

Název mapy: Mapy rezistentních stromů (LTS) v oblasti Šumavy.

Název mapy: Maps of resistant trees (LTS) in Šumava mountains.

Korolyova N., Kozhoridze G., Jakuš R., Löwe R., Turčáni, M.

Popis novosti mapy

Mapy jsou výsledkem výzkumu řešitelského týmu projektu NAZV QK1910480 (Vývoj integrovaných moderních a inovativních metod diagnostiky a ochrany smrkových porostů s využitím semiochemikálií a metod molekulární biologie) v období 2019 až 2022 v širším území Šumavy (NP Šumava, NP Bayerischer Wald, Bavorské státní lesy a lesy kláštera Schlägl). K vytvoření map byly použity časové řady snímků Google Earth s vysokým rozlišením z let 2000 až 2019 a terénní výzkum.

Během výzkumu jsme upřesnili termín rezistentní strom: LTS - Last tree standing (Korolyova 2022). Jedná se o strom, který přežil gradaci lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.). Je to samostatně stojící smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H.). Karst.) v kalamitním území postiženém gradací lýkožrouta.

Pokud je nám známo, ve studované oblasti ani v evropských podmínkách nebylo podobné mapování v podobném měřítku provedeno.

Informace o rozsahu využití mapy

Mapy pokrývají kalamitní plochy na území Národního parku Šumava, Národního parku Bayerischer Wald, Bavorských státních lesů a Klášterních lesů Schlägl. Původně se jednalo o vzrostlé smrkové porosty.

Mapy jsou doplněny přesnými GPS souřadnicemi jednotlivých rezistentních stromů (LTS) ve studované oblasti. Rezistentní stromy (LTS) lze identifikovat a lokalizovat v terénu.

Na mapách jsou zobrazeny 2 typy rezistentních stromů:

LTS I: Rezistentní stromy LTS identifikované vizuální kontrolou časové řady snímků Google Earth s vysokým rozlišením z let 2000 až 2019.

- Jedná se o samostatně přežívající jedince smrku (LTS), kteří přežili gradaci lýkožrouta smrkového identifikované podle metodiky Korolyova et al. (2022).

- Většina identifikovaných LTS nebyla kontrolována v terénu.

LTS II: Rezistentní stromové LTS identifikované terénním výzkumem (stav do 2021).

- Jedná se o samostatně stojící zachovalé exempláře smrku (LTS), které přežily gradaci lýkožrouta smrkového.

- Všechny LTS byly identifikovány v terénu. Jedná se o jednotlivé stojící smrky s jedním vrcholem. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu stromu LTS je nejméně 10 m. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu zbývajícím porostu (neovlivněnému gradací) je nejméně 30 m (přibližná průměrná výška porostu).

Mapy spolu se souřadnicemi GPS lze použít k lokalizaci LTS v terénu. Je důležité si uvědomit, že LTS mohou být časem poškozeny větrem. U LTS I je zkoumaný stav omezen rokem 2019. U LTS II je stav k roku 2021.

Rozsah využití mapy je v lesnickém sektoru, ve veřejné správě, v ochraně přírody a ve vědeckovýzkumné oblasti. V lesnickém sektoru je mapa použitelná pro vyhledávání zdrojů semenného materiálu a zdrojů pro založení semenných sadů. V oblasti veřejné správy a ochrany přírody lze použít mapu na určení zvláště hodnotných území. Ve vědeckovýzkumné oblasti je mapa vhodným podkladem pro další výzkum rezistentních stromů.

Informace o přínosech mapy pro uživatele

Uživatel může mapy LTS používat následujícím způsobem:

a) LTS lze použít jako přímý zdroj semenného materiálu (sběr šišek). Předpokládá se, že jejich potomstvo bude relativně odolné vůči napadení lýkožroutem smrkovým.

(b) LTS lze použít jako zdroj vegetativního materiálu pro založení semenných sadů.

(c) LTS lze využít pro další výzkum.

Seznam odborných podkladů, které předcházely vypracování mapy

1) Jakuš, R., Edwards-Jonášová, M., Cudlín, P., Blaženec, M., Ježik, M., Havlíček, F., Moravec, I. (2011) Characteristics of Norway spruce trees (*Picea abies*) surviving a spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak. *Trees* 25:965–973.

2) Korolyova, N., Buechling, A., Ďuračiová, R., Zabihi, K., Turčáni, M., Svoboda, M., ... & Jakuš, R. (2022). The Last Trees Standing: Climate modulates tree survival factors during a prolonged bark beetle outbreak in Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 322, 109025.

3) Korolyova, N., Buechling, A., Lieutier, F., Yart, A., Cudlín, P., Turčáni, M., Jakuš, R. (2022) Primary and secondary host selection by *Ips typographus* depends on Norway spruce crown characteristics and phenolic-based defenses. *Plant Sci*, 10.1016/j.plantsci.2022.111319.

4) Hejtmánek, J., Stejskal, J., Čepl, J., Lhotáková, Z., Korecký, J., Krejzková, A., Dvořák, J., Gezan, SA. (2022) Revealing the Complex Relationship Among Hyperspectral Reflectance, Photosynthetic Pigments, and Growth in Norway Spruce Ecotypes. *Front Plant Sci*. 2022 May 30;13:721064. doi: 10.3389/fpls.2022.721064.

Dedikace

Mapa je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV QK1910480 (Vývoj integrovaných moderních a inovovaných způsobů diagnostiky a ochrany smrkových porostů s použitím semiochemikálií a metod molekulární biologie)“.

Jména oponentů (kteří zpracovali posudky) a názvy jejich organizací

Ing. Miroslav Blaženec, PhD., Ústav Ekologie Lesa, Slovenská Akadémia Vied.

Doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc., Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

Ing. Anna Krejzková, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, pobočka Plzeň.

Přílohy

- 1) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy – textová část
- 2) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy A - západní část zkoumaného území - Modrava.
- 3) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy B - východní část zkoumaného území - Třístoličnick.
- 4) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy C - východní část zkoumaného území - Smrčina.
- 5) GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)
- 6) Vědecká publikace: Jakuš, R., Edwards-Jonášová, M., Cudlín, P., Blaženec, M., Ježík, M., Havlíček, F., Moravec, I. (2011) Characteristics of Norway spruce trees (*Picea abies*) surviving a spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak. *Trees* 25:965–973
- 7) Vědecká publikace: Korolyova, N., Buechling, A., Ďuračiová, R., Zabihi, K., Turčáni, M., Svoboda, M., ... & Jakuš, R. (2022). The Last Trees Standing: Climate modulates tree survival factors during a prolonged bark beetle outbreak in Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 322, 109025.
- 8) Vědecká publikace: Korolyova, N., Buechling, A., Lieutier, F., Yart, A., Cudlín, P., Turčáni, M., Jakuš, R. (2022) Primary and secondary host selection by *Ips typographus* depends on Norway spruce crown characteristics and phenolic-based defenses. *Plant Sci*, 10.1016/j.plantsci.2022.111319.
- 9) Vědecká publikace: Hejtmánek, J., Stejskal, J., Čepl, J., Lhotáková, Z., Korecký, J., Krejzková, A., Dvořák, J., Gezan, S.A. (2022) Revealing the Complex Relationship Among Hyperspectral Reflectance, Photosynthetic Pigments, and Growth in Norway Spruce Ecotypes. *Front Plant Sci*. 2022 May 30;13:721064. doi: 10.3389/fpls.2022.721064.

Příloha 1) Mapy rezistentních stromů (LTS) v oblasti Šumavy: textová část

Certifikovaná mapa

Autoři:

Korolyova Natalie

Dr. Kozhoridze Giorgi

Ing. Jakuš Rastislav, DrSc.

Ing. Radim Löwe, Ph.D.

Prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Praha

2022

ABSTRAKT

Cílem „Map rezistentních stromů (LTS) v oblasti Šumavy“ je zobrazit polohu rezistentních stromů – „LTS“ identifikovaných během našeho výzkumu tak, aby je bylo možné lokalizovat v terénu. LTS - Last tree standing je samostatně stojící smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H.). Karst.) v kalamitním území který přežil gradaci lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.).

Výzkum byl proveden na kalamitních plochách na území Národního parku Šumava (CZ), Národního parku Bayerischer Wald (D), Bavorských státních lesů (D) a Klášterních lesů Schlögl (A). Původně se jednalo o vzrostlé smrkové porosty.

