krkonoše, které budou sloužit jako vstupní data pro hodnocení aktuálního zdravotního stavu lesních porostů a určení porostů potenciálně ohrožených kůrovcem (*CzechGlobe*)
- 2) Pozemní kampaně a terénní výjezdy – sběr podpůrných pozemních dat:
 - a) odběr větví z 82 stromů na vybraných plochách (9 ploch viz obrázek 1) v lesních porostech vystavených různým stresovým faktorům (pokrytí gradientu ve zdravotním stavu) – vzorkování stromů za účelem biochemické analýzy fotosyntetických pigmentů v jehlicích (*PřF UK*)
 - b) zaměření souřadnic odebíraných stromů (*PřF UK*)
 - c) sběr kalibračních dat pro předzpracování hyperspektrálních leteckých dat (*PřF UK*)
 - d) sběr dat pro hodnocení defoliace a struktury lesních porostů (pořízení hemisférických fotografií) (*CzechGlobe*)
 - e) sběr dat pro trénování a validace klasifikací (*PřF UK*)
 - f) terénní část hydropedologického průzkumu a rozmístění čidel pro měření půdní vlhkosti (*Ústav pro hydrodynamiku*)
- 3) Zpracování a laboratorní analýzy vzorků listoví z odebraných větví v laboratoři PřF UK (*PřF UK*)
- 4) Shromáždění, předzpracování a analýza časové řady volně dostupných (bezoblačných) družicových dat Landsat od roku 1985 do současnosti a vytvoření série map land cover pro zájmové území (*PřF UK, CzechGlobe*)
- 5) Příprava databáze hydrologických a meteorologických proměnných, základní hydrologická a klimatická charakteristika zájmového území (*PřF UK*)
- 6) Hydropedologický průzkum – popis základních hydraulických vlastností půdy na dvou zkoumaných lokalitách (rozloha každé lokality cca 1,3 ha), které reprezentují zdravý les (plocha Hydro-2) a les zasažený kůrovcovou kalamitou (plocha Hydro-1). Obě plochy viz obrázek 1 (*Ústav pro hydrodynamiku*)
- 7) Pořízení UAV multispektrálních dat popisujících vývoj lesního pokryvu území Rašelinového potoka pro dvě vybrané plochy (jedna plocha reprezentující zdravý les a druhá les zasažený kůrovcovou kalamitou – plochy Hydro-2 a Hydro-1 – viz obrázek 1) 3x v průběhu vegetační sezóny, předzpracování dat a testování metod výpočtu indexu listové plochy – LAI (*PřF UK*)
- 8) Vytvoření webu projektu a publikace výsledků na webu (*vytvoření PřF UK, příspěvky celý tým*)

Nad rámec aktivit plánovaných v návrhu projektu (závazných dle smlouvy projektu) byly provedeny tyto činnosti:

- 1) Pořízení dat z UAV pro plochu zasaženou kůrovcem vytipovanou pracovníky KRNPAP v povodí Rašelinového potoka (plocha Hydro-1, rozloha 1,3 ha) zasaženou kůrovcem byla pořízena data dronem DJI Phantom 4 Multispectral (multispektrální data) a dále hyperspektrální kamerou Headwall NANO-Hyperspec nesenou dronem DJI M600 Pro v devíti termínech v roce 2022. Data jsou momentálně předzpracována a v dalším období budou analyzována a vykázána jako další

výsledek. Cílem analýzy je detekovat, jaký je nejčasnější termín, v němž se poškození stromů projeví v hyperspektrálních a v multispektrálních datech. Data přispějí k tvorbě některých dílčích metodik projektu a ke zpřesnění plánované mapy potenciálního ohrožení lesních porostů (PřF UK)

- 2) Laboratorní spektrální měření reflektance a transmitance (spektroradiometr ASD FieldSpec 4 HiRes, integrační sféra RTS 3ZC) odebraných jehlic z 22 stromů v ploše Hydro-1 zasažené kůrovcem. Měření budou použita pro vyhodnocení zdravotního stavu porostu (statistické modely, případně modely radiativního přenosu záření) a zpřesnění plánované mapy potenciálního ohrožení lesních porostů (PřF UK)
- 3) Pořízení leteckých dat navíc – při akvizici hyperspektrálních snímků leteckou laboratoří zobrazujících systémů [FLIS](#) byla nad rámec hyperspektrálních dat CASI a SASI pořízena i data laserového skenování s hustotou 1 bod/m² a z nich odvozený digitální model povrchu a terénu, termální data v prostorovém rozlišení 5 m na pixel a RGB ortofotosnímky s vysokým prostorovým rozlišením 0,6 m na pixel. Tato data mohou být využita jako podpora dalšího řešení projektu, zejména k tvorbě Metodiky pro monitoring vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii s využitím dálkového průzkumu plánované v rámci projektu. Pořízení dat nevyšlo náklady projektu (CzechGlobe)
- 4) Měření indexu listové plochy přístrojem LAI-2200C Plant Canopy Analyzer v rámci dvou výše zmíněných vybraných ploch (jedna plocha reprezentující zdravý les a druhá les zasažený kůrovcovou kalamitou) 3x v průběhu vegetační sezóny. Tato data budou porovnána s měřeními LAI získanými z hemisférických fotografií a z optických dat z UAV (index) a přispějí k návrhu Metodiky pro monitoring vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii s využitím dálkového průzkumu plánované v rámci projektu (Ústav pro hydrodynamiku)

Pořízení dat nad rámec projektu nevyšlo náklady projektu. Data byla vždy získána v rámci plánovaných výjezdů a kampaní. Zpracování výsledků/výstupů činností/aktivit provedených nad rámec plánovaných stále probíhá, nejsou dosud dosaženy a nejsou tudíž blíže prezentovány v kapitole 5. Výsledky/výstupy projektu, nejsou ani zveřejněny. Budou vstupovat do dalších analýz, jejichž výsledky budou publikovány v Průběžné zprávě za rok 2023.

Podrobný popis činností, které probíhaly v roce 2022

Pořízení hyperspektrálních optických leteckých snímků pro zájmová povodí národního parku

Organizace pořizující data – CzechGlobe – v součinnosti s řešitelským týmem a KRNAP vytvořila letový plán akvizice hyperspektrálních dat (tak, aby bylo pokryto celé zájmové území obou povodí). Vlastní akvizice byla uskutečněna 19.7.2022. Během podzimu následovalo předzpracování hyperspektrálních dat (radiometrické, geometrické a atmosférické korekce), kontrola kvality a první testy metod analýzy. Podrobnosti o uvedených datech a způsob jejich předzpracování jsou uvedeny v kapitole 5. Výsledky/výstupy projektu.

Pozemní kampaně/výjezdy a laboratorní zpracování dat

V terénu bylo pořízeno velké množství dat, která budou vstupovat do různých typů analýz. Celkem proběhlo 15 kampaní/terénních výjezdů (viz tabulka 1), některých se účastnily všechny týmy, některé byly zabezpečeny jednotlivými insitucemi.

Zaměření kampaní je shrnuto v následujícím harmonogramu (fotogalerie ke kampaním je dostupná na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/gallery/>).

Tabulka 1: Přehled terénních kampaní/výjezdů a aktivit

16.5.	Terénní rekognoskace s účastí kolegů z KRNAP a první termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka Hydropedologický průzkum a instalace čidel pro měření půdní vlhkosti
3.6.	Druhý termín pořízení UAV dat pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
8.6.	Třetí termín pořízení UAV dat pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
13.6.	Vytipování ploch odběru vzorků listoví a účastí kolegů z KRNAP.
15.6.–17.6.	Výběr výzkumných ploch v lesních porostech vystavených různým stresovým faktorům pokrývajících dostupný gradient ve zdravotním stavu První termín pořízení multispektrálních dat pro dvě vybrané plochy reprezentující zdravý les a les zasažený kůrovcovou kalamitou dronem Atmos Marlyn a kamerou MicaSense Altum. Čtvrtý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
24.6.	Pátý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
1.7.	Šestý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
11.7.	Sběr trénovacích a validačních dat pro klasifikaci pomocí družic Landsat a Sentinel-2
19.7.	Pořízení leteckých hyperspektrálních dat pro povodí horní Úpy a horní Čisté. Sedmý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka Druhý termín pořízení multispektrálních dat pro dvě vybrané plochy reprezentující zdravý les a les zasažený kůrovcovou kalamitou dronem Atmos Marlyn a kamerou MicaSense Altum.
18.–20.7.	Terénní kampaň – sběr podpůrných dat pro letecké snímání hyperspektrálních obrazových dat – odběry větví/listoví stromů (9 ploch, 82 stromů – viz obrázek

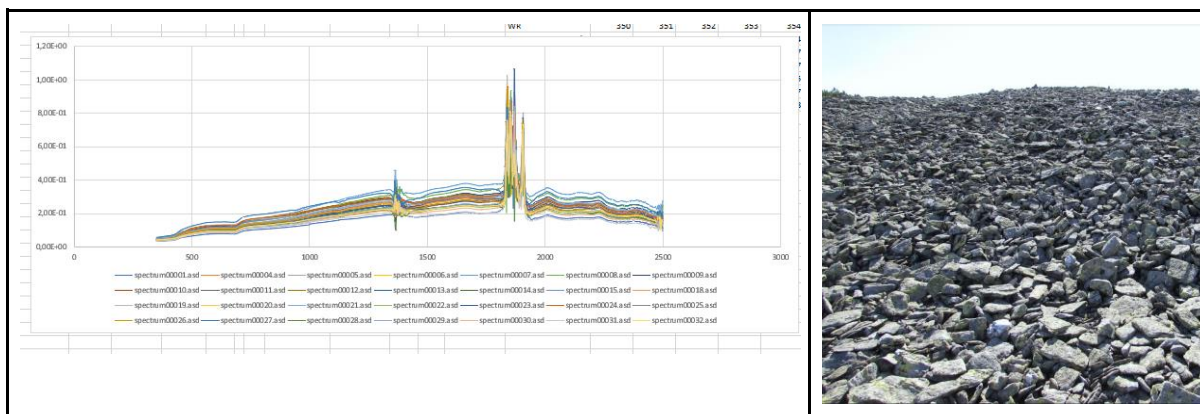
	1), zaměřování stromů, měření spekter pro radiometrické korekce, měření LAI pomocí digitálních hemisférických fotografií (44 ploch na všech lokalitách ve zdravém i kůrovcem zasažených porostech, kde byly odebrány vzorky jehličí. – viz obrázek 1) Zpracování a laboratorní analýzy vzorků listoví z odebraných větví v laboratoři PŘF UK 20.–22.7.
22.7.	Terénní měření LAI pomocí přístroje Li-Cor 2000 ve zdravém a kůrovcem zasaženém porostu
4.8.	Osmý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
25.8.	Sběr souřadnic stromů pomocí totální stanice Devátý termín pořízení UAV dat pro plochu zasaženou kůrovcem v oblasti Rašelinového potoka
22.9.	Třetí termín pořízení multispektrálních dat pro dvě vybrané plochy reprezentující zdravý les a les zasažený kůrovcovou kalamitou dronem Atmos Marlyn a kamerou MicaSense Altum.
5.10.	Sběr trénovacích a validačních dat pro klasifikaci pomocí družic Landsat a Sentinel-2
6.10.	Terénní měření LAI pomocí přístroje Li-Cor 2000 ve zdravém a kůrovcem zasaženém porostu.

