

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Vliv velikosti hnízd mravenců rodu *Camponotus* na termoregulaci
a ztráty dřevní hmoty**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jana Trägnerová

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Adam Věle, Ph.D.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jana Trägnerová

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv velikosti hnízd mravenců rodu *Camponotus* na termoregulaci a ztráty dřevní hmoty

Název anglicky

The influence of the nest ants *Camponotus* size on thermoregulation and loss of wood

Cíle práce

Stanovit ztráty dřevní biomasy v důsledku obsazení stromů mravenci rodu *Camponotus* a definovat termoregulaci hnízd.

Metodika

1. Zjistit zda teploty v hnízdech mravenců rodu *Camponotus* korelují s velikostí hnízda
2. Definovat velikost ztráty dřevní biomasy v důsledku obsazení hnízd
3. Stanovit počet obsazených stromů na jednotku plochy na studijních plochách

Doporučený rozsah práce

30 stran včetně příloh

Klíčová slova

mravenec dřevokaz

Doporučené zdroje informací

- Chen, Y., Hansen, L.D., Brown, J.J., 2002: Nesting sites of the carpenter ant, *Camponotus vicinus* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in northern Idaho. *Environmental Entomology* 31: 1037-1042.
- Kipyatkov, V.K., 1995: Role of endogenous rhythms in regulation of annual cycles of development in ants (Hymenoptera, Formicidae). *Entomological Review* 74: 1-15.
- Punntila, P., Haila, Y., Niemela, J., Pajunen, T., 1994: Ant communities in fragments of old-growth taiga and managed surroundings. *Annales Zoologici Fennici* 31: 131-144.
- Véle A., Holuša J., Frouz J., Konvička O., 2011: Local and landscape drivers of ant and carabid beetle communities during spruce forest succession. *European Journal of Soil Biology*, 47: 349-356.
- Verble, R.M., Stephan, F.M., 2009: Occurrence of carpenter ants in ozark forests in relation to prescribed fire and stand variables. *Southern Journal of Applied Forestry* 33: 42-45.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Konzultant

RNDr. Adam Véle, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 8. 10. 2015

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2016

Abstrakt

Tato diplomová práce pojednává o ztrátách dřevní biomasy v důsledku osídlení stromů mravenci rodu *Camponotus* a o termoregulaci jejich hnízd. Studie byla prováděna na území Národního parku České Švýcarsko. Cílem bylo zjistit objem napadeného dřeva dřevokaznými mravenci a teploty uvnitř hnízd.

Samotný výzkum byl rozdělen na dvě části, z nichž jedna představovala měření teplot v hnízdech mravenců a druhá kvantifikaci napadených stromů. První část studie spočívala ve výběru stromů viditelně napadených mravenci a v instalaci teplotních datalogerů. Data o teplotách byla stahována jednou za tři měsíce, a to v březnu, červnu a září. Studované stromy byly následně pokáceny a báze kmene rozřezány na cca 20 cm dlouhé špalky.

Ve druhé části byla vytyčena obdélníková plocha v každé porostní skupině o výměře 3 ha, kde byl studován počet napadených stromů. Prostor se prošel středem plochy a byly zaznamenávány stromy zdravé, stromy poškozené a stromy poškozené u cesty. Pro kvantifikaci napadených stromů bylo vybráno 5 porostních skupin v 5 odděleních lesa. Jednalo se vždy o smrkové porosty starší 60 let

Výsledky ukazují, že teploty byly vyšší v dutinách osídlených mravenci, než v prázdných dutinách.

Objem poškozených částí výřezů stromů byl malý. Pohyboval se v hodnotách 0,11-0,89 m³/strom. Tomuto výsledku odpovídá i objem v porostech, který byl též nepodstatný, činil 0,93-7,9 m³/ha.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že negativní vliv mravenců rodu *Camponotus* je ve vztahu k produkční funkci lesa často podceňován.

Klíčová slova: Mravenec dřevokaz, hnízdo, teplota, biomasa, ztráty

Abstract

The diploma thesis deals with the loss of wood biomass as a result of infestation of trees with carpenter ants (*Camponotus* spp.) and also with the definition of nest thermoregulation. The study was carried out in the area of Czech-Saxon Switzerland National Park. The aim of the study was to find out the volume of infested wood with carpenter ants and the temperature inside their nests.