Identifikovali jsme 2 typy rezistentních stromů. První typ LTS I jsme identifikovali metodami dálkového průzkumu země. Druhý typ LTS II jsme identifikovali terénním průzkumem.

LTS I jsou samostatně přežívající jedinci smrku (LTS), kteří přežili gradaci lýkožrouta smrkového identifikované podle metodiky Korolyova et al. (2022). Analýzy byly provedeny v geografickém informačním systému Google Earth Pro (GE). Použili jsme letecké snímky s prostorovým rozlišením 15 cm. Snímky s dostatečným rozlišením a kvalitou byly k dispozici pouze pro roky 2000 až 2019. Výskyt LTS byl identifikován manuální kontrolou časových řad snímků bez sněhu.

LTS II jsou samostatně stojící zachovalé exempláře smrku (LTS), které přežily gradaci lýkožrouta smrkového. Všechny LTS II byly identifikovány v terénu. Jedná se o jednotlivé stojící smrky s jedním vrcholem. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu stromu LTS je nejméně 10 m. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu zbývajícimu porostu (neovlivněnému gradací) je nejméně 30 m (přibližná průměrná výška porostu).

ABSTRACT

The aim of the "Maps of resistant trees (LTS) in the Šumava region" is to show the locations of resistant trees - "LTS" identified during our research so that they can be located in the field. LTS - Last tree standing is a stand-alone spruce (*Picea abies* (L.) H.). Karst.) in a calamity area that has survived the gradation of bark beetle (*Ips typographus* L.). The study was carried out in calamity areas in the Šumava National Park (CZ), Bayerischer Wald National Park (D), Bavarian State Forests (D) and Schlägl Monastery Forests (A). Originally, these were mature spruce stands.

We identified 2 types of resistant trees. The first type LTS I was identified by ground survey methods. We identified the second type LTS II by field survey.

LTS I are surviving spruce individuals (LTS) that have survived the gradation of bark beetles identified according to the methodology of Korolyova et al. (2022). Analyses were performed in the geographic information system Google Earth Pro (GE). We used aerial photographs with a spatial resolution of 15 cm. Images with sufficient resolution and quality were available only for the years 2000 to 2019. The occurrence of LTS was identified by manually checking the time series of images without snow.

LTS II are stand-alone extant spruce specimens (LTS) that have survived the gradation of bark beetles. All LTS IIs were identified in the field. They are single standing spruce trees. The distance to the nearest standing LTS tree is at least 10 m. The distance to the nearest standing remaining stand (not affected by gradation) is at least 30 m (approximate average stand height).

Oponenti: Ing. Miroslav Blaženec, PhD., ÚEL SAV Zvolen
 Doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc., CzechGlobe
 Ing. Anna Krejzková, UHUL Plzeň

Uživatel: Městské lesy Hradec Králové, a.s.

Doporučená citace:

Korolyova, N., Kozhoridze, G., Jakuš, R., Löwe, R., Turčáni, M. 2022: Mapy rezistentních stromů (LTS) v oblasti Šumavy. Certifikovaná mapa. Praha. 16 s.

Adresy autorů: Korolyova Natalie, Dr. Kozhoridze Giorgi, Ing. Jakuš Rastislav, DrSc., Ing. Radim Löwe, Ph.D., Prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Kamýcká 1176 165 00

Praha 6 - Suchbát

Česká republika

Obsah

1 Úvod.....	5
2 Cíl certifikované mapy.....	9
3 Metodika.....	10
4 Výsledky.....	11
5 Novost certifikované mapy.....	12
6 Popis uplatnění metodiky.....	13
7 Seznam použité související literatury.....	14
8 Dedikace.....	16

1 Úvod

Jehličnaté lesy v celé Evropě jsou po extrémním suchu v roce 2018 napadány podkorním hmyzem. Podobné procesy způsobené klimatem zasáhly i Severní Ameriku. Katastrofické rozpadání neodolných monokulturních lesů ohrožuje nejen produktivitu lesa, ale společensky důležitější je ztráta ekosystémových funkcí, jako je zásobování vodou a protierozní ochrana, v ekosystémovém i velkém regionálním měřítku (Kooperman et al. 2018). Obvykle vzniku gradace předchází vichřice. Větrné polomy poskytují vývojový substrát pro velké množství škůdců. V roce 2018 jsme však ve střední Evropě poprvé viděli přímé důsledky klimatických extrémů, které oslabily hostitelské stromy a způsobily rozsáhlá masová napadení bez předchozích vichřic.

Odolnost stromů, včetně vyvolaných obranných reakcí, určuje schopnost kůrovců kolonizovat živé stromy. Obranyschopnost stromů většinou reguluje populace kůrovce na endemické úrovni a brání broukům dosáhnout vysoké populační hustoty (Krokene, 2015). Strom se může úspěšně bránit určitému počtu současných útoků, ale pokud počet útočníků překročí určitý práh, obrana stromu nestačí útočníky odrazit na každém místě napadení. Tento jednoduchý vztah mezi odolností stromu a počtem útočících brouků je základem konceptuálního modelu prahu úspěšného napadení, který říká, že každý strom má kritickou prahovou hustotu útoků brouků, kterým je schopen odolat (Christiansen et al., 1987).

Schopnost masového napadení vyčerpat obranyschopnost stromu je pravděpodobně posílena schopností mikrobiálních symbiontů brouků vyčerpat obranyschopnost stromu (Lieutier et al., 2009). Hromadné nálety koordinované feromony a fytopatogenními symbionty tak mohou působit synergicky a vyčerpávat obranyschopnost stromů. První linii obrany jehličnanů tvoří preformovaná (konstitutivní) obrana s mechanickým nebo chemickým způsobem účinku. Mechanické obranné prvky jsou strukturální prvky, které odrazují útočníky tím, že dodávají pletivům houževnatost nebo tloušťku. Může jít o impregnaci pletiv ligninem a suberinovými polymery, které zvyšují odolnost proti pronikání, rozkladu a požírání. Chemická obrana zahrnuje látky s toxickými nebo inhibičními účinky, jako jsou specializované rostlinné metabolity (Franceschi et al., 2005). Vzhledem k tomu, že obrana je nákladná a odčerpává zdroje z jiných životně důležitých funkcí rostlin, jako je růst a reprodukce, ne všechny obranné látky jsou exprimovány konstitutivně. Rostliny si proto vyvinuly schopnost regulovat další indukovatelné obranné mechanismy, když jsou napadeny. Integrace preformovaných a indukovatelných obranných mechanismů poskytuje nákladově efektivní a flexibilní reakci na napadení. Preformované obranné mechanismy potlačují počáteční útoky a indukovatelné obranné mechanismy zajišťují, že jsou případné invaze rozpoznány a účinně řešeny.

Úspěšná obranná reakce stromu, která integruje preformovanou a indukovatelnou obranu, obvykle prochází jednou až čtyřmi po sobě následujícími fázemi (Franceschi et al., 2005). V první fázi dochází k potlačení útoků pomocí preformovaných obranných mechanismů. V mnoha případech to může být dostačující, ale pokud útočníky neodradí preformovaná obrana, je další fází zničení nebo kompartmentalizace útočníků spuštěním indukovatelné obrany (Mansson, 2005). Obvykle první dvě fáze fungují postupně, protože indukovatelné obrany jsou iniciovány ihned poté, co útočící organismus pronikne do živé kůry a dostane se tam do kontaktu s předem vytvořenými obranami. Třetí obranná fáze má za úkol uzavřít a opravit poškozené místo, aby strom mohl nadále normálně fungovat a aby se zabránilo sekundárním infekcím oportunními organismy. Nakonec může být lokálně nebo systémově vyvolána získaná rezistence, aby bylo možné účinněji čelit budoucím útokům (Krokene et al., 2008).

LTS: Last Trees Standing - Poslední stojící stromy

V lesích zasažených kůrovcovými gradacemi, v porostech postižených vysokou mortalitou mohou přeživat i některé dospělé stromy (Jakuš et al. 2011, Maclauchlan et. al. 2015, Erbilgin et al. 2017, Balogh et. al. 2018, Six et al. 2018). Obvykle jsou tyto stromy přeživší velcí dominantní nebo ko-dominantní jedinci, kteří přežili nálet brouků (Jakuš et al. 2011). Pro účely tohoto výzkumu budeme takové stromy označovat novým termínem "Last Trees Standing" (LTS).