Výzkumné plochy v lesních porostech vystavených různým stresovým faktorům byly vybrány tak, aby pokrývaly dostupný gradient ve zdravotním stavu. Celkem bylo vybráno 9 výzkumných ploch a označeno 92 stromů, výběr proběhl za asistence Ing. Václava Jansy z KRNP (náměstek – vedoucí odboru péče o národní park) a provozního inspektora KRNP Ing. Romana Rejzka v termínu 16.–17.6. Oba dva kolegové z KRNP se účastnili i několika dalších terénních výjezdů.

V termínu 18.–20. 7. proběhla terénní kampaň za účelem získání vzorků pro vytvoření datové sady biochemických vlastností listoví. Jehlice 1., 2. a 4. ročníku byly odebrány z osluněných větví celkem 82 stromů tak, aby reprezentovaly gradient ve fyziologickém stavu porostů v části povodí Horní Úpy a Horní Čisté. Vzorky ze vzrostlých stromů byly odebrány pomocí bezeškodné horolezecké techniky, vzorky z mladších stromů teleskopickými nůžkami ze země. V terénu byla na vzorkovaných stromech změřena výška, výčetní tloušťka a stanovena defoliace dle Campbell et al. 2004.

V rámci kampaně byly dále zaměřeny stromy, z nich jsme odebírali větve (zaměření pomocí GPS s centimetrovou přesností, ponechání GPS delší dobu u paty stromy, obcházení stromu s GPS). Pomocí spektrometru ASD FieldSpec 4 HiRes byla naměřena spektra pro radiometrickou kalibraci hyperspektrálních leteckých dat – 32 spekter v oblasti kamenných moří ve východní části krkonošské tundry – nedaleko Luční boudy) – viz obrázek 2.

Obrázek 2: Kalibrační spektra a kamenné moře, kde byla spektra měřena v době snímání hyperspektrálních leteckých dat



Odebrané větve byly transportovány do laboratoře KEBR a zde do 24 hodin od odběru proběhlo vzorkování jehlic pro biochemické stanovení fotosyntetických pigmentů, vážení a skenování jehlic (pro stanovení obsahu vody a specifické listové plochy). Na všech větvích odebraných z dospělých smrků byla stanovena vitalita pomocí podle kritéria zastoupení vývojových směrů pupenů (Albrechtová et Lhotáková 2019). Na jehlicích z plochy Hydro-1 (lese zasaženém kůrovcem, kde probíhala pravidelná akvizice UAV dat) byla změřena rychlá kinetika fluorescence chlorofylu (OJIP test) a reflektance a transmitance v integrační sféře.

V průběhu září a října proběhlo laboratorní stanovení obsahu chlorofylu a, b a celkových karotenoidů (extrakce v dimethylformamidu a spektrofotometrické stanovení dle Wellburn et al. 1994). Předběžné statistické zpracování obsahu chlorofylu, karotenoidů a stupně poškození stromu na základě makroskopických indikátorů je obsahem výsledku SS05010124-V21.

V rámci podpůrné letecké kampaně byly dále pořízeny hemisférické digitálních fotografie popisující strukturu a index listové plochy lesních porostů na vybraných výzkumných plochách. Za účelem měření LAI bylo celkem navštíveno 44 ploch, pro které jsme pořídili sadu pěti digitálních hemisférických fotografií (DHP). Na každé lokalitě jsme pořídili sadu pěti hemisférických fotografií – ve středu plochy a s rozstupem 10 m na všechny čtyři světové strany. Fotografie byly pořízeny fotoaparátem Nikon D5500 s objektivem Sigma 4,5 mm typu cirkulární rybí oko v rozlišení 12 Mpix. Ukázka fotografií je zobrazena na Obrázku 3.

Obrázek 3: Ukázka fotografie pořízené objektivem typu cirkulární rybí oko pro jednu ze vzorkovaných ploch. Vlevo – RGB fotografie se soustřednými kruhy pro které se počítá statistika úhlové distribuce dřev v porostu, vpravo – binární snímek po prahování.



V průběhu podzimu následovalo zpracování a vyhodnocení snímků. Snímky byly zpracovány pomocí software Hemisfer 3 (WSL, Švýcarsko, <https://www.schleppi.ch/hemisfer/>). Tento software semi-automatizovaně vypočítá hodnoty indexu listové plochy a několika dalších strukturálních parametrů porostu (průchodnost světla porostem, procentické zastoupení dřev v porostu, korunový zápoj aj.) pomocí hodnocení tzv. úhlové distribuce dřev v porostu. Pro tyto účely rozdělí analyzovaný snímek na 5 koncentrických kruhů se stejnou šířkou a provede prahování původně barevného snímku do binárních hodnot 0 (porost) a 1 (obloha). Určení prahové hodnoty mezi porostem a oblohou bylo v prvním kroku ponecháno na automatickém výpočtu (algoritmus Otsu's threshold), poté byly snímky ručně prověřeny a chybně určené prahové hodnoty byly ručně korigovány.

Shromáždění, předzpracování a analýza časové řady volně dostupných (bezoblačných) družicových dat Landsat od roku 1985 do současnosti a vytvoření série map land cover pro zájmové území

V prostředí Google Earth Engine (GEE) byly vytvořeny skripty pro generování bezoblačných kompozitů LANDSAT (od roku 1985) a Sentinel-2 (od roku 2017) z období vegetační sezóny (počátek června až konec září). Jako základní vstupní data byly použity snímky Landsat (USGS, Geologická služba USA) a Sentinel-2 (Copernicus SciHub) po atmosférické korekci obsahující hodnoty spektrální odrazivosti na zemském povrchu (produkty L2). Na základě analýzy kvality vzniklých kompozitů (počet pixelů bez oblačnosti, stínů, chybných dat) bylo rozhodnuto, zda bude možné pro daný rok kompozit použít pro klasifikaci krajinného pokryvu. V případě více jak roční mezery v časové řadě byl využit kompozit dvou či tříletý, viz tabulka 2. Pro každý kompozit byly vygenerovány a do výsledného rastru uloženy indexy NDVI (normalised differential vegetation index), NDII (normalised differential infrared index), NBR2 (normalised burned ratio), vegetační komponenty Tasseled cap (brightness, greenness, wetness – s využitím produktů obsahující odrazivost na povrchu atmosféry, TOA, L1) a nadmořské výšky SRTM modelu. Tyto údaje byly využity jako příznaky pro klasifikaci a budou dále analyzovány při detekci změn krajinného pokryvu v zájmovém území.

Z důvodu homogenity časové řady z hlediska prostorového a spektrálního rozlišení byla pro tvorbu datových vrstev popisujících krajinný pokryv primárně využita data Landsat 5, 7 a 8. Pro analýzu využitelnosti dalších družicových dat byly ve dvou časových horizontech (2022 a 2018) vytvořeny vrstvy krajinného pokryvu ze snímků Sentinel-2.

Pro každý časový horizont uvedený v tabulce 2 byla vizuální interpretací nad ortofotem (od roku 1997), scénou Landsat a popř. dalších dostupných dat (normalizovaný digitální model povrchu, vrstva lesních dřevin a růstových fází mapového portálu ÚHÚL, Open Street Map) vytvořena množina trénovacích dat dle legendy vycházející z požadavků na pozdější uplatnění výstupů v hydrologickém modelování. Podrobnější dělení některých kategorií (kleč) odráží rozdílný spektrální projev daných typů povrchu a v pozdější fázi mohou být tyto třídy spojeny.

1. Zástavba a komunikace
2. Louky (včetně přírodních), pastviny
3. Lesy
 - 3.1. Listnaté lesy
 - 3.2. Jehličnaté lesy
 - 3.2.1. zapojené
 - 3.2.2. nezapojené
 - 3.2.3. odumřelé
 - 3.3. Smíšené lesy
 - 3.4. Přechodová stadia lesa a křoviny

režimu, základní hodnocení trendů vybraných meteorologických proměnných a pilotní hodnocení výskytu hydrologického sucha.

Hydropedologický průzkum – popis základních hydraulických vlastností půdy na dvou zkoumaných lokalitách, které reprezentují zdravý les a les zasažený kůrovcovou kalamitou

V polovině května 2022 došlo k instalaci čidel půdní vlhkosti na dvě vybrané lokality v Černém Dole (povodí Rašelinového potoka). Lokality byly vybrány ve spolupráci s pracovníky Správy NP Krkonoše, kdy jedna reprezentuje zdravý les a druhá les zasažený kůrovcem. Celkem bylo instalováno 12 ks čidel Terros 11 měřících objemovou vlhkost a teplotu půdy. Na každé lokalitě byla čidla naistalována ve třech opakováních do dvou diagnostických horizontů, které byly popsány v rámci hydropedologického průzkumu. Zároveň bylo na každé lokalitě odebráno deset Kopeckého válečků pro stanovení základních hydraulických vlastností půdního profilu (po pěti z každého horizontu).

Na odebraných válečcích započalo červnu 2022 měření retenčních čar půdní vlhkosti. Retenční čáry byly určeny pomocí stanovení rovnovážných bodů objemu půdní vody ve vzorcích při daných potenciálech půdní vody. Na stanovení retenčních čar byla použita kombinace pískového, písko-kaolinového tanku (Eijkelkamp, NL) a přetlakového aparátu (Soil Moisture, USA). Pro každou retenční čáru bylo stanoveno osm rovnovážných bodů, které odpovídaly hodnotám pF 0; 1; 1,5; 2; 2,7; 3; 3,7 a 4,18. Pro vlastní stanovení pěti parametrů retenčních čar byla využita VanGenuchtenova rovnice v softwaru RETC.

Mimo terénní práce a laboratorní měření započaly práce na sestavení hydrologického modelu SWAT, kdy došlo k získání všech nezbytných vstupních dat. Tato data zahrnují řady teplot vzduchu, srážek, sluneční radiace a rychlosti větru. Zároveň byly získány prostorová data krajinného pokryvu, půdního pokryvu a digitálního modelu terénu. Vlastní sestavení modelu proběhne v roce 2023.