The research itself was divided into two parts: the first part included measuring temperature in the nests, the second dealt with quantification of infested trees. In the first part of the research trees visibly infested with ants were chosen and temperature dataloggers installed. The data from the dataloggers were downloaded once in three months, in March, June and September. The observed trees were consequently felled and their trunks cut into logs about 20 centimeters long.

In the second part of the diploma thesis a rectangle about 3 hectares big was marked out in a forest for the purpose of getting the number of infested trees. The data about healthy and damaged trees in the middle of each area and damaged trees near the way were collected. Altogether five areas were chosen in five forest departments. These were spruce groves more than 60 years older.

The results show that temperatures were higher in the hollows inhabited by the ants than in the empty hollows.

The volume of damaged parts of felled trees is little. It reached the values of 0,11-0,89 m³. The volume in spruce groves corresponds to this result and was also irrelevant. It was 0,93-7,9 m³.

From the results of the research it is obvious that the negative effect of carpenter ants and its relation to the productive function of forests is often underestimated.

Key words: carpenter ants, nest, temperature, biomass, losses

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Společenstva mravenců po lesním požáru v národním parku České Švýcarsko vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne 20. 4. 2016

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D., RNDr. Adamovi Vélemu, Ph.D. za jejich odborné rady, pomoc při terénním výzkumu a při psaní samotné práce, trpělivost a za jejich přátelský přístup.

Obsah

1. Úvod	13
2. Cíle práce	14
3. Rozbor problematiky	15
3.1. Mravenci obecně	15
3.1.1. Chemická komunikace a feromony	16
3.2. Abiotické faktory ovlivňující mravence	17
3.3. Biotické faktory ovlivňující mravence	19
3.4. Rod <i>Camponotus</i>	21
3.5. <i>Camponotus ligniperda</i>	21
4. Metodika a materiál	24
4.1. Popis oblasti studia	24
4.2. Terénní studie	26
4.3. Měření teplot hnízd	27
4.4. Kvantifikace napadených stromů	29
4.5. Program WinRHIZO	32
5. Výsledky	33
6. Diskuze	42

Seznam obrázků

Obr. 1 Mapa sledovaných stromů (studované stromy označeny hvězdičkou).....	27
Obr. 2 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci <i>Camponotus ligniperda</i> (1) v březnu 2015	34
Obr. 3 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci <i>Camponotus ligniperda</i> (1) za březen 2015.....	35
Obr. 4 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci <i>Camponotus ligniperda</i> (1) v červnu 2015	36
Obr. 5 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci <i>Camponotus ligniperda</i> (1) za červen 2015.....	37
Obr. 6 Pokácený strom č. 5	49
Obr. 7 Ukázka rozřezané báze kmene u č. 5	50
Obr. 8 Výřezy stromu č. 5.....	51
Obr. 9 Výřezy stromu č. 6.....	52
Obr. 10 Výřezy stromu č. 8.....	53
Obr. 11 Výřezy stromu č. 9.....	54
Obr. 12 Výřezy stromu č. 10.....	55
Obr. 13 Výřezy stromu č. 11	56
Obr. 14 Výřezy stromu č. 12.....	57
Obr. 15 Výřezy stromu č. 13.....	58
Obr. 16 Výřezy stromu č. 15.....	59
Obr. 17 Výřezy stromu č. 17.....	60
Obr. 18 Výřezy stromu č. 18.....	61
Obr. 19 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 1)	62
Obr. 20 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 2)	62
Obr. 21 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 3)	63
Obr. 22 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 4)	63
Obr. 23 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 5)	64
Obr. 24 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 6)	64
Obr. 25 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 7)	65