Přežití stromů lze vysvětlit různými ekologickými, porostními a individuálními biologickými faktory a také determinanty souvisejícími s kůrovcem (Jakuš et al. 2011). Z nepublikovaných terénních pozorování ve střední Evropě vyplývá, že existují různé typy LTS - Last Trees Standing. Klasickým typem je jediný přežívající strom obklopený mnoha napadenými stromy. Existují také skupiny přežívajících stromů. V oblastech postižených gradacemi je možné najít jediný starý přežívající strom obklopený mladými stromky. Zvláštní situaci lze nalézt na hranicích oblastí poškozených kůrovcem, kde přežívající stromy sousedí s odumřelými stromy. Ve větší vzdálenosti se mohou nacházet živé stromy.

Z lesnického hlediska můžeme přeživší stromy rozdělit do následujících kategorií:

- a) dominantní nebo spoludominantní stromy
- b) potlačené stromy
- c) mladé stromy

Po vichřicích Gudrun a Per ve Švédsku byly napadeny přibližně 3 miliony metrů krychlových stojících lesních porostů. Studie, která zkoumala, proč některé smrky přežily značné napadení lýkožroutem smrkovým byla provedena v přírodní rezervaci Nyteboda. Zdá se, že mladé stromy s vysokým podílem koruny a nízkým průměrem v prsní výšce jsou vůči napadení odolnější. Ukázalo se také, že stanoviště a mikroklima mají velký význam pro to, zda jsou schopny se vyhnout napadení, protože existovaly kmeny, které měly příznivé vlastnosti, ale přesto byly napadeny (Laisi 2017). Erbilgin et. al. (2017) ukázali, že odolné a napadené stromy borovice měly rozdílné množství stejných chemických sloučenin, které mohou potenciálně odlišně ovlivňovat potravní aktivitu *Dendroctonus ponderosae*. Na rozdíl od stromů usmrcených broukem neobsahovaly ovipoziční galerie na odolných stromech larvální galerie, což svědčí o neúspěchu ovipozice.

Přítomnost přeživších stromů lze vysvětlit následujícími způsoby:

- náhodou, tj. přeživší stromy jsou náhodní přeživší v důsledku stochastických procesů ("šumu"), v závislosti na úrovni populace nejsou všechny stromy testovány hmyzem;
- vnějšími faktory, tj. podmínkami prostředí nebo porostu (Jakuš et al. 2011, Laisi 2017);
- vnitřními faktory: např. a) indukovanou obranyschopností (Schiebe et al. 2012); pravděpodobně pod kontrolou b) genetických faktorů (de la Mata et al. 2017, Six et al. 2018).

Poslední dva typy přežívajících stromů obsahují množství informací, které lze využít k lepšímu pochopení genetického a fenotypového základu odolnosti a k vývoji přístupů k hospodaření podporujících adaptaci lesa. Gradace působí jako přirozený výběr, který odstraňuje stromy, jež jsou vůči broukům nejnáchylnější a nejméně přizpůsobené teplejším nebo sušším podmínkám. Během epidemií proto může výběr brouků vést k silné selekci stromů s větší odolností vůči napadení, spíše růstu (de la Mata et al. 2017). Mezi vědci nepanuje obecná shoda v tom, zda je přežívání řízeno především vnitřními nebo vnějšími faktory. Na jedné straně bylo prokázáno, že stromy přežívají díky vnějším podmínkám (parametrům porostu nebo prostředí) (Jakuš et al. 2011, Laisi 2017).

Na druhou stranu řada studií naznačuje, že odolnost vůči kůrovci je pod vnitřní kontrolou (Schiebe et al. 2012), pravděpodobně pod genetickou kontrolou (Strom et. al. 2002, Yanchuk et. al. 2008) a že přežívání je geneticky podmíněno (de la Mata et al., 2017, Six et al. 2018). Uvádí se, že v podmínkách klimatických změn je základem rezistence schopnost tolerovat teplejší nebo sušší životní prostředí bez snížení obranyschopnosti, chemický profil, který negativně ovlivňuje umístění nebo přijímání hostitele kůrovce, nebo jiný fenotypový znak, je pravděpodobně pod genetickou

kontrolou. Rozdíly v genetických profilech stromů – přeživších a kůrovcem usmrcených stromů by mohly usnadnit adaptaci a ochranu v současnosti zranitelných porostů v jejich přirozeném prostředí. Mohou také hrát zásadní roli při vývoji a zdokonalování plánů hospodářských opatření zaměřených na adaptaci lesů. Zejména by mohlo být efektivní ponechat si stromy, které přežily ohnisko nákazy, a využít je jako primární zdroj osiva, namísto jejich odstraňování při asanačních zásazích (Six et al. 2018). V souladu s těmito zjištěními je naše hypotéza, že přežívání "Last Trees Standing" lze vysvětlit především vnitřními faktory, které zahrnují jak předem vytvořenou, tak indukovanou obranu částečně pod genetickou kontrolou.

Aspekty populační genetiky jehličnanů

Gradace podkorního hmyzu způsobila v nedávné době nebývalý úhyn jehličnatých lesů a souvisí s vlivem oteplování na vývoj hmyzu a zvýšeným stresem hostitelů suchem (Raffa et al., 2008). Epidemie hmyzu hubícího stromy vyvíjejí selekční tlaky a potenciálně mění selekční vzorce v populacích stromů (de la Mata et al., 2017). U stromů může rychlý růst a značná velikost poskytovat kondiční výhody prostřednictvím zvýšené konkurenční schopnosti, rychlejší doby reprodukce a zvýšené šance na brzké přežití (Lanner, 2002). Rychlý růst je důležitý zejména v raných, zranitelných ontogenetických stádiích, kdy rychlý růst minimalizuje dobu vystavení působení mortalitních činitelů a potlačování ze strany sousedů a umožňuje velikostní výhodu při monopolizaci zdrojů (Landis 2005). Selekční tlaky na rychlý růst v raných stádiích života však mohou být v rozporu s náklady na vitalitu v pozdějších stádiích (Bigler Veblen 2009, Ruel Whitham 2002). Snížená obrana proti konzumentům je potenciálním nákladem rychlého růstu (Coley et al., 1985 Herms a Mattson 1992). Škůdci, kteří stromy ničí, mohou vyvíjet silný selekční tlak ve prospěch lépe chráněných (Strom et al. 2002), pomaleji rostoucích stromů (Ruel Whitham 2002) a tlumit nebo obrátit směrovou selekci pro rychlý růst. V juvenilních stádiích dochází k pozitivní selekci pro rychlý růst, ale v dospělých stádiích dochází pod silným herbivorním tlakem k negativní selekci v důsledku kompromisu mezi růstem a přežitím (Mata et. al. 2017).

Podle de la Mata et. al. (2017) je obrana proti *Dendroctonus ponderosae* kritická, když jsou populace brouků nízké až střední, ale předpokládá se, že její role klesá ve stadiu gradace, kdy masový nálet může zdolat i dobře bráněné jedince. Selekcce na odolnost stromů se v průběhu gradace mění. Pozorujeme také silnější genetický vliv na odolnost stromů na počátku gradace ve srovnání s jejím vrcholem, kdy drtivý účinek masových náletů při vysokém tlaku *Dendroctonus ponderosae* může učinit obranu irelevantní. S nárůstem populace škůdce do stadia epidemie je obrana hostitele snadněji překonána a umožňuje broukům behaviorálně přecházet od oslabených, stresovaných

stromů k větším hostitelům bohatým na zdroje, i když jsou tyto hostitelé lépe bráněni (Boone et al. 2011). Tento behaviorální přechod je v souladu s hypotézou "rostlina-živitel", která předpokládá, že hmyz dává přednost vitálnějším, vysoce výživným hostitelům (Price 1991). Podobně Cooper et. al. (2018) naznačují, že jedním z vysvětlení, proč škůdci raději napadají velké, rychle rostoucí stromy, může být rostoucí spotřeba potravy zvyšujícím se počtem brouků. Rozměry stromů potlačovaných dominantními stromy nestačí k tomu, aby poskytovaly dostatečnou potravní základnu pro zásobování velkého počtu brouků pod silným herbivorním tlakem. Přitom stromy se silnějším floémem jsou náchylné k vyššímu růstu (Shrimpton a Thomson, 1985) a mohou uživit více brouků (Amman a Baker, 1972; Safranyik a Carroll, 2006). Protože však rychleji rostoucí stromy jsou v průměru většími hostiteli a ve stadiu epidemie brouci přepínají preferenci větších hostitelů bez ohledu na obranyschopnost, může být kompromis mezi růstem a přežíváním zcela řízen spíše behaviorální změnou *Dendroctonus ponderosae* než odrazem kompromisu mezi životními podmínkami a hostitelem (Coley et al. 1985, Herms a Mattson 1992). Proto se brouci horských borovic zaměřili nejen na větší fenotypy, ale i na rychleji rostoucí stromy.

