Technická specifikace VZ 33/2018

Stanovení aktuální horní hranice lesa a její dynamiky v Krkonošském národním parku

Soulad se strategickými dokumenty Správy KRNAP

Záměr je v souladu s Plánem péče o KRNAP a jeho OP 2010–2020 a jeho následujícím cílem/opatřením: „*4.1 Koordinace monitoringu a výzkumu: Průběžná aktualizace stávajících a doplňování nových znalostí o rozšíření, stavu a trendech biotopů a druhů (předmětů ochrany) na území KRNAP a jeho OP; Dlouhodobé sledování vybraných biotických a abiotických složek přírodního prostředí Krkonoš; Využívání poznatků výzkumu a monitoringu při managementu NP.*“

Tato aktivita je součástí Koncepce monitoringu a výzkumu v Krkonošském národním parku 2010-2020: Monitoring „*alpínské hranice lesa; Význam: Dlouhodobé změny ve výškovém průběhu horní hranice lesa, jejíž posuny budou indikovat vliv klimatické změny. Metodika: viz např. JENÍK & LOKVENC 1962, TREML 2004, souhrnně ŠTURSA et al. 2010. Priorita: II.*“

Popis výchozího stavu

Horní hranice lesa je definována jako přechodová zóna mezi vzrostlými stromy o určité výšce a nejvýše se vyskytujícími jedinci (zákrsky) stromových druhů (Körner 2012). Obvykle se v rámci ekotonu hranice lesa vymezují konvenční linie „timberline“ (hranice zapojeného a vysokokmenného lesa) a „treeline“ (spojnice nejvyšších ostrůvků stromů, stromových skupinek o určité minimální výšce)(Körner 2012).

Podobně jako v jiných evropských pohořích i v Krkonoších dochází ke vzestupu horní hranice lesa a k akceleraci růstu hlavní dřeviny budující horní hranici lesa – smrku ztepilého na horním limitu jeho rozšíření. Postup horní hranice lesa vzhůru může být v Krkonoších zásadním jevem z hlediska ochrany přírody, protože významná část chráněných fenoménů má centrum rozšíření v alpinské a subalpinské zóně.

Dosavadní údaje o růstu smrku na horní hranici lesa ukazují jeho silný vzestupný trend od druhé poloviny 80. let a silnou závislost na teplotách června a července (Treml a kol. 2012, Treml a kol. 2015a, Ponocná a kol. 2016). Podobné výsledky ukazují i studie provedené v porostech těsně pod horní hranicí lesa (Sander a kol. 1995, Kolář a kol. 2015). Všechny tyto studie dávají hrubou představu o základních limitujících faktorech růstu smrku na horní hranici lesa, ale nelze z nich odvodit detailní způsob limitování klimatických podmínek (teploty, sucha, trvání sněhové pokrývky) růstu smrku ve vegetačním období. O to se pokusil Treml a kol. (2015b), v jejichž studii jsou prezentovány výsledky monitoringu fenologie dřeva a

2018.04.06 12:12:35
CN=Radka Braunová, O=Správa Krkonošského národního parku [IČ 00088455]
OU=2824
serialNumber=28 11 f8
ISSUER CN=PostSignum Qualified CA 2

mikroklimatických podmínek z let 2010-2012. Pro zobecnění jejich závěrů je však potřeba počet monitorovaných sezón rozšířit.

O prostorových změnách polohy horní hranice lesa v Krkonoších existují dosud relativně hrubé údaje na úrovni desítek let (Treml a Chuman 2015, časové řezy 1936-1964-2005). Podobně hrubé údaje (na dekádní úrovni) existují ke vlivu hlavních faktorů, které podmínily vzestup horní hranice lesa (klimatické podmínky, změna land-use, Treml a kol. 2016). Pro účely predikce posunů hranice lesa je třeba tyto údaje zjemnit jak na časové, tak na prostorové škále, a získat představu o změnách zápoje porostů na hranici lesa na velkém území za posledních ca 20 let. Pro pochopení dynamiky horní hranice lesa je dále nutné získat dosud téměř neexistující údaje o generativním zmlazení, přežívání semenáčků a mortalitě všech věkových/kompetičních tříd v ekotonu horní hranice lesa.

Zdůvodnění záměru

Jedním z nejvýznamnějších předmětů ochrany KRNAP jsou stanoviště nad horní hranicí lesa, tedy především krkonošská arkto-alpínská tundra s řadou glaciálních a periglaciálních jevů a na ni vázaných organismů, včetně mnoha glaciálních reliktů. Existence tundry, která tvoří izolovaný ostrov o rozloze několika desítek km^2, je ohrožována probíhající klimatickou změnou, včetně možné expanze smrku a ostatních druhů montánního stupně do poloh nad horní hranicí lesa. To může v důsledku vést např. k zarůstání lavinových drah v krkonošských karech, na které je vázána značná část druhové pestrosti rostlin.