Pořízení souboru datových vrstev popisujících vývoj lesního pokryvu území Rašelinového potoka ve dvou sezónách (výstup analýzy UAS dat)

Ve třech termínech v průběhu vegetační sezóny 2022 (viz tabulka 1) byla pořízena data dronem Atmos Marlyn a kamerou MicaSense Altum pro plochu se zdravým lesem i pro plochu s poškozeným lesem. Data byla předzpracována v software Agisoft Metashape a byly testovány produkty LAI – indexu listové plochy ve 3 termínech pro obě území (poškozený a zdravý les). Práce na tomto úkolu budou pokračovat v roce 2023 – opět snímání 3x za sezónu, výsledky budou uplatněny až v roce 2023.

Vytvoření webu projektu a publikace výsledků na webu

Web projektu je provozován na doméně <https://www.lucc4hydro.cz/>. Byl vytvořen v redakčním systému WordPress. Obsahuje speciální sekci, kde jsou publikovány a zveřejňovány výsledky projektu. Výsledky jsou zveřejněny buď přímo prostřednictvím odkazu nebo formou zavěšení Dokumentu prokazujícího dosažení výsledku (zejména, pokud dosažené výsledky nelze veřejně zpřístupnit z důvodu autorských práv – například původní databáze ČHMÚ).

4. Výsledky/výstupy projektu

Závazné výsledky dosažené v roce 2022

SS05010124-V2

Vsouborn – Souhrnná zpráva o výsledcích řešení projektu v roce 2022

Stav výsledku: dosažen 12/2022

Souhrnná zpráva shrnuje výsledky projektu, které byly dosaženy v roce 2022 a postup naplňování cílů projektu.

Výsledek je zveřejněn prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA a na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/outputs/>

SS05010124-V8

O – Soubor datových vrstev popisujících stav krajinného pokryvu ve sledovaných povodích v jednotlivých letech analýzy (výstup analýzy družicových dat)

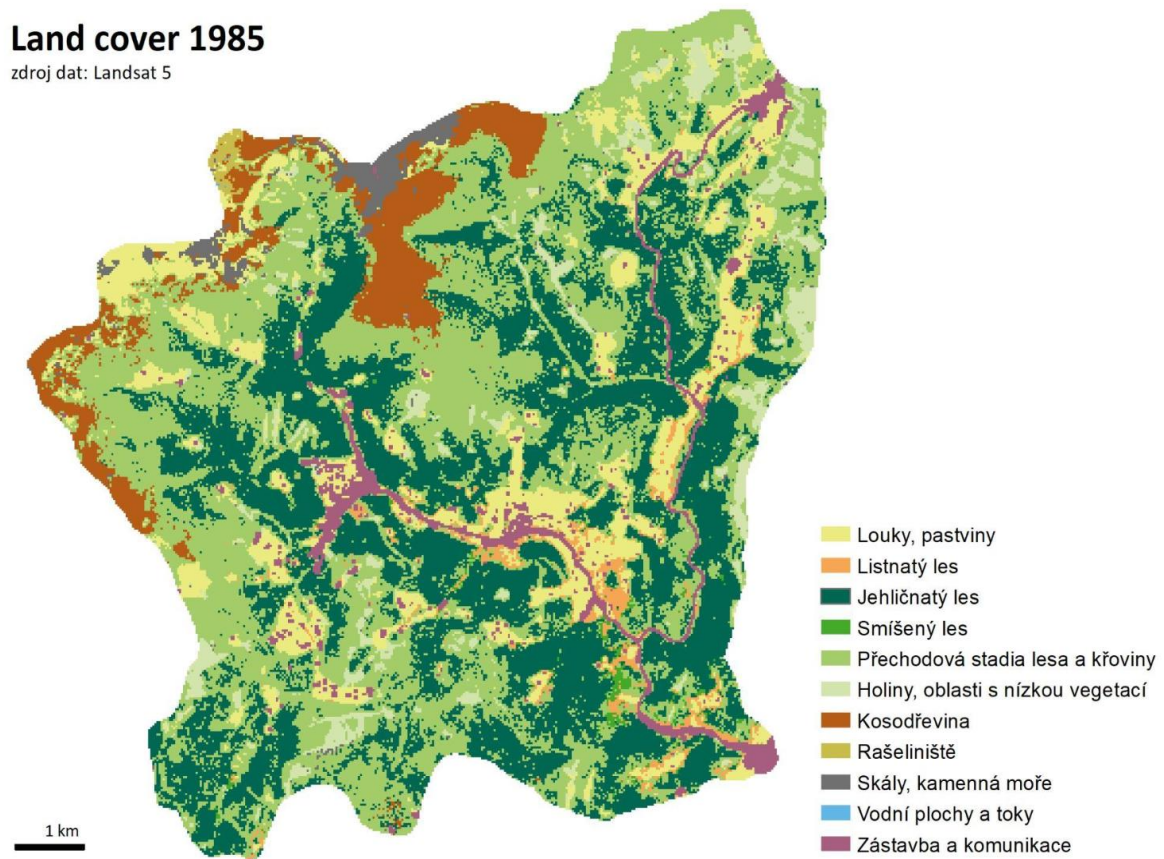
Stav výsledku: dosažen 12/2022

Bylo vytvořeno 27 datových vrstev popisujících krajinný pokryv mezi lety 1985 a 2022 na základě klasifikace dat Landsat s prostorovým rozlišením 30 m. Dílčí roky byly vynechány, pokud nebylo možné bezoblačný kompozit z dostupných dat vegetační sezóny vytvořit. Pokud mezera v časové řadě snímků byla delší než jeden rok, byl vytvořen dvou nebo tříletý bezoblačný kompozit. Sběr trénovacích ploch proběhl nad ortofoty v termínech, pro něž byla ortofota (barevná či černobílá) dostupná. V jiných letech byly trénovací množiny upraveny nad daty Landsat nebo byl využit klasifikátor natrénovaný nad týmž typem dat (Landsat 5 nebo Landsat 8) v sousedním roce. Tento postup byl možný, protože byla použita data po atmosférické korekci obsahující odrazivost na zemském povrchu. Bylo ověřeno, že se přesnost klasifikace v tomto případě nezhoršila o více než 6 %. Pro termíny, v nichž byla k dispozici ortofota pro sběr trénovacích ploch, byla použita podrobnější klasifikační legenda. V případě starších časových horizontů, kdy trénování vycházelo pouze z dat Landsat, byla tato legenda zjednodušena tak, že byly sloučeny třídy kosodřeviny a jehličnatého lesa (viz obrázek 4).

Obrázek 4: Mapa krajinného pokryvu ve sledovaných povodích v letech 1985 a 2022 vytvořená na základě klasifikace dat Landsat 8 s prostorovým rozlišením 30 m.

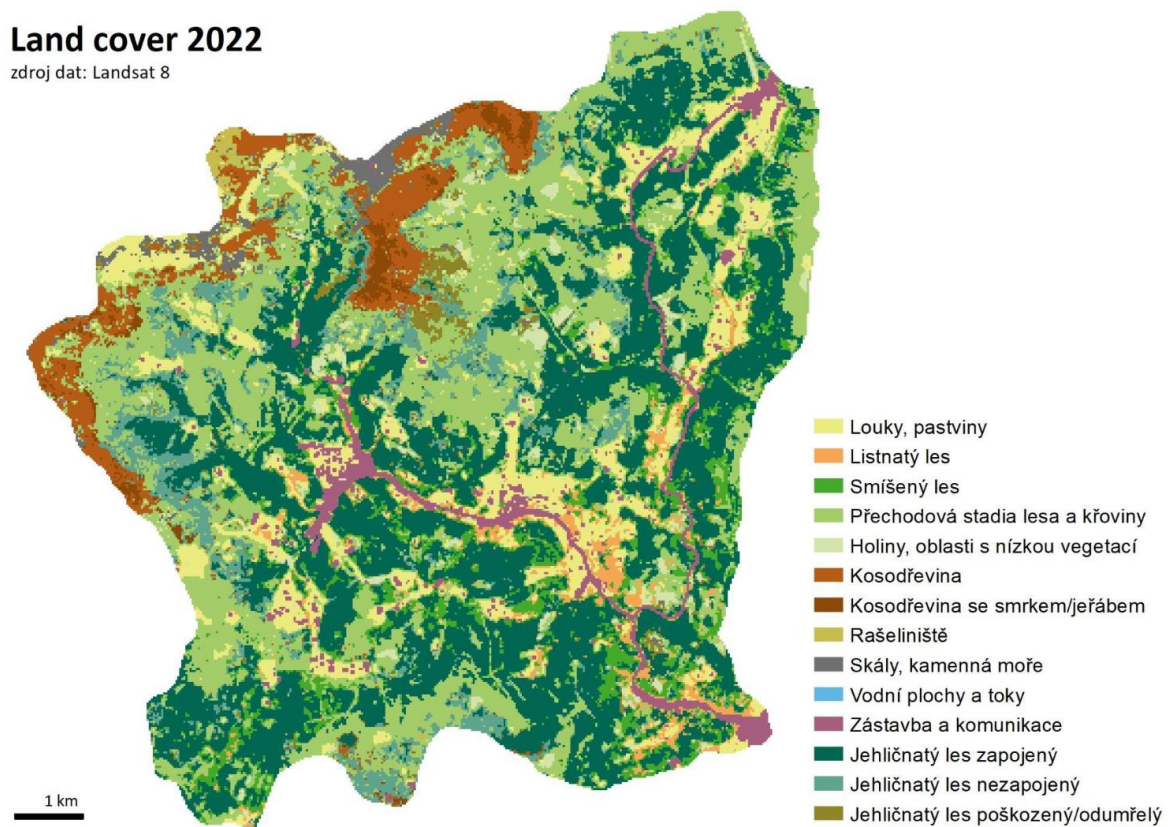
Land cover 1985

zdroj dat: Landsat 5



Land cover 2022

zdroj dat: Landsat 8



Pro časové horizonty 2018 a 2022 byly vytvořeny datové vrstvy krajinného pokryvu s prostorovým rozlišením 10 m klasifikací dat Sentinel-2. Dle očekávání se celková přesnost klasifikace dat Sentinel-2 pohybovala výše, jak ukazuje tabulka 3.

Tabulka 3: Porovnání celkové přesnosti klasifikace krajinného pokryvu z dat Sentinel-2 a Landsat 8 v letech 2022 a 2018.

	Celková přesnost klasifikace	
	2018	2022
Landsat 8	72 %	75 %
Sentinel-2	81 %	80 %

Pro další analýzy lze kromě výsledku klasifikace využít časové řady vytvořených bezoblačných kompozitů družicových dat Landsat a Sentinel-2, které kromě původních spektrálních pásem obsahují indexy vhodné pro analýzu změn vegetace.

