

2019/202

UNIVERZITA KARLOVA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Albertov 6, 128 43 Praha 2
IČO: 00216208, DIČ: CZ00216208
UK - 2

SMLOUVA O DÍLO SMLDEU 38-65/2018

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

uzavřená v souladu s ust. § 2586 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku

Článek 1.

Smluvní strany

1. Smluvní strana: **Správa Krkonošského národního parku**
 Se sídlem: Dobrovského 3, Vrchlabí 54301
 IČ: 00088455
 DIČ: CZ00088455
 bank. spojení: ČNB,
 zastoupená: PhDr. Robin Böhnisch ředitel
 ve věcech technických: , odborný pracovník oddělení ochrany přírody,
 koordinátor vědy a výzkumu

(dále jen „objednatel“)

2. **Zhotovitel: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta**
 se sídlem/bytem: Albertov 6, 128 43 Praha 2
 Zhotovitel je veřejná vysoká škola a jeho právní subjektivita plyne ze zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Zhotovitel není zapsán v obchodním rejstříku či obdobné evidenci.
 IČO/r.č.: 00216208
 DIČ: CZ00216208
 bankovní spojení: Prof. RNDr. Jiřím Zimou, děkanem na základě § 24 odst. 2 písm. D), § 28 odst. 1 z.č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů a na základě čl. 15 odst. 1 písm a) Statutu Univerzity Karlovy (<https://www.cuni.cz/UK-8891.html>)
 zastoupený:

(dále jen „zhotovitel“)

(dále jen „smluvní strany“)

Článek 2.

Předmět díla a termín plnění

- 2.1 Zhotovitel se zavazuje na svůj náklad a na své nebezpečí zpracovat předmětem zakázky 33/2018 Stanovení aktuální horní hranice lesa a její dynamiky v Krkonošském národním parku. Předmětem díla je zhotovení komplexní studie, která stanoví aktuální horní hranici lesa a její dynamiku v Krkonošském národním parku. Studie bude tvořena souborem dílčích interpretovaných map a analýz. Výstupem díla je na základě předaných mapových podkladů: (1) zmapovat aktuální zápoj stromů v ekotonu horní hranice 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 hranici lesa. Podrobný popis aktivit a jejich harmonogram plnění je uveden v příloze č. 1 této smlouvy o dílo, tzv. technická specifikace a tvoří její nedílnou součást.

2.2. Zhotovitel bude provádět dílo týmem odborníků, jehož seznam tvoří přílohu č. 2 této smlouvy.

Podrobný popis předmětu díla je uveden v technické specifikaci, která tvoří přílohu č. 1 této smlouvy o dílo.

2.3. Předmět této smlouvy je hrazen z dotačního programu Operační program Životního prostředí EU z Evropského fondu pro regionální rozvoj – Pro vodu, vzduch a přírodu, projekt Obnova samořídících funkcí lesních ekosystémů KRNAP v podmínkách trvajících imisní zátěže.

2.4. Místem plnění: území KRNAP.

2.5. Termín plnění: předpokládané zahájení projektu do 30 dnů od účinnosti smlouvy do 31. 12. 2021. Podrobný harmonogram je uveden v příloze č. 1 této smlouvy.

Článek 3.

Povinnosti a kontrola objednatele

3.1. Objednatel předá zhotoviteli veškeré podklady a datové zdroje ke zpracování díla (Data LIDAR 2012 a LMS 2012) do 1 měsíce od podpisu této smlouvy.

3.2. Objednatel se zavazuje průběžně spolupracovat se zhotovitelem prostřednictvím svých zástupců. Veškeré další podklady předává objednatel zhotoviteli průběžně.

3.3. Objednatel je oprávněn provádět kdykoli průběžnou kontrolu řádného plnění díla zhotovitelem. Zhotovitel mu je povinen poskytnout informace o průběhu plnění díla do 7 dnů od vznesení dotazu.

3.4. Zhotovitel při vypracování spolupracuje s odpovědnými osobami objednatele.

3.5. Do 30 kalendářních dnů od předání výstupů díla nebo jeho částí je povinen objednatel písemně oznámit zhotoviteli zjištěné závady. Zhotovitel je povinen tyto závady odstranit a do 30 kalendářních dnů od data obdržení písemného oznámení závad objednatelům předat opravené dílo, nebude-li písemně dohodnuto jinak. Následně bude sepsán protokol o předání díla a zhotovitel je oprávněn vystavit fakturu dle čl. 5. této smlouvy.