Seznam tabulek

Tab. 1 Zastoupení dřevin v lesních porostech (v %) na území Děčínského bioregionu (Culek 1995)	26
Tab. 2 GPS souřadnice sledovaných stromů.....	29
Tab. 3 Základní charakteristiky lesů, kde probíhala kvantifikace (podle LHP NPČŠ 2007-2016).....	30
Tab. 4 Charakteristika studovaných porostů smrku ztepilého (zdroj: Správa NPČŠ, aktuálnost 2007-2016)	31
Tab. 5 Výsledky srovnání teplot ve dvou dvojicích stromů s obsazenou a neobsazenou dutinou (Mann - Whitney U Test)	38
Tab. 6 Horizontální rozsah hnízdních dutin mravenců	39
Tab. 7 Parametry studovaných stromů, objem dutin a podíl dutin na celkovém objemu.	40
Tab. 8 Průměrné počty zdravých a poškozených (průměr ± SD průměrných počtů) na studovaných lokalitách, průměrná zásoba porostu na ha a průměrná zásoba porostu na jednotlivých zkoumaných plochách.....	41
Tab. 9 Kvantifikace v porostním oddělení Hluboký důl.....	65
Tab. 10 Kvantifikace v porostním oddělení Česká silnice.....	66
Tab. 11 Kvantifikace v porostním oddělení Kuní vrch.....	66
Tab. 12 Kvantifikace v porostním oddělení Tokáň.....	67
Tab. 13 Kvantifikace v porostním oddělení Nová Tokáňská	67

Seznam příloh

Obr. 6 Pokácený strom č. 5	49
Obr. 7 Ukázka rozřezané báze kmene u č. 5	50
Obr. 8 Výřezy stromu č. 5	51
Obr. 9 Výřezy stromu č. 6	52
Obr. 10 Výřezy stromu č. 8	53
Obr. 11 Výřezy stromu č. 9	54
Obr. 12 Výřezy stromu č. 10	55
Obr. 13 Výřezy stromu č. 11	56
Obr. 14 Výřezy stromu č. 12	57
Obr. 15 Výřezy stromu č. 13	58
Obr. 16 Výřezy stromu č. 15	59
Obr. 17 Výřezy stromu č. 17	60
Obr. 18 Výřezy stromu č. 18	61
Obr. 19 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 1)	62
Obr. 20 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 2)	62
Obr. 21 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 3)	63
Obr. 22 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 4)	63
Obr. 23 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 5)	64
Obr. 24 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 6)	64
Obr. 25 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 7)	65
Tab. 9 Kvantifikace v porostním oddělení Hluboký důl	65
Tab. 10 Kvantifikace v porostním oddělení Česká silnice	66
Tab. 11 Kvantifikace v porostním oddělení Kuní vrch	66
Tab. 12 Kvantifikace v porostním oddělení Tokáň	67
Tab. 13 Kvantifikace v porostním oddělení Nová Tokáňská	67

Seznam použitých zkratk a symbolů

Obr. (obr.) - obrázek

Tab. (tab.) – tabulka

č. - číslo

ha - hektar

NPČŠ – národní park České Švýcarsko

PP - přírodní památka

CHKO - chráněná krajinná oblast

ČR - Česká republika

NPP - národní přírodní památka

PR - přírodní rezervace

F. sanguinea - *Formica sanguinea*

F. fusca - *Formica fusca*

GPS - globální polohovací systém

SD - směrodatná odchylka

b.k. – bez kůry

LHP - lesní hospodářský plán

°C - stupeň Celsia

cm – centimetry

m - metry

1. Úvod

Mravenci jsou skupina sociálně žijícího, polymorfního a blanokřídlého hmyzu (Křístek, Urban 2004). Mravenčí komunity jsou ovlivněny hlavně profilem stanoviště. Existují takové zdroje dokazující, že pro mravence není podstatným faktorem druhové složení dřevin na lokalitě, které by ovlivňovalo společenství, protože většina druhů se usazuje v padlých stromech a hrabance (Verble, Stephen 2009).

U některých druhů mravenců došlo k oboustrannému soužití s rostlinami, v nichž mravenci přetrvávají. Rostlina mravenci poskytuje přístřeší a doplňkovou stravu a mravenec ji ochraňuje. Některé druhy však dřevní hmotu znehodnocují budováním chodeb, jedná se např. o mravence dřevokazi (Ždárek 2013).