Podrobný popis zpracování družicových dat je k dispozici v informačním systému STA jako příloha této průběžné zprávy prokazující dosažení tohoto výsledku.

Výsledek je zveřejněn prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA a na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/outputs/>

SS05010124-V16

O – WEB projektu

Stav výsledku: dosažen 12/2022

Web projektu byl vytvořen a bude dále průběžně aktualizován (zejména o nové výstupy/výsledky a doplnění fotogalerie, která obrazovou formou s krátkým doprovodným textem informuje o jednotlivých aktivitách projektu).

V hlavní nabídce web zahrnuje informace o projektu (cíle, zájmové území, workflow), partnerech projektu a jejich organizacích, výstupy projektu (případně odkazy na výstupy) členěné po jednotlivých letech s příslušným číslem výstupu dle ISTA

Výsledek je zveřejněn zde: <https://www.lucc4hydro.cz/> a dále prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA.

SS05010124-V20

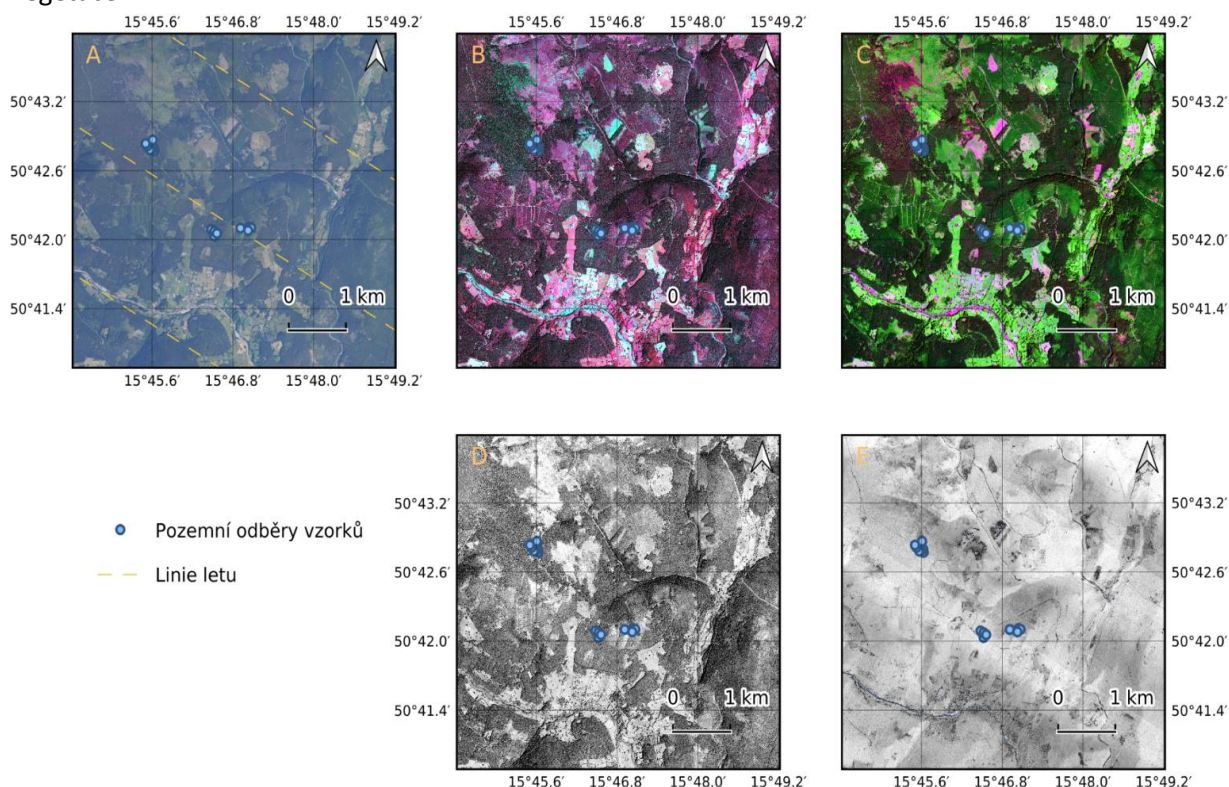
O – Datová sada leteckých hyperspektrálních dat

Stav výsledku: dosažen 12/2022

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). 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. 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. Následné zpracování hyperspektrálních leteckých dat probíhalo v pomoci předzpracovatelského řetězce CzechGlobe, který se skládá z následujících kroků: i) radiometrické korekce, ii) georeferencování, iii) sloučení dat CASI a SASI do jedné spektrální datové matice, iv) atmosférické korekce, v) výsledné mozaikování jednotlivých linií. Zpracované hyperspektrální snímky (viz Obrázek 5) ve formě georeferencované mozaiky v prostorovém rozlišení 2 m (pro CASI) a 5 m (pro spojené CASI a SASI) byly sdíleny s řešitelským kolektivem. Náhled mozaiky hyperspektrálních snímků v nepravých barvách je veřejně dostupný skrze webové stránky projektu (<https://www.lucc4hydro.cz/2022-2/>) a pomocí mapového serveru CzechGlobe (<https://mapserver.czechglobe.cz/mapa/krkonose/2022-07-19/hs-vnir>). Podrobnější popis je k dispozici v informačním systému STA jako příloha této průběžné zprávy prokazující dosažení tohoto výsledku.

Obrázek 5: 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.



Výsledek je zveřejněn zde: <https://mapserver.czechglobe.cz/mapa/krkonose/2022-07-19/hs-vnir>

a dále prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA a na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/outputs/>

Závazné výsledky rozpracované

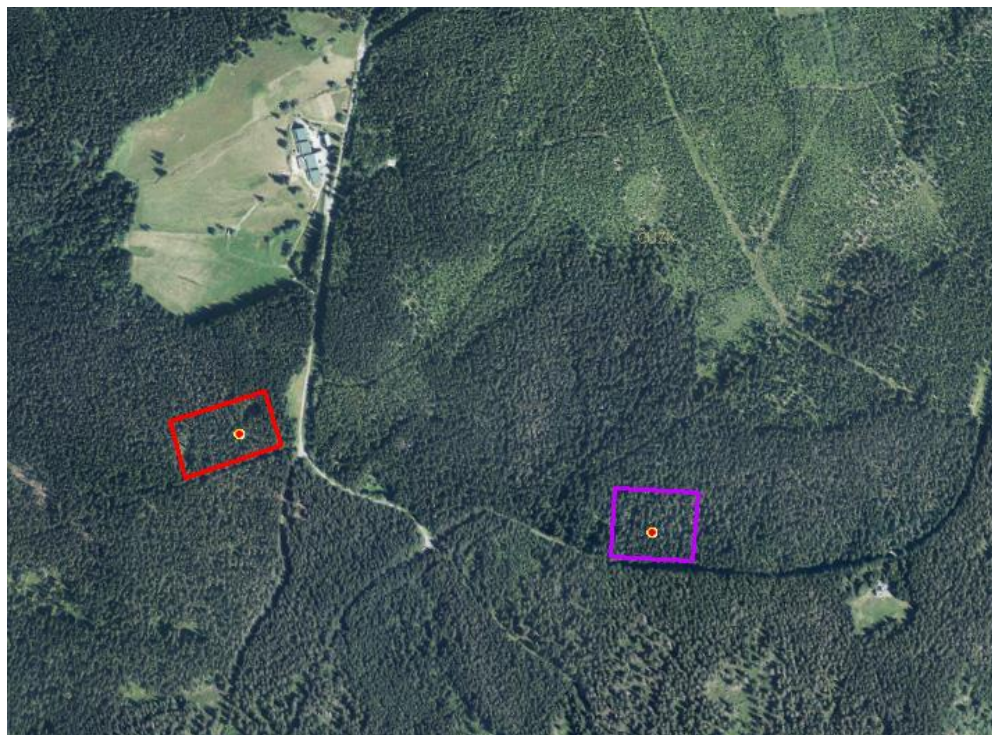
SS05010124-V9

O – Soubor datových vrstev popisujících vývoj lesního pokryvu území Rašelinového potoka ve dvou sezónách (výstup analýzy UAS dat)

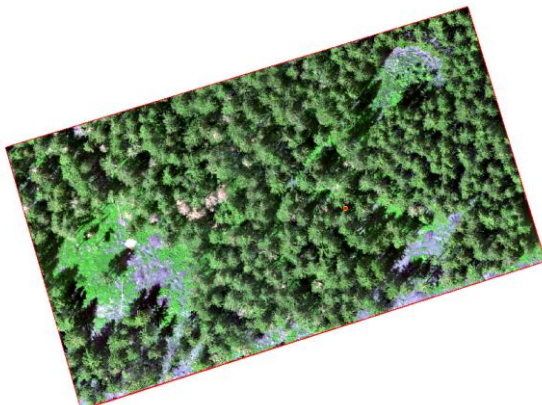

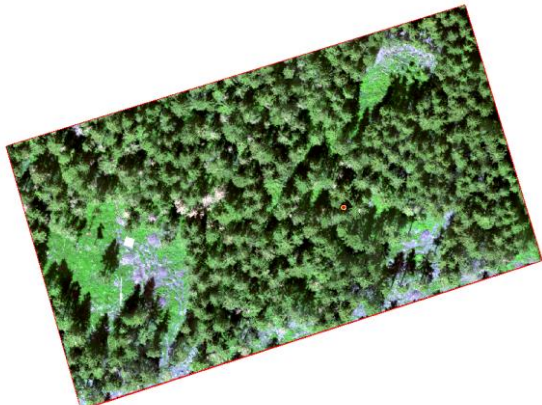

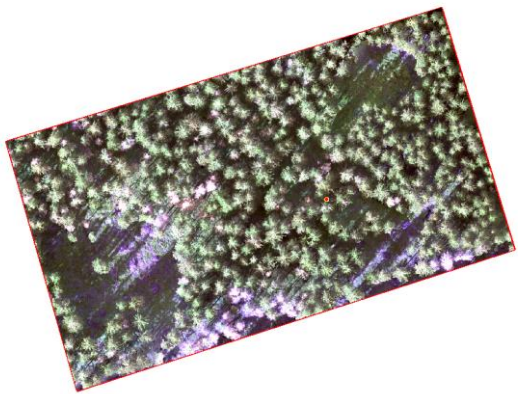
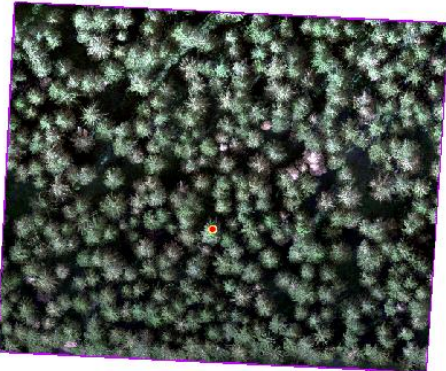
Stav výsledku: rozpracován, má být dosažen 12/2023

Data byla pořízena s prostorovým rozlišením 6 cm, mají 5 spektrálních pásem (Red, Green, Blue, RedEdge a NIR). Jsou pořízena v souvislém pásu, který zahrnuje dvě zájmové plochy. Tyto plochy (viz obrázky 6 a 7) byly vytipované spolupracovníky z KRNP (Ing. Jansa, Ing. Rejzek) tak, aby relativně blízko sebe byla jak plocha s kůrovcem poškozeným řídkým lesním porostem (plocha Hydro-1), tak plocha s relativně hustým odolnějším porostem (Hydro-2). V těchto plochách jsou zároveň umístěny měřicí přístroje (čidla půdní vlhkosti) – viz výstup O – SS05010124-V29 Hydropedologický průzkum. Propojení dat z UAV a hydropedologického průzkumu bude využito v následujících letech řešení projektu pro simulaci vlivu odlesnění na hydrologii v mikroměřítku – model HYDRUS-1D. Pro sérii UAV dat z roku 2023 byly testovány výpočty LAI, práce na tomto úkolu bude pokračovat v roce 2023.