3.6. Za účelem kontroly provádění díla je objednatel oprávněn svolávat kontrolní dny, a to minimálně 7 dnů před konáním kontrolního dne. Tento den bude konán v sídle objednatele, pokud nebude smluvními stranami sjednáno jinak. Objednatel předpokládá konání 3 kontrolních dnů v průběhu daného kalendářního roku. V roce 2018 budou organizovány 2 kontrolní dny. Na těchto kontrolních dnech je zhotovitel povinen zprávou doložit postup provádění prací.

Článek 4.

Povinnosti zhotovitele

4.1 Zhotovitel je povinen provádět dílo v souladu s touto smlouvou, a to nejpozději do dílčích termínů dle čl. 2. této smlouvy.

4.2. Zhotovitel je povinen oznámit názvy, jména a veškeré identifikační údaje svých subdodavatelů objednateli. Zhotovitel zodpovídá za jednání svých subdodavatelů a je povinen plnit vůči nim veškeré své závazky a povinnosti.

4.3. Zhotovitel nesmí objednatelům poskytnutá data a údaje půjčovat, kopírovat nebo reprodukovat pro jiné účely než jsou definované touto smlouvou o dílo a převádět smluvní vztah na třetí osoby bez předchozího souhlasu objednatele.

4.4. Žádná část díla ani poskytnutých podkladů nesmí být žádným způsobem zhotovitelem použita pro jiné dílo, které by nevznikalo podle této smlouvy, bez předchozího písemného souhlasu objednatele. Žádná část díla ani poskytnutých podkladů nesmí být žádným způsobem zhotovitelem poskytnuta třetí osobě bez předchozího písemného souhlasu objednatele.

4.5. Po ukončení platnosti a účinnosti smlouvy z jakéhokoliv důvodu je zhotovitel povinen předat objednateli veškeré originály a kopie díla. Všechny části díla, které nebudou poskytnuty objednateli, je zhotovitel povinen zničit. Tím nejsou dotčena předchozí ustanovení tohoto článku.

- 4.6. Zhotovitel zabezpečí takový režim práce s daty a údaji, aby výše uvedené podmínky byly dodrženy.
- 4.7 Zhotovitel se zavazuje účastnit se kontrolního dne. Na těchto kontrolních dnech je zhotovitel povinen zprávou doložit postup provádění prací.
- 4.8 Zhotovitel se zavazuje předávat výstupy vždy v elektronické podobě. Vždy budou předány závěrečné studie pro každou zadanou aktivitu (analýzy, mapy, odborné texty). Dále musí předat soubor všech primárních dat v jednom z běžných formátů pro statistické zpracování např. .xls, dbf, csv, atd. Pro všechny mapové výstupy doložit prostorové datové vrstvy (.shp).
- 4.9 Dodavatel je povinen uchovávat veškerou dokumentaci související s realizací projektu včetně účetních dokladů minimálně do konce roku 2029. Pokud je v českých právních předpisech stanovena lhůta delší, musí ji žadatel/příjemce použít.
- 4.10 Zhotovitel nesmí objednatelem mu poskytnutá data a údaje půjčovat, kopírovat nebo reprodukovat pro jiné účely než jsou definované touto smlouvou o dílo a převádět smluvní vztah na třetí osoby bez předchozího souhlasu objednatele.
- 4.11 Žádná část díla ani poskytnutých podkladů nesmí být žádným způsobem zhotovitelem použita pro jiné dílo, které by nevznikalo podle této smlouvy, bez předchozího písemného souhlasu objednatele. Žádná část díla ani poskytnutých podkladů nesmí být žádným způsobem zhotovitelem poskytnuta třetí osobě bez předchozího písemného souhlasu objednatele.
- 4.12 Po ukončení platnosti a účinnosti smlouvy z jakéhokoliv důvodu je zhotovitel povinen předat objednateli veškeré originály a kopie díla. Všechny části díla, které nebudou poskytnuty objednateli, je zhotovitel povinen zničit. Tím nejsou dotčena předchozí ustanovení tohoto článku.
- 4.13 Zhotovitel zabezpečí takový režim práce s daty a údaji, aby výše uvedené podmínky byly dodrženy.

Článek 5.