Rod *Camponotus* Mayr, 1861 se považuje za nejhojnější a největší rod ze skupiny *Formicidae*. Díky navrtávání dřeva, hlavně při budování svých hnízd, způsobují rozsáhlé škody. Lze je nalézt v živých i mrtvých stromech, v hnijící kulatině či v pařezech. Tito a ostatní mravenci potřebují ke svému vývoji a vývoji potomstva vyšší teploty (Chen et al. 2002). Hnízdo dřevokazných mravenců se nalézá v jádře nebo vyzrálém dřevu, důvodem je zřejmě výron pryskyřice, který ztěžuje jejich činnost v jádru stromu, kde budují svá hnízda (Kudela 1970).

Camponotus ligniperda je zejména eurosibiřský druh. Je rozšířen v Evropě, Asii, na Kavkaze a zasahuje až do centrální části lesostepní zóny (Czechowski et al. 2002). Vyskytuje se převážně v nížinách a podhůří, ale ojediněle se vyskytují i v horách. Lokality, které preferuje, se nacházejí na sušších místech. Na území České republiky se jedná o běžně se vyskytující druh (Vysoký 1995).

2. Cíle práce

Stanovit ztráty dřevní biomasy v důsledku obsazení stromů mravenci rodu *Camponotus* a definovat termoregulaci hnízd.

3. Rozbor problematiky

3.1. Mravenci obecně

Mravenci jsou sociálně žijící, polymorfní blanokřídlí druh hmyzu. Mají lomená tykadla a jeden až dvoučlánekovou stopku, nacházející se mezi hrudí a zadečkem. Některé rody mohou mít vysunovatelné žahadlo, které používají pro vstřikování jedu či bolestivé bodání. Je to skupina hmyzu, jež má složené oči, které mohou být zakrnělé a jednoduchá očka chybějí (Křístek, Urban 2004).

Nejmenší mravenci na světě dosahují velikosti 1,5 mm, kdežto jiní dosahují až 18mm rozměrů, např. plodné samičky rodu *Camponotus* (Křístek, Urban 2004).

Druhovú skladbu mravenců může být určena různými faktory, jak místními, tak i krajinnými (Véle et al. 2011). Mravenčí komunity jsou ovlivněny typem stanoviště, i když existují takové podklady dokazující, že složení dřevin na lokalitě není důležitým faktorem ovlivňujícím společenství, protože většina druhů hnízdí v padlých stromech a hrabance (Verble, Stephen 2009). Společně budovaná hnízda jsou obydlími mnogogeneračními. Jsou budována, aby byla dobře klimatizovaná. Chodby mnohdy vedou do nižších vlhčích vrstev půdy, odkud mravenci získávají vodu při jejím nedostatku. Mnozí mravenci opustili půdu a pro svá hnízda vybírají trny, stvoly a jiné přírodní dutiny (Žďárek 2013).

Podle odhadů žije na zemi nejméně 25 až 35 tisíc druhů mravenců, z nichž zhruba polovina nebyla dosud popsána. Mravenci se naučili těžit z nejrozmanitějších druhových potravních zdrojů, v této skupině najdeme primitivní dravce, pastevece mšic, sběrače semen i pěstitele hub. Jsou jednou z významných a nezastupitelných složek v ekologii krajiny. Lze je považovat za nejvýznamnější predátory hmyzu a pavouků (Žďárek 2013).

Za podstatnou výhodu mravenčí společnosti se považuje dokonalá dělba práce, z níž vyplývá bezkonkurenční produktivita. Sociální způsob života představuje pozitivum i v teritoriálních potyčkách a v soutěžení o potravní zdroje (Žďárek 2013).

K úspěšným inovacím mravenčího těla přispívá i obratný zadeček, jehož pohyblivost zaručuje již zmiňovaná stopka, tvořena jedním nebo dvěma články. Dále kusadla, jimiž zabíjejí, trhají, ukusují a rozmělnují potravu, v zemi či ve dřevě s jejich pomocí hloubí tunely, přenášejí jimi vajíčka, atd. Někteří ho přetvořili na ostrou „dýku“ pro boj s ostatními, tito jedinci ovšem nejsou schopni se o sebe postarat (Žďárek 2013).

Hlavním komunikačním prostředkem jsou vůně a pachy. Složitě vztahy mezi členy kolonie jsou zprostředkovány na základě feromonů, které se uvolňují ze žláz vyústujících na povrchu různých částí těla. Mravenci jsou schopni s jejich pomocí vyjádřit velké množství informací (Ždárek 2013).