Obrázek 6: Lokalizace ploch v povodí Rašelinového potoka (oblast Tetřevích bud) pro něž jsou pořizována multispektrální data (Hydro-1 červený obrys, Hydro-2 fialový obrys)



Obrázek 7: Náhledy pořízených multispektrálních dat pro plochy Hydro-1 (vlevo – otevřený porost poškozený kůrovcem) a Hydro-2 (vpravo – hustý zdravější porost). Červený bod označuje místo, kde jsou instalována čidla půdní vlhkosti

Hydro-1	Hydro-2
15.6.2022	
	
19.7.2022	
	
22.9.2022	
	

Zveřejnění výsledku: Výsledky analýz UAS multispektrálních dat budou dosaženy/uplatněny a zveřejněny v roce 2023.

Datová sada biochemických vlastností listoví a struktury lesních porostů

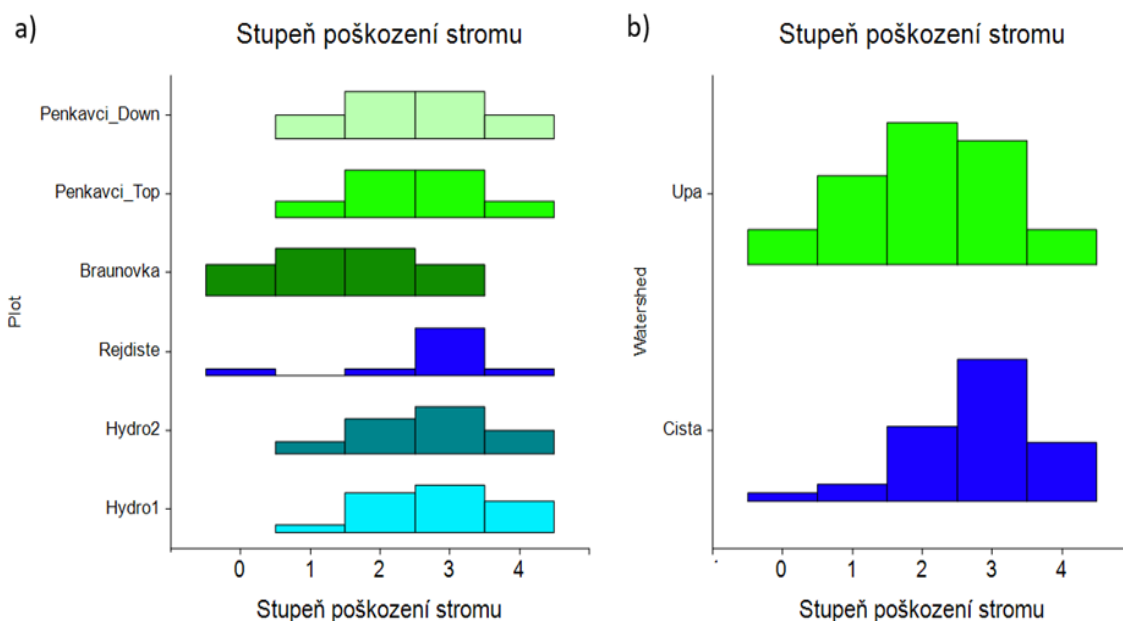
Stav výsledku: rozpracován, má být dosažen 12/2023

Datová sada biochemických vlastností listoví

Jehlice 1., 2. a 4. ročníku byly odebrány z osluněných větví celkem 82 stromů tak, aby reprezentovaly porosty v části povodí Horní Úpy a Horní Čisté. Do 24 hodin byly vzorky zpracovány v laboratoři PŘF UK, zjištěna čerstvá hmotnost, projekční plocha jehlic, byly odebrány vzorky pro spektrofotometrické stanovení obsahu chlorofylu.

U vzorkovaných stromů starších než 40 let byl na základě defoliace a přítomnosti barevných změn jehlic stanoven stupeň poškození stromu. Histogramy rozložení hodnot stupně poškození stromu na úrovni jednotlivých ploch dokumentuje Obrázek 8a, na úrovni sledovaných povodí Obrázek 8b.

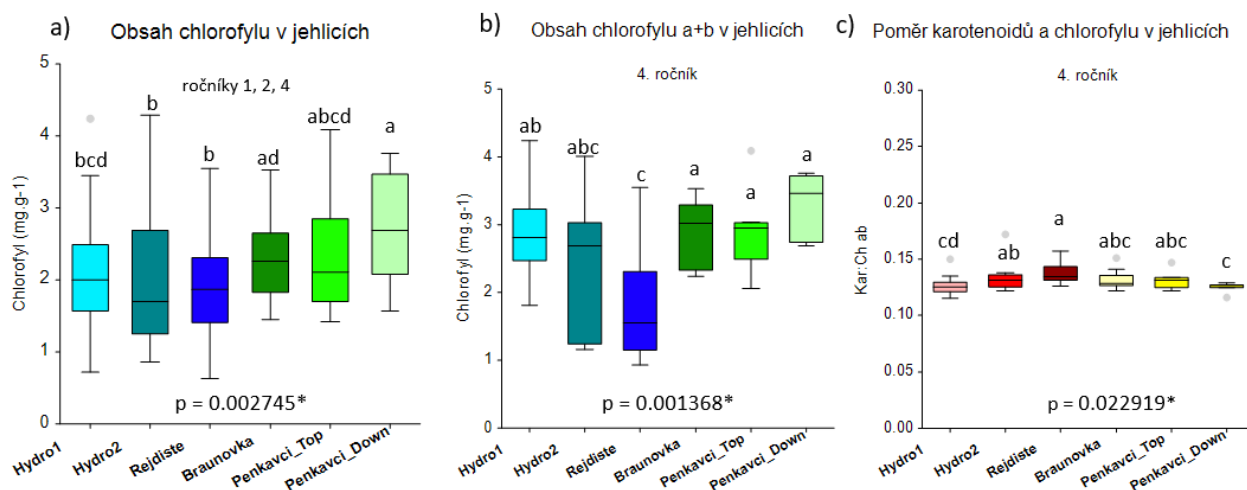
Obrázek 8: Popisná statistika (histogramy rozložení hodnot) pro stupeň poškození stromu na vzorkovaných lokalitách v zájmové oblasti KRMAP. a) úroveň výzkumných ploch, v zelených odstínech plochy z povodí Úpy, v modrých odstínech plochy z povodí Horní Čisté; b) úroveň povodí. Stupeň poškození 0 odpovídá nepoškozeným stromům s defoliací do 10 % bez přítomnosti barevných změn. Stupeň poškození 4 odpovídá vysoké míře defoliace (přes 80 %, případně přes 60 % v případě přítomnosti barevných změn jehlic).



Obsah chlorofylu a, b a celkových karotenoidů byl stanoven zvlášť pro jehlice 1., 2. a 4. ročníku. První předběžné zpracování výsledků proběhlo na stanovištích s porosty staršími 50 let. Průměrný obsah chlorofylu byl nejvyšší u stanoviště spodní Pěnkavčí vrch (Penkavci-Down, povodí Horní Úpy), nejnižší na vysoce heterogenním stanovišti Rejdíště (povodí Horní Čisté), Obrázek 9b. Analýza 4. ročníků jehlic poukázala na degradační procesy ve starších jehlicích, které se projevují i barevnými změnami v koruně. Obsah chlorofylu ve starších jehlicích byl vyšší na všech plochách z povodí Úpy oproti ploše Rejdíště v povodí Horní Čisté, Obrázek 9b. Nejhorší stav fotosyntetického aparátu stromů na

stanovišti Rejdiště potvrdil i nejvyšší poměr ochranných ku fotosyntetickým pigmentům (karotenoidy ku chlorofylům), Obrázek 9c.

