



CHARLES UNIVERSITY
Faculty of Science

Přírodovědecká fakulta UK



Ústav výzkumu globální
změny AV ČR



Ústav pro hydrodynamiku
AV ČR

Projekt 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-V22

Název výsledku: Dílčí metodika hodnocení zdravotního stavu lesních porostů s využitím letecké obrazové spektroskopie a krátkodobých trendů spektrálních indikátorů

Druh výstupu/výsledku: O – ostatní

Termín dosažení výsledku: 12/2024

Autoři výsledku (jméno/organizace):

Vojtěch Bárta, Lucie Homolová Petr Lukeš / Ústav výzkumu globální změny AV ČR

Lucie Červená, Zuzana Lhotáková, Lucie Kupková / Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

Cíl/účel vytváření výsledku

Cílem tohoto výsledku je metodický popis doporučených kroků a postupů pro monitoring zdravotního stavu lesních porostů pomocí aktuálních dat letecké obrazové spektroskopie a krátkodobých trendů spektrálních indexů odvozených z dat družicových dat.

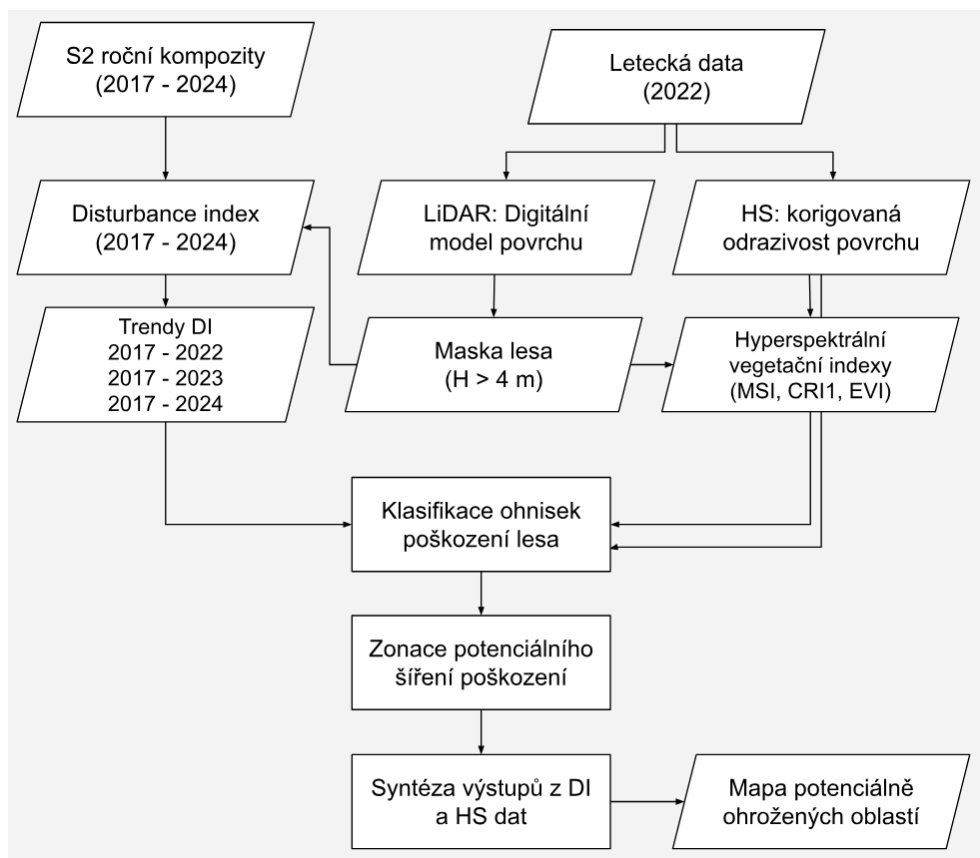
Tento dílčí výsledek slouží jako podpůrný podklad pro dosažení dalších aplikovaných výsledků projektu, konkrétně pak výsledků V25 – Mapy potenciálně ohrožených lesních porostů a V1 – Metodiky pro monitoring vlivu změn krajinného pokryvu na lokální hydrologii s využitím dálkového průzkumu Země a hydrologického modelování.