Rozmnožování u mravenců je výsadou pro pohlavní kasty. Okřídlené samičky a samci se rodí povětšinou jednou za rok a v našich zeměpisných polohách to bývá cca v létě, kdy je nejvhodnější čas pro založení kolonie. Mravenci se páří na předurčených místech a to hromadně. Tato místa volí samci. Samci z různých mravenišť se na ně slétávají a vypouští feromony, na něž by nalákaly samice (Ždárek 2013). Matky některých druhů se dožívají 20 až 30 let. Když se oplozená matka ve svatebním roji vymaní z tlaku nápadníků, odletí založit první plodovou komůrku svého budoucího mraveniště. U některých druhů se ale matka vrací zpět do rodného hnízda, díky čemu kolonie získá další reprodukční materiál (Ždárek 2013). Samečci a samičky jsou okřídlení. Dělnice naopak, avšak mají též zakrnělé pohlavní ústrojí. Samečci hynou těsně po kopulaci. Samičky si křídla odlamují a lehce okusují. Mají dosti dlouhé, běhací nohy umožňující rychlý pohyb (Křístek, Urban).

Většina druhů sociálního hmyzu je schopna regulovat teplotu ve svých hnízdech. V rámci regulace se u tohoto hmyzu vyvinuly různé mechanismy, jež dělíme do dvou kategorií - aktivní a pasivní. Pasivní mechanismus zahrnuje takové mechanismy jako výběr hnízdiště vedoucí k optimalizaci teploty hnízda a struktury hnízda, a tím umožňují pasivní vytápění nebo chlazení. Aktivní regulace teploty odkazuje na chování, kdy jedinci změnu teploty v hnízdě vnímají na základě fyzické aktivity (např. chlazení odpařováním). I přes obrovskou variabilitu v termoregulačních mechanismech, existují mnohé podobnosti (Jones, Oldroyd 2006).

3.1.1. Chemická komunikace a feromony

Při setkání dvou mravenčích dělnic dojde ke kontaktu tykadél. Tak si mezi sebou vymění pár informací a hlavně zjistí, zda jsou ze stejného roje či ne. Pokud narazí na vetřelce, nemusí ho zpočátku přijmout, dokud nenasákne jejich pachem, nebo ho zabijí.

Domovský pach je brán jako průkaz totožnosti a příslušnosti k určité komunitě. Je jím nasáklý celý povrch těla. Chemické složení se liší i mezi příslušníky téhož druhu. Mravenec se s ním narodí z části, a z části je získán pobytem v hnízdě. Rozpoznávat se ho ale naučí až v dospělosti. Sídlem čichu a hmatu, jak už nám mohlo dojít, jsou

tykadla. Vědci se domnívají, že mravenci mají plastický čich (tedy že neznají přesnou hranice mezi čichem a hmatem) (Ždárek 2013).

Hlavním komunikačním prostředkem jsou chemické látky - feromony. Svě teritorium si si mravenci označují teritoriálním feromonem. Vyměšují ho ze zadečkových žláz a může obsahovat též jejich trus. Poplašný feromon vydávají mravenci při setkání s vetřelcem, při ohrožení hnízda, při loupeživých výpravách, při nálezů potravy. Stopovací feromon je chemická stopa, kterou může sledovat vícero jedinců. Má dlouhou dobu trvání (Ždárek 2013).

Metapleurální žláza je útvar nalézající se na hrudi dospělých mravenců, jež vyměšuje látky, jimiž mravenci asanují vlhké prostředí svých podzemních hnízd a zbavují ho mikroorganismů a plísní. Druhotně ho ztratili i stromoví mravenci (např. *Camponotus*), kteří je nepotřebují. Nemají ho ani samci mnoha jiných druhů (Ždárek 2013).