2 Cíl certifikované mapy

Cílem „Map rezistentních stromů (LTS) v oblasti Šumavy“ je zobrazit polohu o rezistentních stromů – „LTS“ identifikovaných během výzkumu tak, aby je bylo možné lokalizovat v terénu.

3 Metodika

Identifikovány byly 2 typy rezistentních stromů. První typ LTS I byl identifikován metodami průzkumu zemních diod. Druhý typ LTS II byl identifikován terénním průzkumem.

3.1 Zkoumané území

Výzkum byl proveden na kalamitních plochách na území Národního parku Šumava (CZ), Národního parku Bayerischer Wald (D), Bavorských státních lesů (D) a Klášterních lesů Schlägl (A). Původně se jednalo o vzrostlé smrkové porosty.

3.2 LTS I: Rezistentní stromy LTS identifikované vizuální kontrolou časové řady snímků Google Earth s vysokým rozlišením z let 2000 až 2019.

LTS I jsou samostatně přežívající jedinci smrku (LTS), kteří přežili gradaci lýkožrouta smrkového identifikované podle metodiky Korolyova et al. (2022). Analýzy byly provedeny v geografickém informačním systému Google Earth Pro (GE). Datové sady GE jsou mozaiky družicových snímků nebo leteckých snímků. Použity byly letecké snímky s prostorovým rozlišením 15 cm. Snímky s dostatečným rozlišením a kvalitou byly k dispozici pouze pro roky 2000 až 2019. Výskyt LTS byl identifikován manuální kontrolou časových řad snímků bez sněhu. Každý snímek, který zachycoval narušenou plochu, byl tedy vizuálně a systematicky zkoumán z hlediska přežívajících stromů. Zachovalé živé stromy s neporušenými korunami, které přetrvávaly na snímcích po narušení, byly klasifikovány jako LTS I.

3.3 LTS II: Rezistentní stromy LTS identifikované terénním výzkumem.

LTS II jsou samostatně stojící zachovalé exempláře smrku (LTS), které přežily gradaci lýkožrouta smrkového. Všechny LTS II byly identifikovány v terénu. Jedná se o jednotlivé stojící smrky s jedním vrcholem. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu stromu LTS je nejméně 10 m. Vzdálenost k nejbližšímu stojícímu zbývajícím porostu (neovlivněnému gradací) je nejméně 30 m (přibližná průměrná výška porostu).

LTS II byly hledány na fyzicky dostupných místech v širších oblastech, které byly určeny během mapování LTS I. K pátrání byly využity přístupné cesty a stezky. Každý systém LTS II byl

fyzicky zkontrolován a byly zjištěny jeho souřadnice GPS. Mapování LTS II bylo provedeno v letech 2019 až 2021.

4) Výsledky

Celkově bylo identifikováno 184 LTS I a 110 LTS II. Při terénním průzkumu na podzim 2020 bylo 20 % ze 184 LTS I identifikovaných pomocí GE prověřeno v terénu. LTS I pro pozemní kontrolu byly vybrány náhodně. Výsledky pozemní kontroly ukázaly, že 100 % zkontrolovaných LTS I identifikovaných pomocí GE bylo zmapováno správně.

GPS pozice rezistentních stromů jsou zobrazeny na 3 mapách:

1) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy A - západní část zkoumaného území - Modrava."

2) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy B - východní část zkoumaného území - Třístoličnick."

3) Mapa smrků ztepilých (*Picea abies* (L.) H. Karst.) rezistentních vůči náletu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) (LTS) v oblasti Šumavy C - východní část zkoumaného území - Smrčina."

Mapy jsou samostatné přílohy. GPS souřadnice LTS I a LTS II jsou uvedeny v tabulce. Tabulka je rovněž samostatnou přílohou:

5 Novost certifikované mapy

Mapy jsou výsledkem výzkumu řešitelského týmu projektu NAZV QK1910480 (Vývoj integrovaných moderních a inovativních metod diagnostiky a ochrany smrkových porostů s využitím semiochemikálií a metod molekulární biologie) v období 2019 až 2022 v širším území Šumavy (NP Šumava, NP Bayerischer Wald, Bavorské státní lesy a lesy kláštera Schlägl). K vytvoření map byly použity časové řady snímků Google Earth s vysokým rozlišením z let 2000 až 2019 a terénní výzkum.

Během výzkumu byl upřesněn termín rezistentní strom: LST - Last tree standing (Korolyova 2022). Jedná se o strom, který přežil gradaci lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.). Je to samostatně stojící smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H.). Karst.) v kalamitním území postiženém gradací lýkožrouta. Pokud je nám známo, ve studované oblasti ani v evropských podmínkách nebylo podobné mapování v podobném měřítku provedeno.

6 Popis uplatnění metodiky

Mapy spolu se souřadnicemi GPS lze použít k lokalizaci LTS v terénu. Je důležité si uvědomit, že LTS mohou být časem poškozeny větrem. U LTS I je zkoumaný stav omezen rokem 2019. U LTS II je stav k roku 2021.

Informace o přínosech mapy pro uživatele

Uživatel může mapy LTS používat následujícím způsobem:

- a) LTS lze použít jako přímý zdroj semenného materiálu (sběr šišek). Předpokládá se, že jejich potomstvo bude relativně odolné vůči napadení lýkožroutem smrkovým.
- (b) LTS lze použít jako zdroj vegetativního materiálu pro založení semenných sadů.
- (c) LTS lze využít pro další výzkum.

Rozsah využití mapy je v lesnickém sektoru, ve veřejné správě, v ochraně přírody a ve vědeckovýzkumné oblasti. V lesnickém sektoru je mapa použitelná pro vyhledávání zdrojů semenného materiálu a zdrojů pro založení semenných sadů. V oblasti veřejné správy a ochrany přírody lze použít mapu na určení zvláště hodnotných území. Ve vědeckovýzkumné oblasti je metodika vhodným podkladem pro další výzkum rezistentních stromů.

7 Seznam použité související literatury

- Amman, G. D., & Baker, B. H. (1972). Mountain pine beetle influence on lodgepole pine stand structure. *J. Forest.*, 70 (4), 204–209.
- Balogh, S. L., Huber, D. P., & Lindgren B. S. (2018). Single-generation effects on terpenoid defenses in lodgepole pine populations following mountain pine beetle infestation. *PLoS ONE* 13: e0196063. doi: 10.1371/journal.pone.0196063
- Bigler, C., & Veblen, T. T. (2009). Increased early growth rates decrease longevities of conifers in subalpine forests. *Oikos*, 118, 1130–1138.
- Boone, C. K., Aukema, B. H., Bohlmann, J., Carroll, A. L., & Raffa, K. F. (2011). Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density: A basis for positive feedback in eruptive species. *Can J Res.*, 41, 1174–1188.
- Christiansen, E., Waring, R. H., & Berryman, A. A. (1987). Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. *Forest Ecology and Management*, 22, 89–106. doi.org/10.1016/0378-1127(87)90098-3
- Coley, P. D., Bryant, J. P., Chapin, F. S., 3rd (1985). Resource availability and plant antiherbivore defense. *Science*, 230, 895–899.
- Cooper, A. L., Reed, Ch. C., & Ballantyne, A. P. (2018). Mountain pine beetle attack faster growing lodgepole pine at low elevations in western Montana, USA. *Forest Ecology and Management*, 427, 200–207. doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.048
- de la Mata, R., Hood, S., & Sala, A. (2017) Insect outbreak shifts the direction of selection from fast to slow growth rates in the long-lived conifer *Pinus ponderosa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 7391–7396. doi: /10.1073/pnas.1700032114
- Erbilgin, N., Cale, J. A., Hussain, A., Ishangulyyeva, G., Klutsch, J. G., Najjar, A., & Zhao, S. (2017). Weathering the storm: how lodgepole pine trees survive mountain pine beetle outbreaks. *Oecologia*, 184(2), 469–478. doi: 10.1007/s00442-017-3865-9
- Franceschi, V. R., Krokene, P., Christiansen, E., & Krekling, T. (2005). Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytologist*, 167, 353–375. doi: 10.1111/j.1469-8137.2005.01436.x
- Hawkins, C. D., Dhar, A., Balliet, N. A., & Runzer, K. D. (2012). Residual mature trees and secondary stand structure after mountain pine beetle attack in central British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 277, 107–115. doi.org/10.1016/j.foreco.2012.04.023
- Herms, D. A., & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: To grow or defend. *Q Rev Biol*, 67, 283–335.
- Jakuš R., Edwards-Jonášová M., Cudlín P., Blaženec M., Ježík M., Havlíček F., & Moravec I. (2011). Characteristics of Norway spruce trees (*Picea abies*) surviving a spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) outbreak. *Trees*, 25, 965–973.
- Kooperman, G. J., Chen, Y., Hoffman, F. M., Koven, Ch. D., Lindsay, K., Pritchard, M. S., Swann, A. L. S., & Randerson J. T. (2018). Forest response to rising CO₂ drives zonally asymmetric rainfall change over tropical land. *Nature Climate Change*, 8, 434–440. doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7.
- Korolyova, N., Buechling, A., Ďuračiová, R., Zabihi, K., Turčáni, M., Svoboda, M., ... & Jakuš, R. (2022). The Last Trees Standing: Climate modulates tree survival factors during a prolonged bark beetle outbreak in Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 322, 109025.
- Krokene, P., Nagy, N. E., & Solheim, H. (2008). Methyl jasmonate and oxalic acid treatment of Norway spruce: anatomically based defense responses and increased resistance against fungal infection. *Tree Physiology*, 28, 29–35. doi: 10.1093/treephys/28.1.29
- Landis, R.M., & Peart, D. R. (2005). Early performance predicts canopy attainment across life histories in subalpine forest trees. *Ecology*, 86, 63–72.