Cena a platební podmínky

5.1 Cena díla činí :

		Cena bez DPH	Z toho DPH	Cena včetně DPH
1.	Zmapování zápoje stromů v ekotonu horní hranice lesa	112 124	23 546	135 670
2.	Stanovení výšky stromů v ekotonu horní hranice lesa	168 000	35 280	203 280
3.	Časoprostorová dynamika horní hranice lesa	214 000	44 940	258 940
4.	Vyhodnocení dynamiky horní hranice lesa na trvalých plochách	489 000	102 690	591 690
5.	Založení a monitoring trvalých fenologických ploch smrku v ekotonu	368 000	81 060	467 060

Celková cena za celé dílo	Z toho DPH	Cena celkem včetně DPH
1 369 124	287 516	1 656 640

- 5.2. Zhotovitel je oprávněn fakturovat v průběhu plnění vždy po skutečně provedené činnosti na základě předávacího protokolu, který bude odsouhlasen a podepsán oběma zástupci smluvních stran. Zhotovitel i objednatel předpokládají frekvenci fakturace 6x za daný kalendářní rok. Faktury budou mít tyto náležitosti: označení faktury a její číslo, bankovní spojení, číslo účtu, název a sídlo zhotovitele, označení zhotoveného díla – číslo Smlouvy o dílo a fakturovanou částku. Dále musí obsahovat název projektu a číslo projektu. V případě potřeby bude fakturace probíhat elektronickou cestou.
- 5.3 Faktury vystavené zhotovitelem budou splatné do 30-ti dnů po jejich obdržení objednatelem. Objednatel může faktury vrátit do data jejich splatnosti, pokud obsahují nesprávné nebo neúplné náležitosti či údaje.

Článek 6.

Smluvní pokuty

- 6.1. V případě, že zhotovitel nedodrží dobu plnění díla, popř. jeho části, sjednané v této smlouvě, uhradí objednateli smluvní pokutu ve výši 0,5% z celkové ceny díla, popř. jeho části (v případě, že bude ve zpoždění s předáním části díla), za každý kalendářní den zpoždění. Tím však jeho povinnost splnit dílo nebo jeho část ve sjednaném rozsahu není dotčena a dílo musí provést v dodatečně zhotovitelem stanovené přiměřené lhůtě. Doba plnění je možné upravit dohodou smluvních stran.
- 6.2. V případě dodání vadného díla uhradí zhotovitel objednateli smluvní pokutu ve výši 20 % z ceny plnění, u něhož byly zjištěny vady. Dále je zhotovitel povinen uhradit objednateli uvedenou smluvní pokutu, pokud bude zjištěno, že porušil svoje povinnosti uvedené v této smlouvě.
- 6.3. V případě prodlení objednatele s placením faktury uhradí objednatel zhotoviteli smluvní pokutu ve výši 0,05 % z nezaplacené částky každý den prodlení.
- 6.4. Smluvní pokuty sjednané touto smlouvou hradí povinná strana nezávisle na tom, zda a v jaké výši vznikne druhé straně v této souvislosti škoda.

Článek 7.

Vzájemné práva a povinnosti

- 7.1. Předmět díla se stává výhradně majetkem objednatele. Tento bod se nevztahuje na data vázaná licenční smlouvou k třetím stranám. Vlastnické právo k předmětu plnění přechází na objednatele okamžikem bezvadného předání předmětu, popř. její části smlouvy. Objednatel současně s vlastnickým právem získává i oprávnění užít tyto předměty jako autorské dílo, a to se všemi způsoby užití autorského díla bez omezení. Odměna za tuto licenci je zahrnuta v ceně za předmět smlouvy a licence je udělována jako výhradní po dobu trvání autorských majetkových práv k jednotlivým dílům.
- 7.2. S výjimkou plnění této smlouvy se obě strany zavazují neduplikovat žádným způsobem důvěrné informace druhé strany, nepředat je třetí straně ani svým vlastním zaměstnancům a zástupcům s výjimkou těch, kteří s nimi potřebují být seznámeni, aby mohla být smlouva splněna. V případě plnění této smlouvy se smluvní strany zavazují činit tak vždy jen v nezbytně nutném rozsahu. Obě strany se zároveň zavazují nepoužít důvěrné informace druhé strany jinak než za účelem plnění smlouvy.
- 7.3. Nedohodnou-li se smluvní strany výslovně jinak, považují se za důvěrné implicitně všechny informace, které jsou a nebo by mohly být součástí obchodního tajemství, tj. například, ale nejenom, popisy nebo části popisů technologických procesů a vzorců, technických vzorců a technického know-how, informace o provozních metodách, procedurách a pracovních postupech, obchodní nebo marketingové plány, koncepce a strategie nebo jejich části, nabídky, kontrakty, smlouvy, dohody nebo jiná ujednání s třetími stranami, informace o výsledcích hospodaření, o vztazích s obchodními partnery, o pracovníprávních otázkách a všechny další informace, jejichž zveřejnění přijímající stranou by předávající straně mohlo způsobit škodu, nebo jejichž zveřejnění předávající strana výslovně zakázala. Smluvní partneři objednatele mají právo na informace, i když jsou považovány za důvěrné podle této smlouvy, a to v nezbytně nutném rozsahu za účelem úspěšné realizace předmětu této smlouvy a nezávislého posuzování průběhu plnění předmětu této smlouvy. Smluvní partneři jsou povinni se v okamžiku získání důvěrných informací řídit povinnostmi při nakládání s těmito informacemi jako objednatel.
- 7.4. Bez ohledu na výše uvedená ustanovení se za důvěrné nepovažují informace, které se staly oprávněně veřejně známými, aniž by to zavinila záměrně či opomenutím přijímající strana.