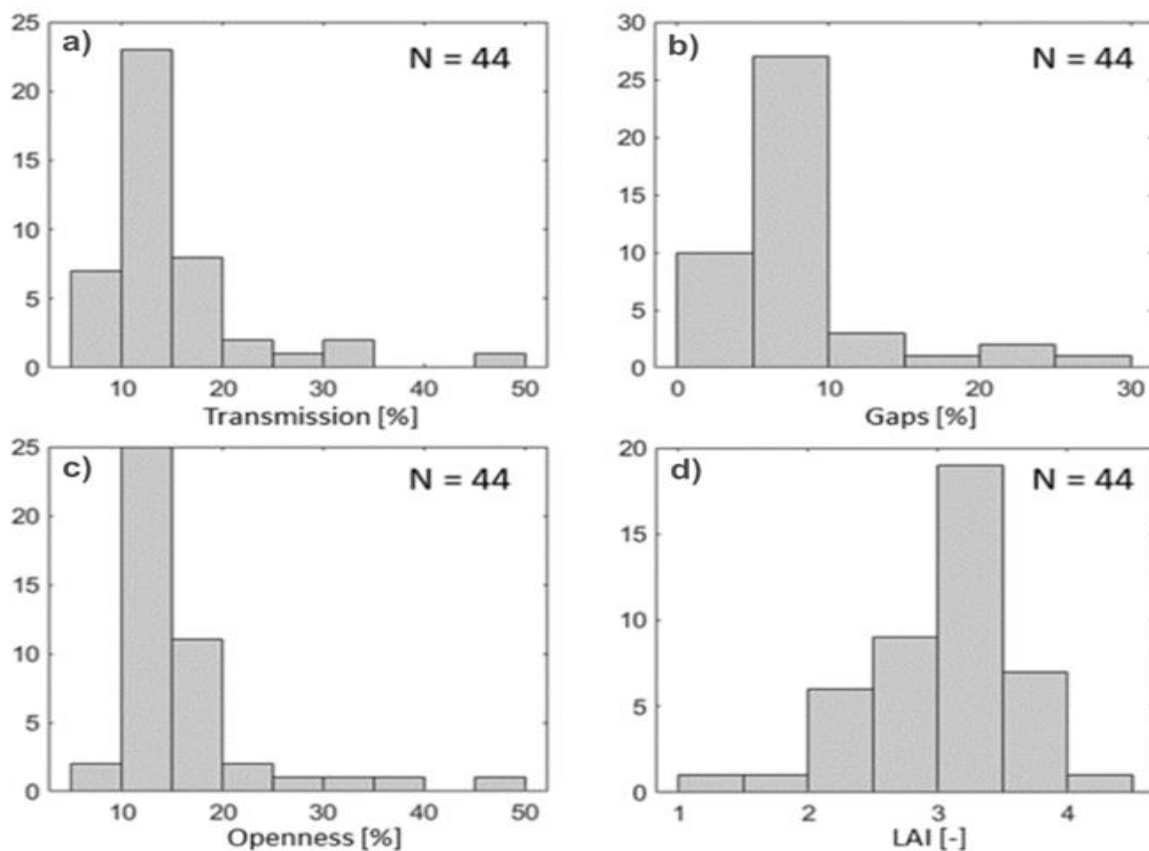
Obrázek 9: Obsah chlorofylu a poměr karotenoidů ku chlorofylu v jehlicích stromů na vzorkovaných lokalitách v zájmové oblasti KRNAP, porosty starší 50 let. a) průměrný obsah chlorofylu (ročníky 1, 2 a 4), v zelených odstínech plochy z povodí Úpy, v modrých odstínech plochy z povodí Horní Čisté; b) obsah chlorofylu v jehlicích 4. ročníku, v zelených odstínech plochy z povodí Úpy, v modrých odstínech plochy z povodí Horní Čisté. c) Poměr karotenoidů a chlorofylu a+b v jehlicích 4. ročníku, ve žlutých odstínech plochy z povodí Úpy, v červených odstínech plochy z povodí Horní Čisté. Analýza rozptylu jednoduchého třídění, Kruskal-Wallis Z-test. Rozdíly hodnoceny jako průkazné na hladině $\alpha = 0.05$. Rozdílná písmena nad krabicovými diagramy značí průkazný rozdíl.



Hemisférické fotografie

Výsledkem je tabulková databáze, ve které máme pro každou ze 44 ploch informace o hodnotách LAI (vypočtenou pomocí několik algoritmů s různou mírou korekce shlukování vegetace a terénu), průchodu světla a procentického zastoupení děr v porostu. Základní popisná statistika databáze je znázorněna na Obrázku 10.

Obrázek 10: Popisná statistika (histogramy rozložení hodnot) pro čtyři parametry popisující strukturu lokalit vzorkovaných v zájmové oblasti KRNP, a) průchod světla porostem – transmission, b) procentické zastoupení děr (oblohy) v porostu – gaps, c) otevřenost porostu – openness, d) index listové plochy – LAI.



Zveřejnění výsledku: Výsledky budou dosaženy/uplatněny a zveřejněny v roce 2023.

Další výsledky dosažené v roce 2022

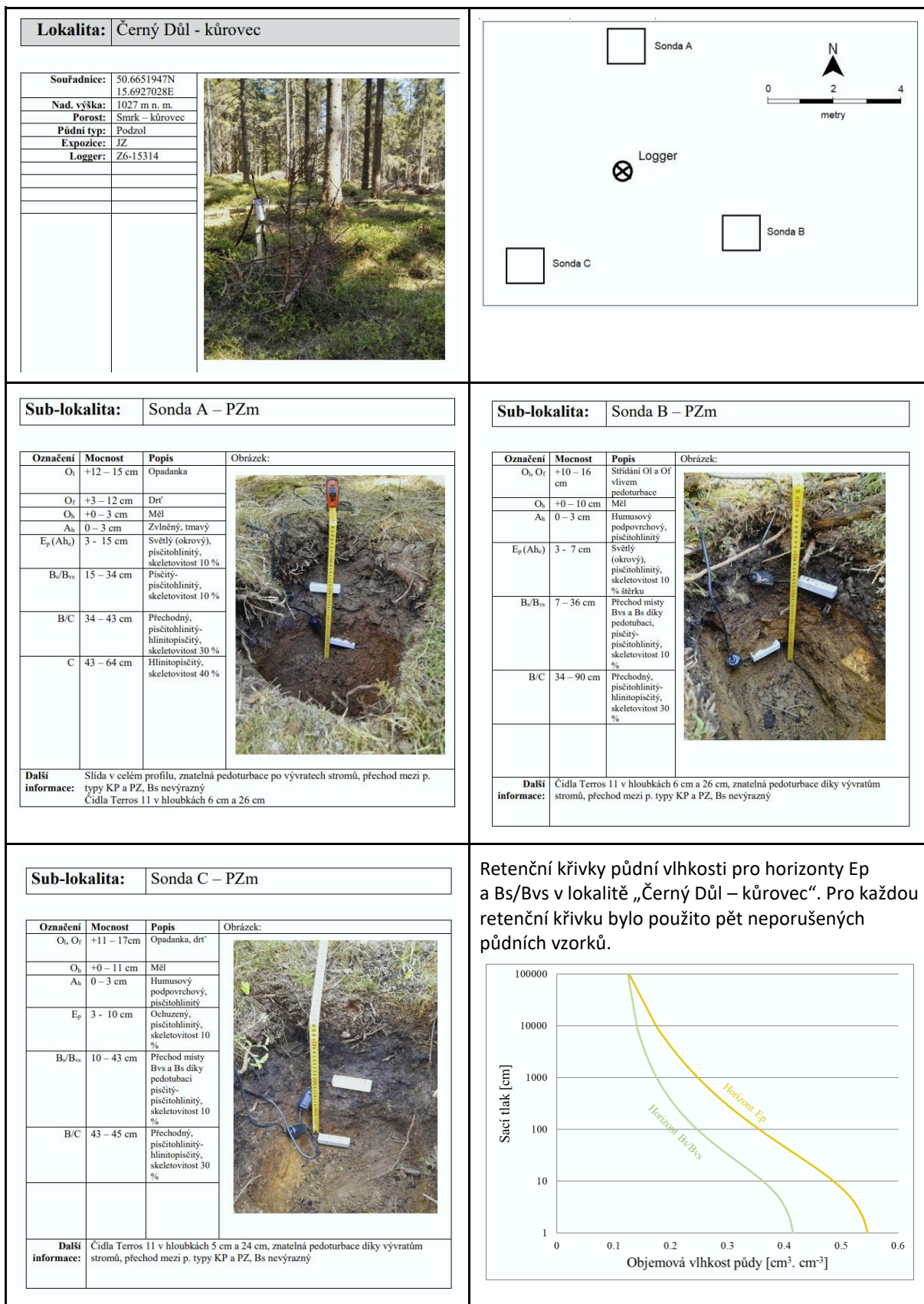
O – SS05010124-V29

Hydropedologický průzkum

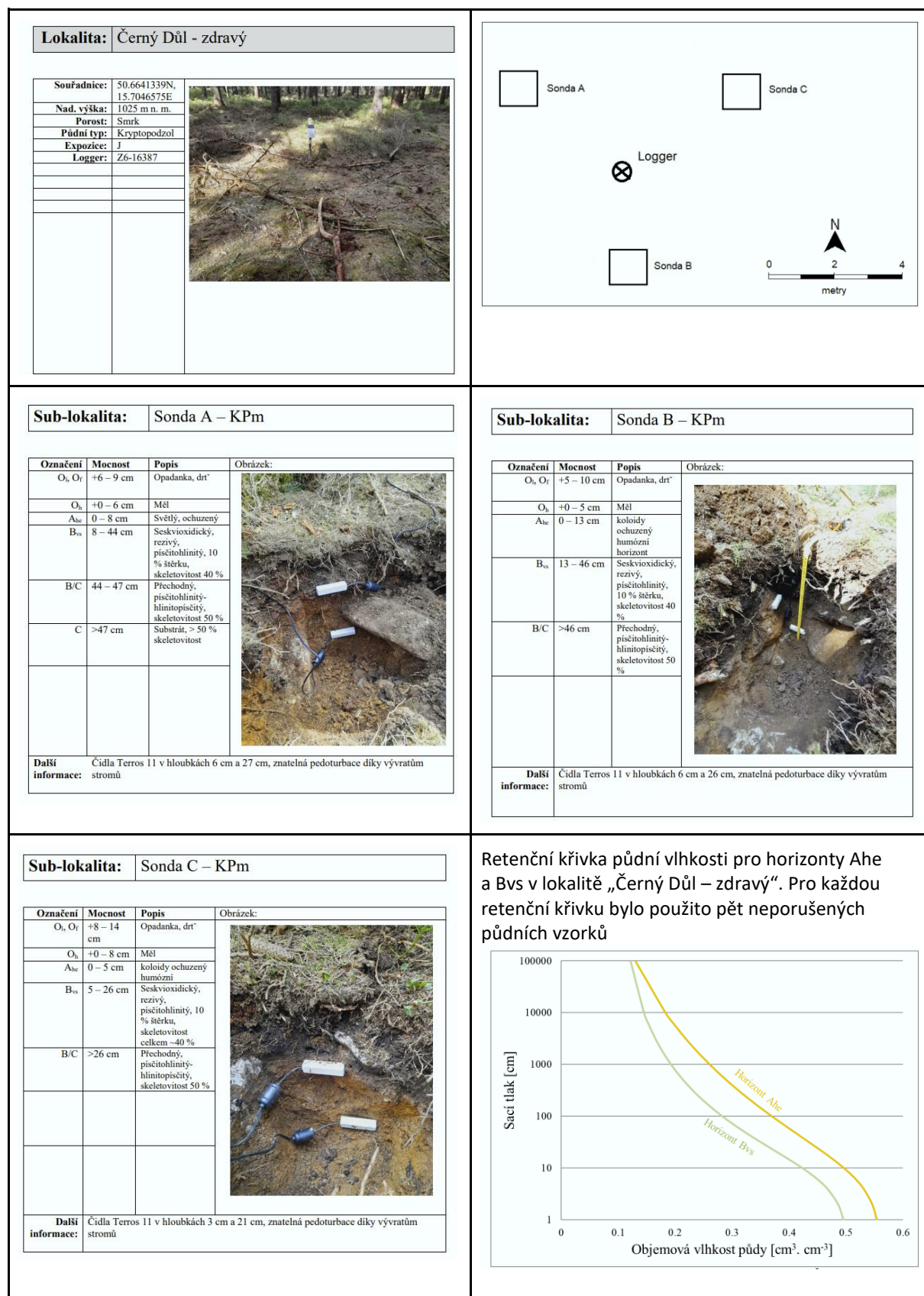
Stav výsledku: dosažen 12/2022

Výsledek je založen na podkladě terénního průzkumu a laboratorního stanovení retenčních čar půdní vlhkosti na lokalitách v zdravém a kůrovcem zasaženém lesním porostu. Terénní část průzkumu proběhla v květnu 2022 a od června 2022 probíhalo laboratorní stanovení rovnovážných bodů objemu půdní vody ve vzorcích při daných potenciálech. Celkem bylo analyzováno dvacet půdních vzorků. Na stanovení retenčních čar byla použita kombinace pískového, písko-kaolinového tanku (Eijkelkamp, NL) a přetlakového aparátu (Soil Moisture, USA). Umístění sond ukazují obrázky 11 a 12.