- Lanner, R. M. (2002). Why do trees live so long? *Ageing Res Rev.*, 1, 653–671.
- Laisi, A. (2017). Why some spruces avoid attacks by the spruce bark beetle? MSc thesis, Linnaeus University, Faculty of Technology, Department of Forestry and Wood Technology, p. 24.
- Lieutier, F., Yart, A., & Salle, A. (2009). Stimulation of tree defenses by Ophiostomatoid fungi can explain attack success of bark beetles on conifers. *Annals of Forest Science*, 66, 801. doi.org/10.1051/forest/2009066
- Maclauchlan, L. E., Brooks, J. E., & White, K. J. (2015). Impacts and susceptibility of young pine stands to the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae*, in British Columbia. *Journal of Environmental Management*, 15, 1-18.
- Månsson, P. E. (2005). Host Selection and Antifeedants in *Hylobius abietis* Pine Weevils (Doctoral dissertation). Alnarp: Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652-6880 ; 2005:16. Retrieved from Epsilon Open Archive Database.
- Price, P. W. (1991). The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62, 244–251.
- Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., Romme, W. H. (2008). Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: The dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience*, 58, 501–517.
- Ruel, J., & Whitham, T. G. (2002). Fast-growing juvenile pinyons suffer greater herbivory when mature. *Ecology*, 83, 2691–2699.
- Safranyik, L., & Carroll, A.L. (2006). The biology and epidemiology of the mountain pine beetle in lodgepole pine forests. Pages 3-66 (Chapter 1) in L. Safranyik and W.R. Wilson, editors. *The mountain pine beetle: a synthesis of biology, management, and impacts on lodgepole pine*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, British Columbia. 304 p.
- Schiebe, C., Hammerbacher, A., Birgersson, G., Witzell, J., Brodelius, P., Gershenson, J., Hansson, B. S., Krokene, P. & Schlyter, F. (2012). Inducibility of chemical defences in Norway spruce bark is correlated with unsuccessful mass attacks by the spruce bark beetle. *Oecologia*, 170, 183-198.
- Shrimpton, D. M., Thomson, A. J., (1985). Relationship between phloem thickness and lodgepole pine growth characteristics. *Canadian Journal of Forest Research*, 15 (5), 1004–1008. <http://dx.doi.org/10.1139/x85-161>.
- Six, D. L., Vergobbi C., & Cutter M., (2018). Are Survivors Different? Genetic-Based Selection of Trees by Mountain Pine Beetle During a Climate Change-Driven Outbreak in a High-Elevation Pine Forest. *Frontiers in Plant Science*, 9: 993. doi: 10.3389/fpls.2018.00993
- Strom, B. L., Goyer, R. A., Ingram, L. L., Boyd, G. D. L., & Lott, L. H., (2002). Oleoresin characteristics of progeny of loblolly pines that escaped attack by the southern pine beetle. *For Ecol Manage*, 158, 169–178.
- Yanchuk, A. D., Murphy, J. C., & Wallin, K. F. (2008) Evaluation of genetic variation of attack and resistance in lodgepole pine in the early stages of a mountain pine beetle outbreak. *Tree Genet Genomes* 4, 171–180.

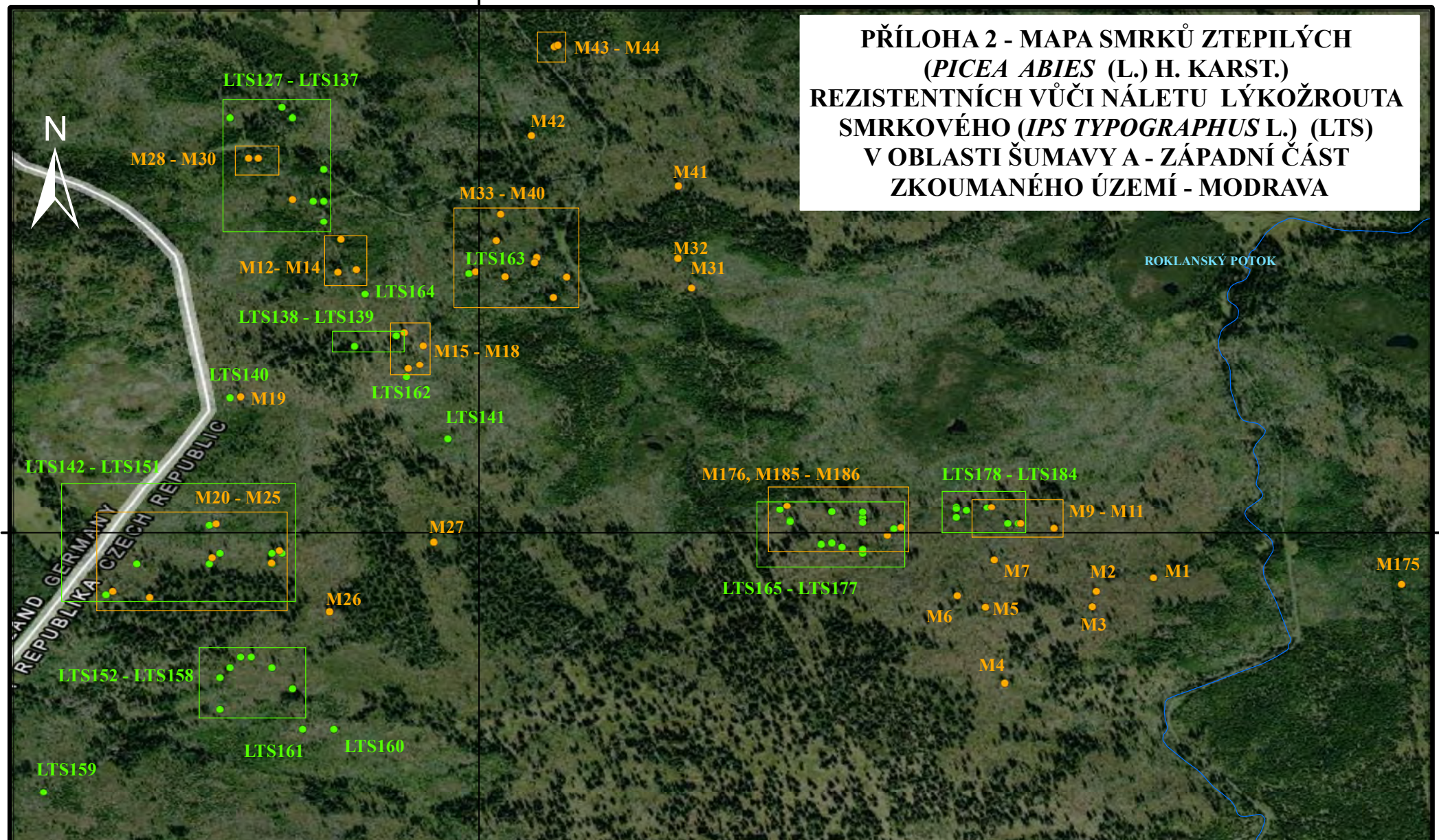
10 Dedikace

Mapa je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV QK1910480 (Vývoj integrovaných moderních a inovovaných způsobů diagnostiky a ochrany smrkových porostů s použitím semiochemikálií a metod molekulární biologie)“.