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

Jako vstupní data byly použity korigované letecké hyperspektrální (HS) snímky z kampaně z r. 2022 a tomu odpovídající pozemní měření obsahu chlorofylů a vody v listoví u vybraných stromů smrku ztepilého s různou mírou poškození koruny. Tato data byla použita ke kalibraci statistických modelů (byla použita metoda partial least squares regrese) odhadující obsah chlorofylů a vody z leteckých HS dat. Dále byly z HS dat vypočítány vybrané spektrální indexy citlivé na obsah pigmentů, vody a celkové zelenosti vegetace.

Dalšími vstupními daty byly bezoblačné mozaiky družicových snímků Sentinel-2, ze kterých byl vypočten Disturbance Index (DI). Tento index je citlivý k výrazným spektrálním změnám v rámci sledovaného území. Z ročních hodnot DI pak byly vypočteny krátkodobé trendy, tzn. sklon směrnice regresní přímky.

Výše zmíněná data vstupovala do další analýzy, detekce poškozených stromů, tzn. mrtvých a odumírajících stojících stromů a porostů, u kterých došlo již k výrazné barevně změně v koruně a tudíž i ke změně spektrálního projevu. Tato ohniska jsou považována za potenciální zdroj šíření dalšího poškození v následujících letech. Klasifikace trendů DI byla provedena expertním prahováním. Klasifikace z leteckých dat pak použila řízenou klasifikaci metodou rozhodovacích stromů, kdy trénovací množina byla vybrána manuálně na základě znalosti z terénu a leteckých dat vyššího prostorového rozlišení. Jako potenciálně ohrožené porosty jsme vymezili zóny kolem detekovaných ohnisek pomocí obalových zón ve vzdálenosti 25, 50 a 100 m od kraje ohnisek. Epicentrum a obalové zóny jsou vytvořeny z klasifikace hodnoty trendů DI ze satelitních dat. Klasifikace poškozených stromů na základě HS dat je přidána následně a slouží k potvrzení výskytu disturbance detekované satelitními daty a k dopřesnění malých, začínajících disturbancí, které pro svůj rozsah satelitní data nezachytila. Navržený pracovní postup ilustruje obrázek 1 a podrobný popis je k dispozici v dílčí metodice.



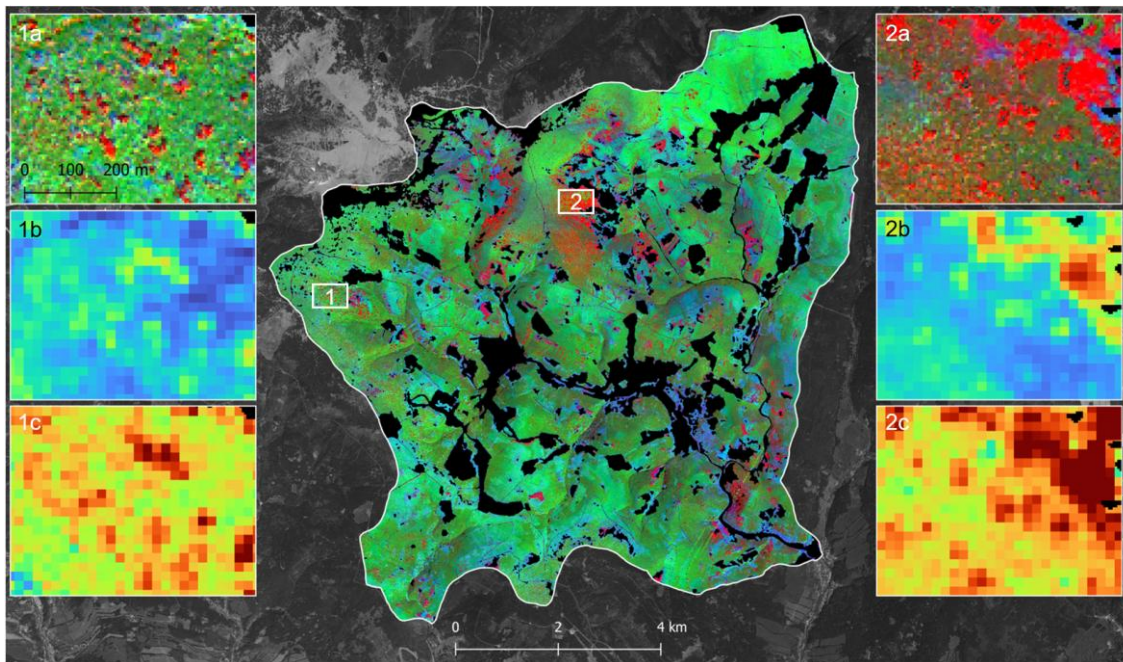
Obrázek 1. Pracovní diagram celého řetězce stanovení poškození lesních porostů.