Cíle záměru:

Na základě mapových podkladů (1) zmapovat aktuální zápoj stromů v ekotonu horní hranici lesa v roce 2012 (2) a ten následně ověřit terénním stanovením výšky stromů v ekotonu horní hranice lesa. Pomocí stratifikovaného výběru z mapových podkladů (3) vyhodnotit ve čtyřech časových řezech časoprostorovou dynamiku horní hranice lesa a tu následně porovnat s (4) vyhodnocením dynamiky horní hranice lesa na trvalých monitoračních plochách, které budou k tomuto účelu založeny. (5) Založit a provést monitoring trvalých fenologických ploch smrku v ekotonu horní hranice lesa, za účelem sledování vlivu klimatu a klimatické změny na růst smrku při horní pranici lesa.

Přehled aktivit a jejich popis, harmonogram zhotovení a očekávané výstupy:

1) **Zmapování zápoje stromů v ekotonu horní hranici lesa**
   V zóně ekotonu horní hranice lesa za pomoci leteckých měřičských snímků (LMS) a komplementárního LiDAR modelu reliéfu (rok 2012) budou klasifikovány porosty na úrovni stromů a dále nad čtvercovou sítí (50x50m) bude zjištěn zápoj stromů.

Ortorektifikované LMS budou pomocí vhodného software segmentovány, a dále klasifikovány stromy na základě tvarových, spektrálních, texturních parametrů (data získaná z LMS) a výšky stromů získané z dat LiDAR (viz bod 2). Na základě prvních (úroveň koruny) a posledních odrazů (úroveň reliéfu) získaných pro daný pixel bude z mračna bodů z LIDARu vygenerována vrstva stromů. Následně ve čtvercové síti o straně 50 m musí zhotovitel klasifikovat zápoj stromů. Data LIDAR 2012 a LMS 2012 budou poskytnuta Správou KRNAP.

Výstupem bude mapa zápoje stromů v ekotonu horní hranice lesa v 50 m gridu pro rok 2012. Zároveň budou stanoveny chybové matice přesnosti klasifikace (Congalton a Green 1999). Zhotovitel data předá ve sjednaném formátu a množství dle vzájemné dohody smluvních stran.

Realizace 2018-2019.

2) **Stanovení výšky stromů v ekotonu horní hranice lesa**
Na základě LiDARových měření bude definována výška stromů v ekotonu horní hranice lesa. Pomocí filtračního algoritmu, např. robustní filtrace (software SCOP++) či zhušťování TIN (software LasTools) bude vytvořen na základě LiDARových dat digitální model reliéfu (DMR) a digitální model povrchu (DMP). Oba modely budou vizuálně kontrolovány pomocí stínovaného modelu. Dále bude vytvořen normalizovaný digitální model nDMP odečtením DMP a DMR. Určení výšky porostu pro jednotlivé stromy (segmenty) bude provedeno metodou stanovení maxima nDMP v každém segmentu. Segmenty budou pro tento účel veliké 50 x 50 m. Alternativně zmapovat výšku stromů na vybrané lokalitě fotogrammetricky - vytvořením digitálního modelu povrch metodou "high density image matching"; v tomto případě pro vytvoření nDTM využít digitální model reliéfu DMR 4G.
Tyto datové podklady verifikovat (a doplnit ve vyšších nadmořských výškách) přímými měřeními na transektech přes ekoton horní hranice lesa vzdálených od sebe 500 m na vrstevnici 1300 m (odečíst přírůst 2013-2017). Kontrolní měření provést výškoměry (nad 5 m) a měrnou latí (do 5 m výšky). U každého stromu odhadnout výškový přírůst od roku 2012 dle počtu přeslenů a získat tak přibližnou výšku pro rok 2012. Ze získaných dat vytvořit izolinie nejvyšších poloh stromů o výšce 10 m, 8 m, 5 m, 3 m, 2 m pro rok 2012 a rok 2018. Pozemní měření zopakovat na stejných transektech v roce 2021. Vyhodnotit změny mezi lety 2012-2018-2021.

Výstupem bude mapa izolinií stromů o dané výšce pro roky 2012, 2018, 2021. Dále bude stanovena pomocí pozemní verifikace chybovost odhadu výšek stromů získaná pomocí LiDARu a fotogrammetrického určení.
Data LiDAR 2012 budou poskytnuta Správou KRNAP.