13°25'0"E

**PŘÍLOHA 2 - MAPA SMRKŮ ZTEPILÝCH
(*PICEA ABIES* (L.) H. KARST.)
REZISTENTNÍCH VŮČI NÁLETU LÝKOŽROUTA
SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS* L.) (LTS)
V OBLASTI ŠUMAVY A - ZÁPADNÍ ČÁST
ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ - MODRAVA**

49°0'0"N



49°0'0"N

— ŘEKY

● REZISTENTNÍ STROM LTS I IDENTIFIKOVANÝ POMOCÍ VIZUÁLNÍ KONTROLY ČASOVÝCH ŘAD SNÍMKŮ GOOGLE EARTH S VYSOKÝM ROZLIŠENÍM Z LET 2000 AŽ 2019

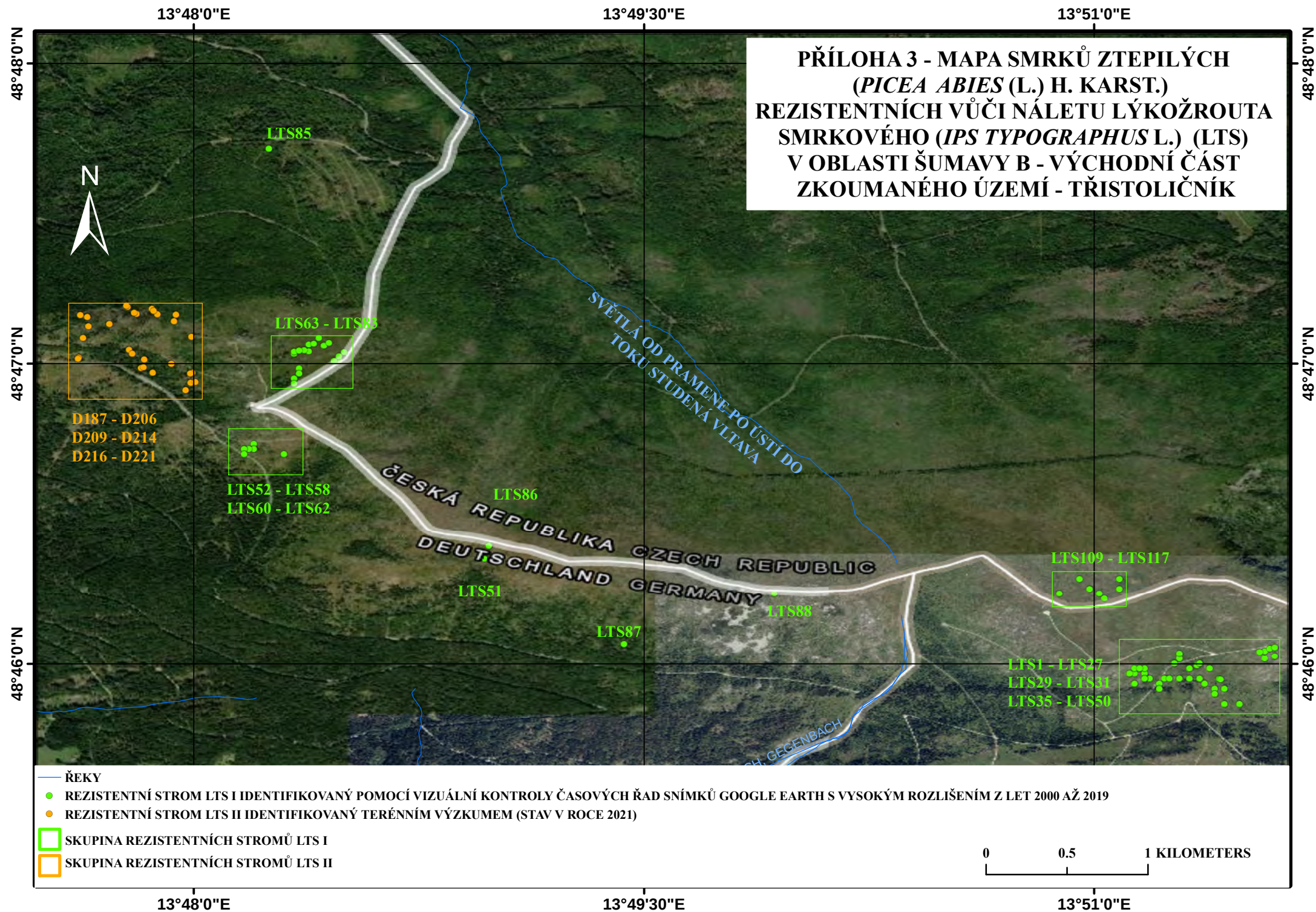
● REZISTENTNÍ STROM LTS II IDENTIFIKOVANÝ TERÉNNÍM VÝZKUMEM (STAV V ROCE 2021)