Prezentace výsledku (popis, obrázky, grafy apod.)

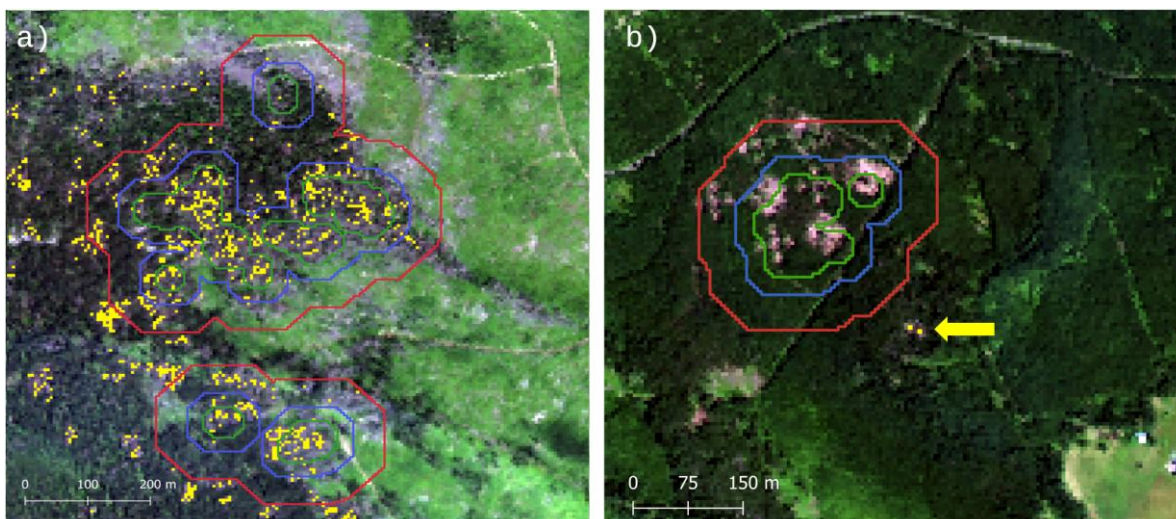
Z hyperspektrálních leteckých dat byly odvozeny dva typy indikátorů: biochemické parametry listoví (obsah pigmentů a obsah vody) odvozené z pozemních šetření a HS indexy (barevná syntéza indexů MSI, CRI a EVI na obrázku 2). Spolehlivost odhadů biochemických indikátorů byla bohužel nízká, proto nebyly zohledněny v další analýza. Místo toho jsme porovnali barevnou syntézu hyperspektrálních indexů z DI vypočteným ze satelitních dat Sentinel-2, které vykazovaly dobrou shodu. Podrobné rozlišení leteckých dat (5 m) umožnilo detekci poškození i menších skupin stromů, které byly pod rozlišovací schopnost DI (velikost pixelu 20 m).