Realizace 2018-2019.

3) **Časoprostorová dynamika horní hranice lesa (2019)**
Ve čtyřech časových řezech mezi lety 1990/92-1997/99-2005/07-2012 bude zmapován vývoj zápoje stromů na územích pokrývajícím minimálně 20 % ekotonu horní hranice lesa. Území budou zvolena stratifikovaným výběrem, tak aby pokrývala nejvyšší i nejnižší polohy horní hranice lesa (tj. včetně karů). Dílčí studované transkety budou vedeny po spádnici a musí mít šířku minimálně 1000 m a protínat celý ekoton horní hranice lesa od nejnižšího horního okraje zapojeného lesa po nejvyšší jedince stromových druhů. Stromy budou klasifikovány z leteckých měřičských snímků pomocí segmentace a následné klasifikace na základě spektrálních a texturních parametrů (viz body 1,2). Pro rok 2012 budou použita jako doplňková data odhady výšek stromů zLIDARu. Všechny snímky budou mít velikost pixelu do 0.35 m. Pro jednotlivé časové řezy budou vytvořeny mapy zápoje stromových porostů v 50 m gridu. Ve stejném 50 m gridu budou dále pro po sobě následující časové řezy vytvořeny změnové mapy zápoje stromů.

Výstupem budou pro jednotlivé transkety mapy zápoje stromů v 50 m gridu pro jednotlivé časové řezy a mapy změn zápoje v 50 m gridu.

Realizace 2020.

4) **Vyhodnocení dynamiky horní hranice lesa na trvalých plochách**
Bude založeno 9 trvalých ploch stratifikovaně pokrývající ekoton horní hranice lesa s ohledem na: <u>polohu v ekotonu horní hranice lesa</u> (celkem 3 plochy v dolní, 3 plochy ve střední a 3 plochy v nejvyšší části ekotonu horní hranice lesa), <u>expozici</u> (1/3 ploch na svazích S kvadrantu, 2/3 ploch na svazích J kvadrantu), <u>na svazích J kvadrantu pak reflektovat i různý zápoj kleče</u>. Plochy budou čtvercového tvaru o straně 40 m. Na každé ploše budou zaznamenány všechny stojící stromy/zákrsky nad 1 m – živé, odumřelé, v terénu je označit štítky včetně odumřelých jedinců. Geodeticky bude zaměřena jejich poloha, pro každý kmen zjištěna výšku, výčetní tloušťku (v 1 m), vitalita (olistění, tvar koruny, napadení hmyzem, houbovými chorobami), přítomnost zlomů (vrcholových, korunových, kmenových), určit druh. Determinován bude jejich generativní/vegetativní původ. U odumřelých jedinců dle možností bude odhadnut rok úmrtí dendrochronologicky nebo dle stupně rozkladu. U mrtvého stojícího dřeva bude stanoven stupeň rozkladu. Na vybraném vzorku náhodně vybraných živých jedinců bude dendrochronologicky určeno jejich stáří.
Dále bude polohově zaměřeno všechno mrtvé ležící dřevo o délce větší než 1 m a průměru větším než 5 cm, určen stupeň rozkladu, původ (vývrat, zlom), determinován druh dřeviny dle možností. Polohově rovněž budou zaměřeny okraje polykormonů borovice kleče.

Na 2 subplochách v rámci každé výzkumné plochy (v horních rozích, čtverce 5 x 5 m) budou označeny semenáčky (všechny jedince do výšky 1 m), zaznamenána jejich poloha, mikrostanoviště a sledováno jejich přežívání (2 x ročně – červen, září). Na dalších dvou subplochách 5x5 m každé výzkumné plochy bude v roce 2020 proveden destruktivní odběr semenáčků a dle počtu letokruhů v kořenovém krčku přesně určen rok jejich uchycení. Informace o etablování semenáčků budou dány do souvislosti s klimatickými faktory. Cenzus na velkých plochách bude proveden v r. 2018 a zopakován 2021. Sledování semenáčků na subplochách bude prováděno každý rok.

Výstupem budou porostní mapy jednotlivých ploch (geodatabáze); věkové struktury, mortalitní struktury; Stanovištní preference semenáčků, informace o přežívání semenáčků, klimatické faktory ovlivňující přežívání a etablování semenáčků. Tato data mohou být následně použita do prostorově explicitního modelu dynamiky horní hranice lesa, kterým může být predikován další vývoj horní hranice lesa

Realizace 2018, zopakování v 2021.