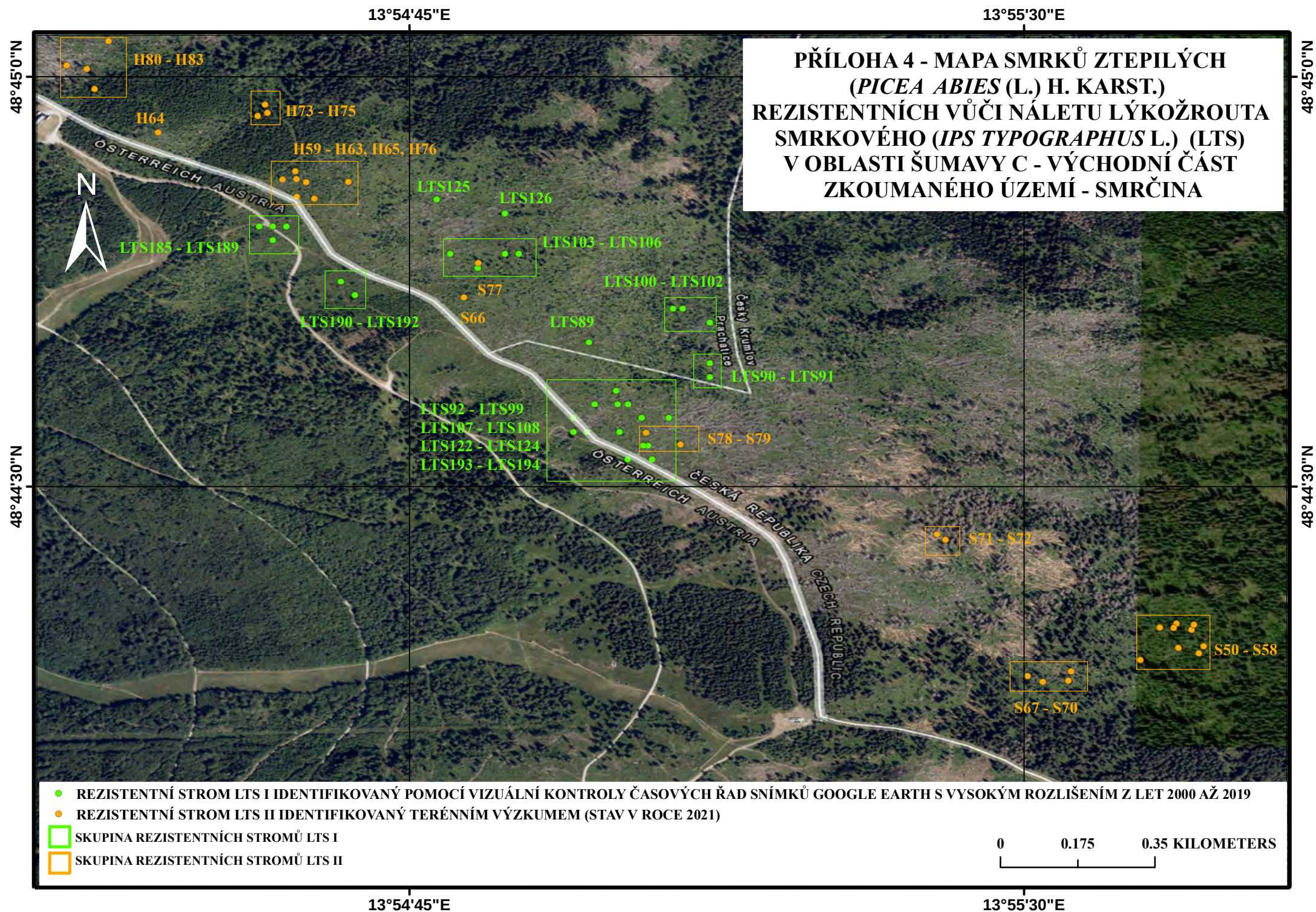
□ SKUPINA REZISTENTNÍCH STROMŮ LTS I

□ SKUPINA REZISTENTNÍCH STROMŮ LTS II

0 0.4 0.8 KILOMETERS

13°25'0"E





Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
LTS127	LTS I	A	13.41	49.011111
LTS128	LTS I	A	13.41	49.011111
LTS129	LTS I	A	13.41	49.011111
LTS130	LTS I	A	13.411389	49.011389
LTS131	LTS I	A	13.411667	49.011111
LTS132	LTS I	A	13.4125	49.009722
LTS133	LTS I	A	13.4125	49.008889
LTS134	LTS I	A	13.4125	49.008889
LTS135	LTS I	A	13.412222	49.008889
LTS136	LTS I	A	13.4125	49.008333
LTS137	LTS I	A	13.4125	49.008333
LTS138	LTS I	A	13.414444	49.005278
LTS139	LTS I	A	13.413333	49.005
LTS140	LTS I	A	13.41	49.003611
LTS141	LTS I	A	13.415833	49.0025
LTS142	LTS I	A	13.409722	48.999444
LTS143	LTS I	A	13.409444	48.999167
LTS144	LTS I	A	13.409444	48.999167
LTS145	LTS I	A	13.411111	48.999167
LTS146	LTS I	A	13.411389	48.999444
LTS147	LTS I	A	13.411111	48.999444
LTS148	LTS I	A	13.411111	48.999444
LTS149	LTS I	A	13.409444	49.000194
LTS150	LTS I	A	13.4075	48.999167
LTS151	LTS I	A	13.406667	48.998333
LTS152	LTS I	A	13.410278	48.996667
LTS153	LTS I	A	13.410556	48.996667
LTS154	LTS I	A	13.411111	48.996389
LTS155	LTS I	A	13.41	48.996389
LTS156	LTS I	A	13.411667	48.995833
LTS157	LTS I	A	13.409722	48.996111
LTS158	LTS I	A	13.409722	48.995278
LTS159	LTS I	A	13.405	48.993056
LTS160	LTS I	A	13.412778	48.994722
LTS161	LTS I	A	13.411944	48.994722
LTS162	LTS I	A	13.414722	49.004167
LTS163	LTS I	A	13.416389	49.006944
LTS164	LTS I	A	13.413611	49.006389
LTS165	LTS I	A	13.427778	49.000092
LTS166	LTS I	A	13.426944	48.999444
LTS167	LTS I	A	13.426111	48.999722
LTS168	LTS I	A	13.426389	48.999617
LTS169	LTS I	A	13.425833	48.999683
LTS170	LTS I	A	13.426944	48.999556

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
LTS171	LTS I	A	13.426944	49.000394
LTS172	LTS I	A	13.426944	49.000544
LTS173	LTS I	A	13.426944	49.000264
LTS174	LTS I	A	13.426111	49.000558
LTS175	LTS I	A	13.425	49.000322
LTS176	LTS I	A	13.424722	49.000611
LTS177	LTS I	A	13.425	49.000286
LTS178	LTS I	A	13.429444	49.000403
LTS179	LTS I	A	13.429722	49.000589
LTS180	LTS I	A	13.430278	49.000675
LTS181	LTS I	A	13.431111	49.000233
LTS182	LTS I	A	13.429444	49.000697
LTS183	LTS I	A	13.429444	49.000636
LTS184	LTS I	A	13.430833	49.000233
LTS1	LTS I	B	13.856931	48.765803
LTS2	LTS I	B	13.857	48.765794
LTS3	LTS I	B	13.856111	48.765556
LTS4	LTS I	B	13.856667	48.765278
LTS5	LTS I	B	13.856667	48.765278
LTS6	LTS I	B	13.856667	48.765
LTS7	LTS I	B	13.856667	48.765
LTS8	LTS I	B	13.855833	48.765833
LTS9	LTS I	B	13.855278	48.765833
LTS10	LTS I	B	13.857222	48.765278
LTS11	LTS I	B	13.857222	48.765278
LTS12	LTS I	B	13.858056	48.764444
LTS13	LTS I	B	13.859444	48.766944
LTS14	LTS I	B	13.859444	48.767364
LTS15	LTS I	B	13.859167	48.767328
LTS16	LTS I	B	13.859722	48.767522
LTS17	LTS I	B	13.86	48.767581
LTS18	LTS I	B	13.86	48.767078
LTS19	LTS I	B	13.857222	48.764444
LTS20	LTS I	B	13.856389	48.766389
LTS21	LTS I	B	13.855683	48.766556
LTS22	LTS I	B	13.855833	48.766667
LTS23	LTS I	B	13.855833	48.766667
LTS24	LTS I	B	13.855278	48.766389
LTS25	LTS I	B	13.854722	48.766944
LTS26	LTS I	B	13.854444	48.766667
LTS27	LTS I	B	13.854722	48.767222
LTS29	LTS I	B	13.853889	48.765833
LTS30	LTS I	B	13.853889	48.765833
LTS31	LTS I	B	13.854167	48.765833

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
LTS35	LTS I	B	13.853611	48.765556
LTS36	LTS I	B	13.853611	48.765278
LTS37	LTS I	B	13.854722	48.765833
LTS38	LTS I	B	13.854722	48.765833
LTS39	LTS I	B	13.852778	48.766111
LTS40	LTS I	B	13.853056	48.765833
LTS41	LTS I	B	13.852778	48.765833
LTS42	LTS I	B	13.852778	48.765833
LTS43	LTS I	B	13.852778	48.765833
LTS44	LTS I	B	13.852222	48.765556
LTS45	LTS I	B	13.852222	48.766111
LTS46	LTS I	B	13.852778	48.766389
LTS47	LTS I	B	13.852222	48.766389
LTS48	LTS I	B	13.8525	48.766389
LTS49	LTS I	B	13.851944	48.766111
LTS50	LTS I	B	13.852222	48.765556
LTS51	LTS I	B	13.816111	48.7725
LTS52	LTS I	B	13.805	48.778333
LTS53	LTS I	B	13.803333	48.778889
LTS54	LTS I	B	13.803333	48.778611
LTS55	LTS I	B	13.803333	48.778611
LTS56	LTS I	B	13.802778	48.778611
LTS57	LTS I	B	13.802778	48.778611
LTS58	LTS I	B	13.803056	48.778611
LTS60	LTS I	B	13.802778	48.778611
LTS61	LTS I	B	13.802778	48.778611
LTS62	LTS I	B	13.802778	48.778333
LTS63	LTS I	B	13.805833	48.783056
LTS64	LTS I	B	13.805556	48.7825
LTS65	LTS I	B	13.805833	48.782778
LTS66	LTS I	B	13.805556	48.782222
LTS67	LTS I	B	13.808056	48.783506
LTS68	LTS I	B	13.807778	48.783472
LTS69	LTS I	B	13.808333	48.783956
LTS70	LTS I	B	13.808056	48.783733
LTS71	LTS I	B	13.807222	48.784319
LTS72	LTS I	B	13.8075	48.784472
LTS73	LTS I	B	13.806944	48.78475
LTS74	LTS I	B	13.806389	48.783994
LTS75	LTS I	B	13.805556	48.783928
LTS76	LTS I	B	13.805556	48.783883
LTS77	LTS I	B	13.805556	48.783989
LTS78	LTS I	B	13.806389	48.784364
LTS79	LTS I	B	13.806389	48.784403