3.2. Abiotické faktory ovlivňující mravence

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro mravence je množství dopadajícího slunečního záření (Punntila et al. 1991, Dauber et al. 2006, Palladini et al. 2007, Véle 2009). Ze sledování sukcese společenstev mravenců ve smrkových lesích plyne, že množství slunečního záření je důležitý environmentální faktor interpretující rozdílnost ve strukturách společenstva mravenců v jednotlivých prostorech (Niemelä et al. 1996, Véle 2009). Pozitivní vliv světla na život mravenců v zapojujících se borových kulturách byl experimentálně ověřen, a to změnou lesního managementu, který udržoval experimentální porosty světlu propustné. V prosvětlených porostech nedocházelo k zániku mravenčích kolonií (Mabelis & Korczyńska 2001). V podmínkách střední Evropy je pro prosperitu hnízd nejdůležitější oslunění na počátku jara (Elmes & Wardlaw 1982). To totiž zvyšuje aktivitu mravenců (Gano & Rogers 1983, Porter & Tschinkel 1987). Ve smrkových lesích obsazují mravenci převážně mladší a tudíž i světlejší porosty (Punntila et al. 1991, 1994, Niemelä et al. 1996). Velké množství slunečního záření snáší hlavně agresivnější druhy mravenců jako např. otrokářský mravenec *Formica sanguinea* Latreille, 1798 (Punntila et al. 1996). Množství záření však nebude pro tento druh zcela rozhodujícím faktorem, neboť je objeven i v tmavších habitatech (Véle 2009). Naopak pro jiné druhy, mezi které řadíme i *Formica fusca* Linnaeus, 1768, je dostatek přímého oslunění prvořadý (Niemelä et al. 1996). Lesní

mravenci staví za účelem větší absorpce slunečního záření kupovitá hnízda na okrajích porostů s jižní expozicí (Douglas & Sudd 1978, Laine & Niemelä 1989).

S iradiací je spojena teplota půdy a vzduchu, jež rovněž působí na výskyt a početnost jednotlivých druhů mravenců (Martin 1987, Savolainen & Vepsäläinen 1989,

Andersen 1995, Nuruddin & Tokiman 2005, Véle 2009). Obě tyto teploty spolu silně korelují (Nuruddin & Tokiman 2005). I jejich drobné odchylky mohou ovlivňovat výskyt a početnost jednotlivých druhů (Bestelmeyer et al. 2000). Při vysoké teplotě dochází k oplodnění většího množství vajíček (Gösswald 1989). Ve slunných a teplých mikrohabitatech navíc dochází ke zkrácení času pro rozvoj jednotlivých vývojových stádií (Banschbach et al. 1997). Teplota rovněž ovlivňuje loveckou, resp. sběračskou aktivitu, fyziologické procesy i samotné chování mravenců (Gallé 1973, Elmes & Wardlaw 1982, Gano & Rogers 1983, Lopéz et al. 1992, Frouz 2000, Challet et al. 2005). Albrech & Gotelli (2001) zaznamenali změny v intenzitě shánění potravy v závislosti na poklesu teplot vzduchu během dne. Také jiné studie dokazují, že aktivita dělnic je předpovídána změnami teplot v povrchové vrstvě půdy (např. Porter & Tschinkel 1987, Vepsäläinen & Savolainen 1990, Marko & Czechowski 2004, Véle 2009). Pro druh *Solenopsis invicta* Buren 1972, je teplota půdy jediným signifikantním faktorem, vypovídající o změnách v intenzitě shánění potravy (Porter & Tschinkel 1987). Mravenci rodu *Myrmica* Latreille, 1804 a *Camponotus* jsou aktivní nezávisle na změnách teplot během dne (Vepsäläinen & Savolainen 1990). Naopak je tomu u mravenců rodu *Formica*, u nichž byla vazba jejich aktivity na teplotě potvrzena. Např. *F. fusca* byl stejně jako *F. sanguinea* neaktivnější při teplotách půdy, jež se pohybovala v rozmezí 20 -30 °C (Véle 2009). U jiných druhů bylo popsáno snížení jejich aktivity za vysokých teplot (Azcarate et al. 2007, Drees et al. 2007). To lze dokázat rychlejším vysycháním mravenců při vysokých teplotách (Banschbach et al. 1997). Závislost aktivity na teplotě klesá s vzrůstající tělní velikostí (Azcarate et al. 2007).