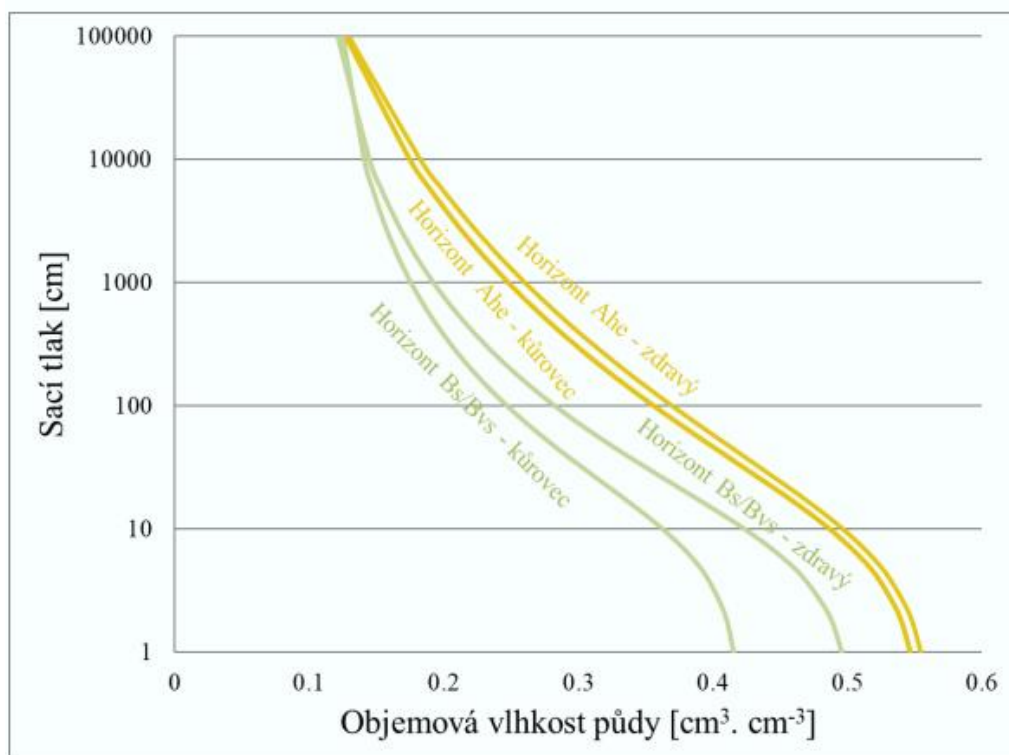
Obrázek 11: Dokumentace k rozmístění čidel a měření půdní vlhkosti v lokalitě Hydro-2 s lesním porostem napadeným kůrovcem



Obrázek 12: Dokumentace k rozmístění čidel a měření půdní vlhkosti v lokalitě Hydro-1 se zdravým lesním porostem



Obrázek 13: Porovnání retenčních křivek půdní vlhkosti pro horizonty Ahe a Bvs v obou lokalitách.



Z hlediska porovnání obou zájmových lokalit parametry retenčních čar vykazují velmi shodný tvar, a tudíž indikují velmi podobné půdní charakteristiky. Z obrázku 13 je patrné, že v horizontech Ep/Ahe nepanuje podstatný rozdíl mezi oběma lokalitami. Rozdíly v případě horizontu Bvs jsou dány odlišnými hodnotami vzorků v bodě nasycení. Bod nasycení ale představuje obtížně stanovitelný parametr, a proto dojde k jeho dalšímu přeměření.

Stanovené parametry retenčních čar budou využity pro nastavení hydropedologického modelu HYDRUS-1D, který bude sloužit pro odhad bilance půdní vody v obou zájmových lokalitách. Cílem modelového experimentu bude zjistit případné rozdíly mezi kůrovcem napadeným a zdravým lesním porostem.

Výsledek je zveřejněn prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA a na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/outputs/>

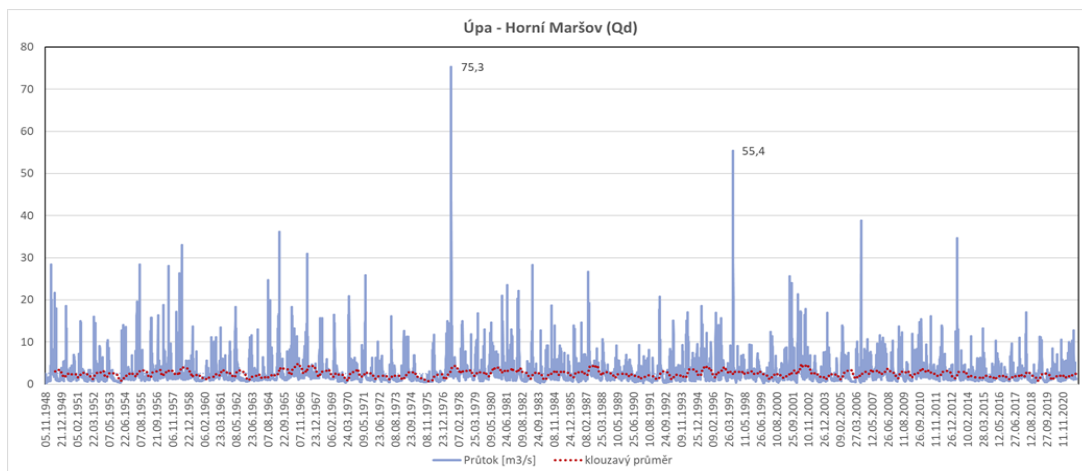
O – SS05010124-V30

Příprava a homogenizace databáze hydrologických a meteorologických proměnných

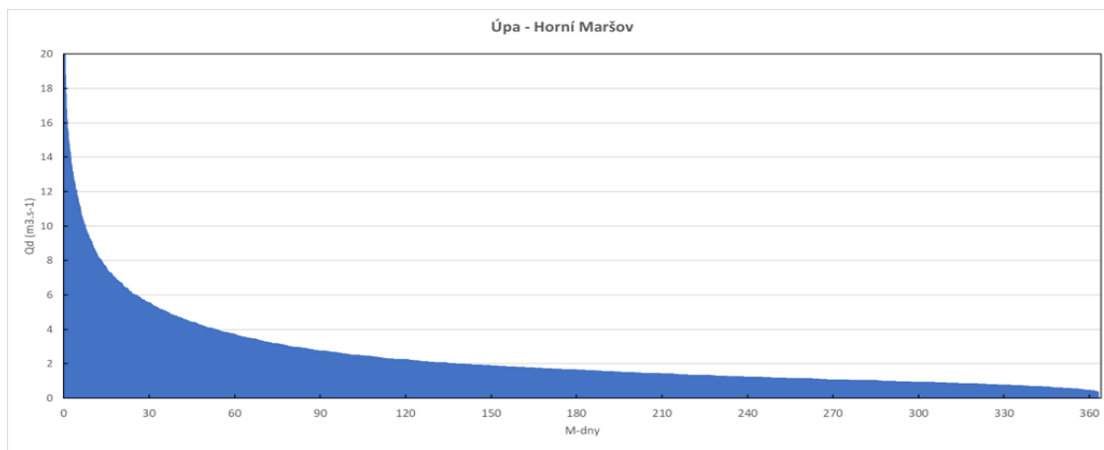
Stav výsledku: dosažen 12/2022

Datová řada Qd v profilu Horní Maršov v období 1948-2021 (obrázek 14) nevykazuje žádný významný trend, průměrné denní průtoky vykazují velkou variabilitu, což je charakteristické pro horská povodí. Čára překročení M-denních průtoků v profilu Horní Maršov (obrázek 15) ukazuje vyšší variabilitu odtoku, přičemž relativně dlouhou dobu jsou v korytě malé vodnosti. Jednoduchá součtová čára Qd vykazuje téměř lineární trend bez výrazných zlomových bodů (obrázek 16). Bylo provedeno základní vyhodnocení srážko-odtokových poměrů, zhodnocení variability srážko-odtokového režimu, základní hodnocení trendů vybraných meteorologických proměnných a pilotní hodnocení výskytu hydrologického sucha.