5) **Založení a monitoring trvalé fenologické plochy smrku v ekotonu horní hranice lesa**

Na horní hranici zapojeného lesa bude prováděno sledování fenologie dřeva a olistění smrku na jedné ploše. Na ploše bude probíhat monitoring teplot vzduchu při kmeni pod zástinem koruny (ve 2 m) a monitoring půdních teplot a vlhkosti půdy, vše pomocí dataloggerů s 1 hod frekvencí záznamu.
Za účelem monitoringu fenologie dřeva budou v týdenním intervalu od dubna do října odebírány vzorky dřeva 1 mm sondou TREPHOR. Odběry budou probíhat na 6 dominantních či kodominantních jedincích smrku ztepilého. Vzorky budou následně dle metodiky Rossi et al. (2006) analyzovány za účelem zjištění počtů buněk dřeva v jednotlivých fenologických fázích (kambiální buňky, buňky ve fázi zvětšování, buňky ve fázi druhotného tloustnutí stěny, dozrále buňky) a celkového počtu buněk. Dále bude pro každý strom zjištěna průměrná rychlost tvorby buněk a maximální rychlost tvorby buněk (parametry n90 a rmax dle Rathgeber et al. 2011).
Dále budou monitorovány opět v pravidelných týdenních intervalech na stejné lokalitě následující fenofáze olistění: rašení laterálních a prodlužování laterálních letorostů (týdenní interval duben-srpen). Fenologická pozorování budou prováděna na označených větvích stejných jedinců, u kterých budou monitorovány fenofáze dřeva.

Výstupem bude analýza, jakým způsobem teplotní a vlhkostní podmínky v sezóně ovlivňují růst smrku na horní hranici lesa (viz např. Rossi et al. 2007).

Realizace 2018-2020.

Literatura:

Congalton R.G., Green K., 1999: Assessing the accuracy of remotely sensed data. Principles and Practices. Lewis Publ., Boca Raton, Florida.

Kolář, T., Čermák, P., Oulehle, F., Trnka, M., Štěpánek, P., Cudlín, P., Hruška, J., Büntgen, U., Rybníček, M., 2015. Pollution control enhanced spruce growth in the ‘‘Black Triangle’’ near the Czech- Polish border. Sci. Total Environ. 538, 703-711.

Körner, C. (2012) *Alpine treelines—functional ecology of the global high elevation tree limits.* Springer, Basel.

Ponocná, T., Spyt, B., Kaczka, R., Büntgen, U., Treml V. 2016. Growth trends and climate responses of Norway spruce along elevational gradients in East-Central Europe. *Trees-Structure and Function* 30, s. 1633–1646.

Rathgeber C.B.K., Longuetaud F., Mothe F., Cuny H., Le Moguédec G. 2011. Phenology of wood formation: Data processing, analysis and visualisation using R (package CAVIAR). Dendrochronologia 29: 139-149.

Rossi S, Deslauriers A, Anfodillo T(2006) Assessment of cambial activity and xylogenesis by microsampling tree species: An example at the alpine timberline. IAWA J 27:383-394

Rossi S, Deslauriers A, Anfodillo T, Carraro V (2007) Evidence of threshold temperatures for xylogenesis in conifers at high altitudes. Oecologia 152:1-12

Sander, C., Eckstein, D., Kyncl, J., Dobrý, J., 1995. The growth of spruce (Picea abies (L) Karst) in the Krkonoše-(Giant) Mountains as indicated by ring width and wood density. Ann. For. Sci. 52, 401-410.

Treml, V., Ponocná, T., Büntgen, U. 2012. Growth trends and temperature responses of treeline Norway spruce in the Czech-Polish Sudetes Mountains. *Climate Research* 55, s. 91-103.

Treml, V., Ponocná, T., King, G., Büntgen, U. 2015a. A new tree-ring-based summer temperature reconstruction over the last three centuries for east-central Europe. *International Journal of Climatology* 35, s. 3160-3171.

Treml, V., Kašpar, J., Kuželová, H., Gryc, V. 2015b. Differences in intra-annual wood formation in Picea abies across the treeline ecotone, Giant Mountains, Czech Republic. *Trees - Structure and Function* 29, s. 515-526.

Treml, V., Chuman, T. 2015. Ecotonal dynamics of the altitudinal forest limit are affected by terrain and vegetation structure variables: An example from the Sudetes Mountains in Central Europe. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 47, s. 133-146.

Treml, V., Šenfeldr, M., Chuman, T., Ponocná, T. & Demková, K. (2016) Twentieth century treeline ecotone advance in the Sudetes Mountains (Central Europe) was induced by agricultural land abandonment rather than climate change. *Journal of Vegetation Science*, 27, 1209–1221.