Pro potřeby lesních pracovníků přímo v terénu byla využita metoda obalových křivek, která od nalezeného epicentra poškození detekovaného satelitními daty DI vytvoří obalové křivky ve vzdálenosti 25 m, 50 m a 100 m (obrázek 3). Do vrstvy obalových křivek jsou současně zaneseny bodové oblasti (pixely) detekované jako usychající stromy klasifikované z HS dat, které tak poskytují uživateli informaci ve větším detailu než výše zmíněné zóny navázané na satelitní data. Potvrzení míst výskytu poškození jak ze satelitních, tak z leteckých dat je důležitým předpokladem pro eliminaci falešné detekce disturbancí. Jak ukazuje obrázek 3a,

kde se oba zdroje dat shodují na identifikaci poškozeného lesního porostu. Zatímco satelitní data zachycují situaci v nejvýrazněj poškozených místech, letecká data identifikují i poškození mimo zónami vymezené okolí, které bude potřeba v praxi navštívit a zkontrolovat. Na obrázku 3b je uveden příklad falešné detekce poškození ze satelitních dat. V tomto případě satelitní data identifikovala místa řízené těžby většího rozsahu, letecká data tuto identifikaci správně nepotvrdila. Naopak za pomoci leteckých dat byly identifikovány malé oblasti poškození v okolí, které se do budoucna mohou zvětšovat.



Obrázek 2. Barevná kompozice hyperspektrálních vegetačních indexů (červený kanál = MSI, zelený kanál = CRI, modrý kanál = EVI). Místa označená jako 1 a 2 ukazují podrobnější detail, který lze identifikovat z leteckých dat v prostorovém rozlišení 5 m (vnořené obrázky 1a a 2a). Červenou barvou jsou zvýrazněny odumřelé a prosychající porosty. Obrázky 1b a 2b zobrazují absolutní hodnoty DI z roku 2022 ze Sentinelu-2 v prostorovém rozlišení 20 m. Obrázky 1c a 2c zobrazují hodnotu trendu DI v období 2017 - 2022 opět v prostorovém rozlišení 20 m.



Obrázek 3. Ukázka vymezení zón ohrožení rozpadem lesních porostů. Ohniska jsou detekována na základě trendu disturbance indexu (DI) z období 2017 - 2022 a pomocí jednoduchých izochar jsou vymezeny zóny potenciálního rozpadu lesa v následujících letech (vzdálenost 25 m od ohniska zeleně, 50 m modře a 100 m červeně). V prvním případě (a) se jedná o mrtvé stromy a odumírající les, avšak v druhém případě (b) DI identifikoval menší holiny vzniklé pravděpodobně v důsledku řízené těžby, které primárně nesouvisí s poškozením stromů napadených kůrovcem. Prostorové rozlišení DI 20 m však neumožňuje zachytit menší shluk odumírajících stromů (ukázáno žlutou šipkou), což dokáží data leteckého průzkum díky svému vyššímu prostorovému rozlišení. Žlutě jsou pak vyznačeny pixely poškozených stromů identifikovaných klasifikací hyperspektrálních leteckých dat.

Vyhodnocení výsledku (základní zjištění, přínos, případně využití)

Metodika ve svém základu navrhuje využití dvou zdrojů dat DPZ a to satelitní data Sentinel-2 a hyperspektrální letecká data. Satelitní data Sentinel-2 mají charakter bezplatně přístupných dat a jejich úlohou je upozornit uživatele na plošně výrazné změny (začínající disturbance) v lesních porostech. Z důvodu jejich relativně hrubého spektrálního (počet spektrálních pásem) a prostorového rozlišení (20 m na pixel) potom navrhujeme využít HS letecká data, která vyplňují nedostatky v prostorovém a spektrálním rozlišení, čímž umožní s větší přesností identifikovat místa začínajícího rozpadu porostů. Výsledná detekce ohnisek poškození a vymezení zón pro potenciální šíření umožňuje terénním pracovníkům lépe kontrolovat potenciálně ohrožená místa lokalizovat včasné těžební zásahy. Nevýhodou celé analýzy je jistá prodleva, způsobená zpracováním dat. Data satelitní a výpočet DI v daném roce je možné vypočítat po ukončení vegetační sezóny, kdy se skládají bezoblačné mozaiky. U leteckých dat je následné zpracování ještě časově náročnější, data jsou zpravidla dostupná s odstupem několika týdnů.

Pracovníkům KRNAP bude k dispozici mapa ohnisek a potenciálně ohrožených porostů, která bude ověřena terénní znalostí pracovníků KRNAP.

Výsledek je volně dostupný zde: <https://www.lucc4hydro.cz/2024-2/>