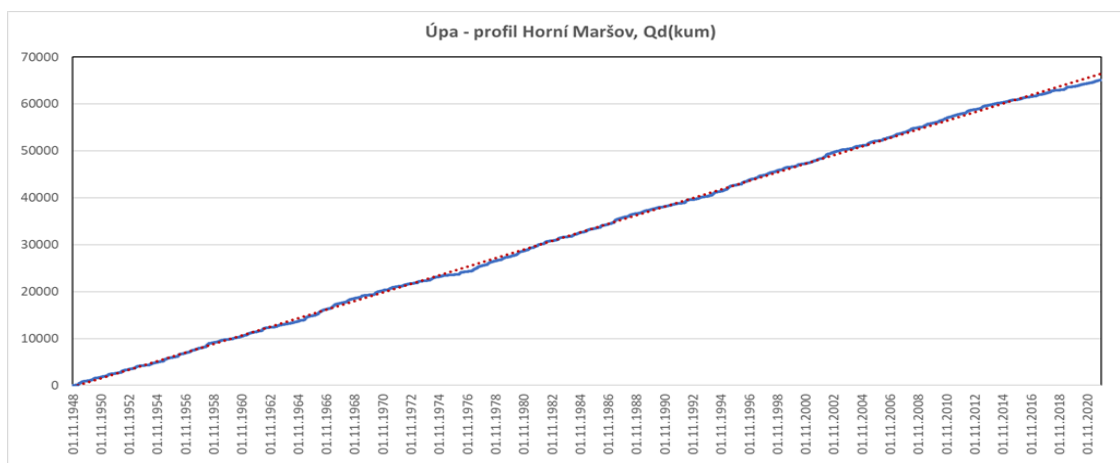
Obrázek:14 Čára průtoků Qd 1948-2021, limnigraf Horní Maršov, povodí horní Úpy, zdroj dat: ČHMÚ



Obrázek: 15 Čára překročení Qd 1948-2021, limnigraf Horní Maršov, povodí horní Úpy, zdroj dat: ČHMÚ



Obrázek 16 Jednoduchá součtová čára Qd 1948-2021, profil Horní Maršov, povodí horní Úpy, zdroj dat: ČHMÚ

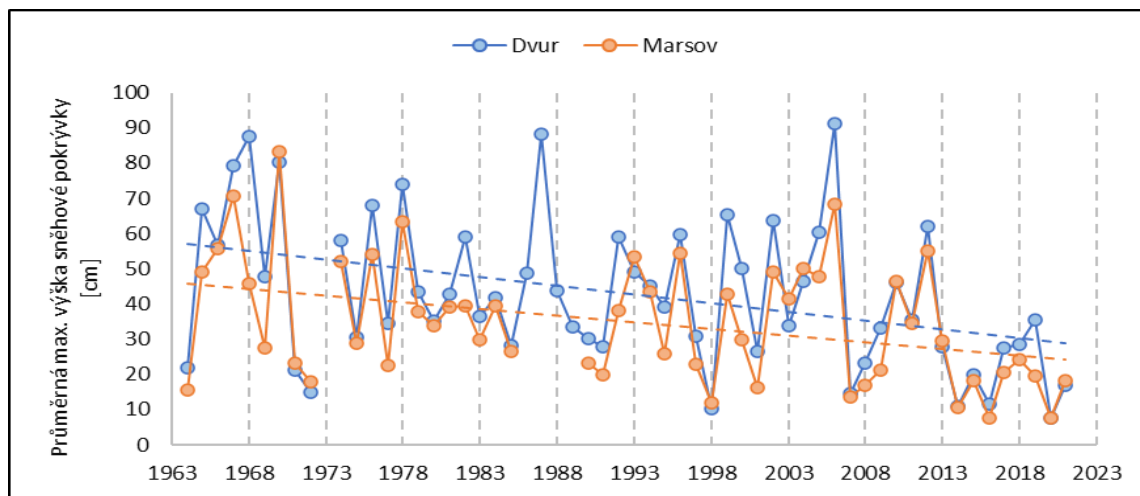


Analyzovány byly následně meteorologické proměnné: průměrné denní teploty, denní/měsíční úhrny srážek, výška sněhové pokrývky. V meteorologických datových řadách se v případě některých stanic nacházejí dlouhá období přerušení monitoringu. V případě krátkodobých výpadků došlo k doplnění datových řad pomocí lineární regrese. Průměrné roční i měsíční teploty ve stanici Pec pod Sněžkou mají ve zkoumaném období mírně rostoucí trend. Statisticky významný rostoucí trend T_m byl prokázán v případě měsíců: červen, červenec, srpen a prosinec. Nejteplejším měsícem je červenec, podružná maxima se objevují v srpnu a červnu. Z pohledu vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů nelze pozorovat žádný trend. Statisticky byl prokázán pokles srážek pouze v měsíci dubnu u stanice Dolní Dvůr. V případě maximálních denních srážkových úhrnů lze ve sledovaném období u stanice Dolní Dvůr pozorovat mírně klesající trend.

Další hodnocenou proměnnou je výška sněhové pokrývky (SCE). V zájmovém území a jeho blízkém okolí se nachází 5 stanic měřících SCE. Stanice Dolní Dvůr a Horní Maršov v závěrových profilech obou zájmových povodí vykazují ve sledovaném období 1963-2021 výrazný pokles SCE, jak z pohledu ročních SCEmax, tak i průměrných SCEmax (Obr. 17).

V rámci povodí horní Úpy, stanice Horní Maršov bylo provedeno pilotní vyhodnocení hydrologických extrémů se zaměřením na hydrologické sucho. Režim hydrologického sucha v posledních cca 50. letech v povodí horní Úpy kolísá. Hodnoty se při použití 30letého klouzavého průměru koeficientu SR pohybují kolem čísla 1, což je hranice mezi letním a zimním režimem malých průtoků. V posledních letech začíná převažovat nedostatek vody ve vodním toku v letních měsících.

Obrázek 17: Vývoj prům. SCEmax v období 1963-2022, stanice Dolní Dvůr, Horní Maršov, zdroj: ČHMÚ



Výsledek je zveřejněn prostřednictvím dokumentu prokazujícího dosažení výsledku v ISTA a na webu projektu: <https://www.lucc4hydro.cz/outputs/>

5. Plnění cílů projektu, naplňování cílů programu Prostředí pro život a implementace výsledků zpracovaných v roce 2022

Cílem projektu je přispět k poznání vlivu krajinného pokryvu (s důrazem na lesní porosty) a jeho změn na lokální hydrologii v území Krkonošského národního parku (konkrétně v povodích horní Úpy a horní Čisté) s využitím a propojením přístupů/technologií dálkového průzkumu Země (DPZ), hydrologického monitoringu a hydrologického modelování, a přinést nové poznatky a nástroje pro monitoring, management a ochranu cenných území (KRNAP a dalších).

V období roku 2022 byly dosaženy všechny plánované výstupy/výsledky a započaly práce na některých výstupech, které mají být dosaženy v dalších letech. Z hlediska plánovaných cílů přispěly aktivity a výstupy roku 2022 zejména k plnění těchto dílčích cílů:

1. Analyzovat dlouhodobý vývoj krajinného pokryvu (od 80. let 20. století) s důrazem na změny lesních porostů a aktuální zdravotní stav lesa v povodí horní Úpy a horní Čisté s využitím různých typů dat dálkového průzkumu Země.
2. Analyzovat dlouhodobé časové řady hydrologických a hydrometeorologických dat a popsat vývoj klimatu a hydrologie sledované oblasti od 40. let 20. století.

Projekt naplňuje cíl 1 Programu prostředí pro život „Přispět k adaptaci na změnu klimatu a k zavádění ekonomicky efektivních mitigačních opatření“ a hlavní prioritní výzkumný cíl 1.2 „Význam krajinného pokryvu pro lokální klima a hydrologii“.

Výstupy projektu zpracované v roce 2022 – datové vrstvy krajinného pokryvu, optická hyperspektrální a multispektrální data, terénní měření, laboratorní analýzy vzorků listoví jsou k dispozici Správě KRNAP, která je může začít využívat pro účely efektivního managementu území. Zároveň data získaná v roce 2022 budou využita při zpracování výstupů dalších let – specializované mapy včetně mapy potenciálního ohrožení lesních porostů, Aplikace pro automatizované zpracování dat DPZ, Metodika pro monitoring vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii s využitím DPZ a hydrologického modelování), které umožní pracovníkům Správy KRNAP a správcům dalších území monitorovat změny krajinného pokryvu, analyzovat a simulovat možný vliv změn krajinného pokryvu na vodní režim. a mohou být využity i jako podklad pro tvorbu a aktualizaci koncepčních dokumentů.

V roce 2022 jsme začali naplňovat i vedlejší prioritní cíl 3.3 „Rozvoj moderních metod a postupů sledování a vyhodnocování stavu jednak vodních a mokřadních ekosystémů, jednak rostlinných a živočišných druhů (a jejich stanovišť) v souvislosti s naplňováním koncepčních dokumentů přijatých k jejich ochraně“. Data byla pořízena moderními metodami DPZ – hyperspektrální letecká kamera CASI, SASI, moderní dron VTOL Atmos Marlyn, hyperspektrální kamera Headwall NANO-Hyperspec a jsou špičkovým vstupem pro analýzy a modelování, které budou probíhat v dalších letech.

Pro každý výsledek byl vytvořen v ISTA implementační plán, který specifikuje jeho využití. Většina výsledků zpracovaných v roce 2022 bude využívána pro další práci na projektu organizacemi, které na řešení projektu spolupracují, a některé výstupy budou už nyní využitelné pro implementaci v KRNAP, budou též k dispozici MŽP a AOPK. Z hlediska cílové implementace výsledků považujeme za důležité právě navázání komunikace a spolupráce s aplikačním garantem Správa KRNAP, který se výzkumu účastnil a jemuž byly výsledky prvního roku zpřístupněny.

6. Závěr

Projekt byl v roce 2022 řešen v souladu a platnou smlouvu. Výsledky/výstupy plánované na rok 2023 byly dosaženy v termínu. Nad rámec smlouvy byla pořízena některá další data (v rámci plánovaných výjezdů, případně zároveň s pořízením plánovaných dat) tak, že pořízení dat nad rámec návrhu projektu nezvýšilo náklady projektu. Tato data budou využita pro dokonalejší a přesnější zpracování plánovaných výstupů v dalších letech.

Úkoly jednotlivých organizací a osob byly plněny dle plánu a dobře fungovala spolupráce v týmu i spolupráce s aplikačním garantem – Správou KRNAP.

Výstupy byly zveřejněny na webu projektu a poskytnuty aplikačním garantům. Jednak jim byla zaslána Souhrnná zpráva o výsledcích řešení projektu v roce 2022 a též odkaz na webové stránky projektu, kde jsou zveřejněny výsledky (formou přímého přístupu k výsledkům nebo formou dokumentů prokazujících dosažení výsledku). Garanti byli požádáni o zpětnou vazbu, která bude využita pro řešení projektu v roce 2023.

7. Zdroje

Albrechtová a Lhotáková, 2019. Certifikovaná metodika vypracovaná jako výstup projektu MŠMT Centrum experimentální biologie rostlin UK, NPUI LO1417

Anand, Jatin, A.K. Gosain, a R. Khosa. 2018. „Prediction of Land Use Changes Based on Land Change Modeler and Attribution of Changes in the Water Balance of Ganga Basin to Land Use Change Using the SWAT Model". *Science of The Total Environment* 644 (prosinec): 503–19.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.017>.

Campbell, P.K.E.; Rock, B.N.; Martin, M.E.; Neefus, C.D.; Irons, J.R.; Middleton, E.M.; Albrechtová, J. Detection of initial damage in Norway spruce canopies using hyperspectral airborne data. *Int. J. Remote Sens.* 2004, 25, 5557–5583.

Šimůnek, Jiří, M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, M.T. Van Genuchten. 2008. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, Version 4.0. University of California, California.

8. Přílohy

Obrázek P1: Detailní schéma projektu – vstupy, aktivity, výstupy