- 7.5. Ustanovení tohoto článku není dotčeno ukončením platnosti a účinnosti smlouvy z jakéhokoliv důvodu.
- 7.6. Zhotovitel je si vědom toho, že mu objednatel v rámci plnění smlouvy poskytne materiály v digitální nebo analogové formě:
- které jsou vlastnictvím třetích osob a podléhají ochraně autorského zákona,
 - které jsou vlastnictvím objednatele, obsahují důvěrné informace, a které jsou nebo by mohly být součástí obchodního tajemství objednatele.
- 7.7. Předané materiály mohou sloužit výhradně pro plnění předmětu této smlouvy.

Článek 8.

Ostatní ujednání

- 8.1. Tato Smlouva může být měněna a doplňována pouze písemnými a očíslovanými dodatky, podepsanými oprávněnými zástupci smluvních stran.
- 8.2. Smluvní strany jsou oprávněny tuto smlouvu vypovědět bez udání důvodu s výpovědní dobou 3 měsíce ode dne doručení výpovědi druhé smluvní straně.
- 8.3. Zhotovitel prohlašuje, že je oprávněný provést dílo dle čl. 2 na základě listin, které byly předloženy k nabídce na plnění veřejné zakázky.
- 8.3. V ostatním se řídí práva a povinnosti smluvních stran příslušnými ustanoveními občanského zákoníku.
- 8.4. Zhotovitel bezvýhradně souhlasí se zveřejněním své identifikace a dalších parametrů této smlouvy o dílo, včetně dodatků a vyplacené ceny.
- 8.5. Tato Smlouva o dílo se vyhotovuje ve čtyřech exemplářích, z nichž jeden obdrží zhotovitel a tři objednatel.
- 8.6. Tato Smlouva o dílo nabývá platnosti dnem podpisu a účinnosti dnem zveřejnění smlouvy v registru smluv.
- 8.7. Obě smluvní strany prohlašují, že smlouvu uzavřely svobodně, vážně, určitě a srozumitelně, a na důkaz toho připojují své podpisy.

Přílohy:

- 1) Technická specifikace
- 2) Složení týmu

Ve Vrchlabí dne

27. 04. 2018

V

RUZE

dne

25 -05- 2018

Správa F

IC: 00

PhDr.

ředitel

Prof. RNDr. Jiří Zima, CSc.

děkan

Univerzity Karlovy, Přírodovědecké fakulty

Za správnost: _____

č. 01: _____

UNIVERZITA KARLOVA
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Albertov 6, 128 43 Praha 2
IČO: 00216208, DIČ: CZ00216208
UK – 2

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 alpínské a subalpínské 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 (Tremml a kol. 2012, Tremml 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 Tremml a kol. (2015b), v jejichž studii jsou prezentovány výsledky monitoringu fenologie dřeva a

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 (Tremel a Chuman 2015, časové řezy 1936-1964-2005). Podobně hrubé údaje (na dekadní úrovni) existují ke vlivu hlavních faktorů, které podmínily vzestup horní hranice lesa (klimatické podmínky, změna land-use, Tremel 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 arкто-alpínská tundra s řadou glaciálních a periglaciálních jevů a na ni vázaných organismů, včetně mnoha glaciálních reliktnů. Existence tundry, která tvoří izolovaný ostrov o rozloze několika desítek km², 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 hranice 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 hranici 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 spádnicí 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 pokrývajících ekoton horní hranice lesa s ohledem na: polohu v ekotonu horní hranice lesa (celkem 3 plochy v dolní, 3 plochy ve střední a 3 plochy v nejvyšší části ekotonu horní hranice lesa), expoziční (1/3 ploch na svazích S kvadrantu, 2/3 ploch na svazích J kvadrantu), na svazích J kvadrantu pak reflektovat i různý zápoj kleče. 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 výška, výčetní tloušťka (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 (vývrát, 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 zástínem 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 TREP HOR. 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 tloušťnutí stěny, dozrále buňky) a celkového počtu buněk. Dále bude pro každý strom zjištěna průměrná rychlost tvorby buněk a maximální rychlost tvorby buněk (parametry n_{90} a r_{max} 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., Šenfěldr, 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.