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
LTS80	LTS I	B	13.806111	48.784075
LTS81	LTS I	B	13.805833	48.784056
LTS82	LTS I	B	13.806667	48.784444
LTS83	LTS I	B	13.806667	48.784444
LTS85	LTS I	B	13.804167	48.795278
LTS86	LTS I	B	13.816389	48.773208
LTS87	LTS I	B	13.823889	48.767778
LTS88	LTS I	B	13.832222	48.770556
LTS109	LTS I	B	13.848056	48.770556
LTS110	LTS I	B	13.849722	48.770833
LTS111	LTS I	B	13.849722	48.770833
LTS112	LTS I	B	13.849167	48.771389
LTS113	LTS I	B	13.850278	48.770556
LTS114	LTS I	B	13.850556	48.770278
LTS115	LTS I	B	13.851389	48.770833
LTS116	LTS I	B	13.851389	48.771389
LTS117	LTS I	B	13.851389	48.771389
LTS89	LTS I	C	13.91615	48.744592
LTS90	LTS I	C	13.918611	48.743889
LTS91	LTS I	C	13.918611	48.744167
LTS92	LTS I	C	13.916272	48.743333
LTS93	LTS I	C	13.915833	48.743056
LTS94	LTS I	C	13.915833	48.742778
LTS95	LTS I	C	13.916111	48.742778
LTS96	LTS I	C	13.915833	48.742778
LTS97	LTS I	C	13.916772	48.742778
LTS98	LTS I	C	13.916703	48.743611
LTS99	LTS I	C	13.916739	48.743333
LTS100	LTS I	C	13.917864	48.745278
LTS101	LTS I	C	13.918056	48.745278
LTS102	LTS I	C	13.918611	48.745
LTS103	LTS I	C	13.914444	48.746389
LTS104	LTS I	C	13.914722	48.746389
LTS105	LTS I	C	13.913333	48.746389
LTS106	LTS I	C	13.913889	48.746111
LTS107	LTS I	C	13.917356	48.7425
LTS108	LTS I	C	13.917436	48.742222
LTS122	LTS I	C	13.917222	48.743056
LTS123	LTS I	C	13.917778	48.743056
LTS124	LTS I	C	13.916944	48.743333
LTS125	LTS I	C	13.913056	48.7475
LTS126	LTS I	C	13.914444	48.747222
LTS185	LTS I	C	13.909722	48.746944
LTS186	LTS I	C	13.91	48.746944

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
LTS187	LTS I	C	13.909722	48.746944
LTS188	LTS I	C	13.909444	48.746944
LTS189	LTS I	C	13.909722	48.746667
LTS190	LTS I	C	13.911111	48.745833
LTS191	LTS I	C	13.911389	48.745556
LTS192	LTS I	C	13.911111	48.745833
LTS193	LTS I	C	13.916939	48.742222
LTS194	LTS I	C	13.917258	48.7425
M1	LTS II	A	13.434733	48.998792
M2	LTS II	A	13.433201	48.998421
M3	LTS II	A	13.433092	48.998009
M4	LTS II	A	13.430746	48.995976
M5	LTS II	A	13.430225	48.998002
M6	LTS II	A	13.429475	48.9983
M7	LTS II	A	13.430457	48.999271
M9	LTS II	A	13.430388	49.000683
M10	LTS II	A	13.431173	49.00024
M11	LTS II	A	13.432062	49.00011
M12	LTS II	A	13.412963	49.007852
M13	LTS II	A	13.412878	49.006973
M14	LTS II	A	13.413372	49.007045
M15	LTS II	A	13.414664	49.005367
M16	LTS II	A	13.414771	49.004384
M17	LTS II	A	13.415073	49.004489
M18	LTS II	A	13.415162	49.005009
M19	LTS II	A	13.410277	49.003637
M20	LTS II	A	13.406845	48.998428
M21	LTS II	A	13.407838	48.998259
M22	LTS II	A	13.409515	48.999325
M23	LTS II	A	13.409613	49.000223
M24	LTS II	A	13.411311	48.999514
M25	LTS II	A	13.411103	48.999189
M26	LTS II	A	13.412656	48.99788
M27	LTS II	A	13.415449	48.999748
M28	LTS II	A	13.41167	49.008937
M29	LTS II	A	13.41075	49.010021
M30	LTS II	A	13.41049	49.010021
M31	LTS II	A	13.422356	49.006558
M32	LTS II	A	13.421996	49.007343
M33	LTS II	A	13.418661	49.006292
M34	LTS II	A	13.419015	49.006846
M35	LTS II	A	13.418203	49.007367
M36	LTS II	A	13.418151	49.007238
M37	LTS II	A	13.417361	49.006858

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
M38	LTS II	A	13.416573	49.00699
M39	LTS II	A	13.417129	49.007815
M40	LTS II	A	13.417241	49.008543
M41	LTS II	A	13.422002	49.009282
M42	LTS II	A	13.418062	49.010647
M43	LTS II	A	13.418684	49.013021
M44	LTS II	A	13.418771	49.013056
M175	LTS II	A	13.441379	48.998607
M176	LTS II	A	13.424918	49.000725
M185	LTS II	A	13.42796	49.000131
M186	LTS II	A	13.427601	48.999916
D187	LTS II	B	13.799863	48.784821
D188	LTS II	B	13.798902	48.785686
D189	LTS II	B	13.799005	48.786051
D190	LTS II	B	13.797974	48.786071
D191	LTS II	B	13.797667	48.786375
D192	LTS II	B	13.797753	48.786253
D193	LTS II	B	13.79682	48.78609
D194	LTS II	B	13.796673	48.786163
D195	LTS II	B	13.796305	48.786482
D196	LTS II	B	13.796252	48.786553
D200	LTS II	B	13.795308	48.78553
D201	LTS II	B	13.794075	48.785919
D202	LTS II	B	13.7937	48.786021
D203	LTS II	B	13.794151	48.785405
D204	LTS II	B	13.793598	48.783664
D205	LTS II	B	13.793573	48.783586
D206	LTS II	B	13.793851	48.784766
D209	LTS II	B	13.796402	48.784085
D210	LTS II	B	13.796584	48.783884
D211	LTS II	B	13.797236	48.783546
D212	LTS II	B	13.798736	48.783307
D213	LTS II	B	13.799899	48.782814
D214	LTS II	B	13.799809	48.782781
D216	LTS II	B	13.799821	48.782271
D217	LTS II	B	13.800085	48.782315
D218	LTS II	B	13.799541	48.781847
D219	LTS II	B	13.797711	48.782826
D220	LTS II	B	13.797072	48.783075
D221	LTS II	B	13.797194	48.783125
S50	LTS II	C	13.928136	48.738385
S51	LTS II	C	13.928648	48.738416
S52	LTS II	C	13.928559	48.738273
S53	LTS II	C	13.92841	48.738744

Příloha 5 - GPS Souřadnice rezistentních stromů (LTS)

Číslo stromu	Typ rezistentního stromu	Mapa	Souřadnice GPS	
			Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka
S54	LTS II	C	13.928455	48.73885
S55	LTS II	C	13.928102	48.738875
S56	LTS II	C	13.928042	48.738789
S57	LTS II	C	13.927761	48.738797
S58	LTS II	C	13.92737	48.738127
H59	LTS II	C	13.910562	48.747516
H60	LTS II	C	13.911257	48.747855
H61	LTS II	C	13.910176	48.748074
H62	LTS II	C	13.910201	48.747915
H63	LTS II	C	13.909915	48.747908
H64	LTS II	C	13.907391	48.74887
H65	LTS II	C	13.910396	48.747848
S66	LTS II	C	13.913604	48.745507
S67	LTS II	C	13.925955	48.737895
S68	LTS II	C	13.9259	48.73771
S69	LTS II	C	13.925381	48.737684
S70	LTS II	C	13.925075	48.737804
S71	LTS II	C	13.923401	48.740573
S72	LTS II	C	13.923231	48.740682
H73	LTS II	C	13.909564	48.749423
H74	LTS II	C	13.909609	48.749261
H75	LTS II	C	13.909417	48.749196
H76	LTS II	C	13.910213	48.747557
S77	LTS II	C	13.9139	48.746213
S78	LTS II	C	13.917312	48.742758
S79	LTS II	C	13.918011	48.74252
H80	LTS II	C	13.905532	48.750233
H81	LTS II	C	13.905935	48.750159
H82	LTS II	C	13.906099	48.74976
H83	LTS II	C	13.906383	48.750722