Půdní vlhkost rovněž ovlivňuje strukturu společenstev (Jurgensen et al. 2005, Chikoski et

al. 2006, Menke & Holway 2006). Její vliv je srovnatelný s teplotou půdy, neboť oba faktory spolu korelují (Azcarate et al. 2007). Při vysoké půdní vlhkosti dokáží kolonie *M. ruginodis* přestát působení lesního požáru (Punttila & Haila 1996). Naopak méně důležitá pro aktivitu dělnic je vlhkost vzduchu. Jednotlivé druhy sice preferují určité hodnoty vlhkosti vzduchu, nicméně v případě výskytu významných potravních zdrojů je aktivita dělnic na vzdušné vlhkosti nezávislá (Markó & Czechowski 2004).

Frouz (2000) popisuje přímou závislost mezi těmito faktory - teplota a vlhkost hnízdního materiálu.

3.3. Biotické faktory ovlivňující mravence

S množstvím dopadajícího slunečního svitu je spjata množství vegetace (Liira et al. 2007, Bolibok & Andrzejczyk 2008), jež rovněž působí na strukturu mravenčího společenství (Retana & Cerdá 2000, Wang et al. 2001, Lassau & Hochuli 2004, Dauber et al. 2006). Vegetace může mravence ovlivňovat přímo či nepřímo. V případě přímých vlivů se jedná převážně o zastiňování hnízd či stanovišť, které má vliv na mikroklima či na změnu mikrohabitatu (Elmes & Wardlaw 1982, Andersen 1990, Gallé 1991, Véle 2009). Na menších lokalitách chráněných vegetací může docházet ke vzniku skleníkového efektu (Lopéz et al. 1992). Vegetací způsobené zastínění může též ovlivňovat čas, kdy jsou dělnice aktivní (Porter & Tschinkel 1987). Důležitou podstatu má i samotná vegetační struktura a hustota, jež vytvářejí důležité mikrohabitaty (Savolainen & Vepsäläinen 1989, Gallé 1991, Lopéz et al. 1992). S rostoucím počtem rostlinných druhů lineárně stoupá i druhová diverzita mravenců (Morrison 1998). Hnízda mravenců *Formica polyctena* Förster, 1850 dosahují vyšších denních i nočních teplot po likvidaci vegetace kolem mraveniště. Mezi množstvím vegetace a vlhkostí hnízdního materiálu existuje pozitivní korelace (Véle 2009). Zarůstání hnízdišť může být jednou z příčin způsobujících stěhování mravenčích kolonií (Gibb & Hochuli 2003).

Jednotlivé druhy se vyznačují vůči vegetaci odlišnými nároky. Např. *F. sanguinea* a *F. fusca*, jež prokazují svojí kladnou závislost na množství podrostu v lesích (Véle 2009). Naopak příbuzný druh *Formica pratensis* Retzius, 1783 má opačný vztah k vegetaci a tudíž se vysokému a hustému podrostu vyhýbá (Mabelis & Korczyńska 2001).

Vegetace působí na mravence nepřímo a tím jsou myšleny např. změny v potravní nabídce (Perfecto & Vandermeer 1996, Dauber & Wolters 2005). Dostatek potravy ovlivňuje význačně výskyt mravenců (Véle 2009), při jejím nedostatku se snižuje jejich druhová pestrost (Arnan et al. 2007). Množství potravy též ovlivňuje početnost kolonií a odráží se v poměru pohlaví následující generace mravenců (Deslippe & Savolainen 1995, Herbers & Bansbach 1998, Brown & Keller 2006). Potravní zdroje jsou ovlivňovány jejím množstvím, diverzitou druhů a strukturou vegetace (Elmes & Wardlaw 1982). Např. někteří zástupci rodu *Formica* hledají potravu převážně na stromech a

keřích (Mabelis & Korczyńska 2001). Mezi důležité potravní zdroje patří semena, bezobratlí (chvostoskoci, roupicovití), ale zejména mšice, resp. medovice, kterou díky chovu mšic získávají (Laine & Niemelä 1989, Hölldobler & Wilson 1990, Punttila et al. 1991, Pisarski & Czechowski 1994, Perfecto & Vandermeer 1996). Mšice se častěji nalézají v lesích v hustých podrostech (Laine & Niemelä 1989). Narušením podrostu dochází ke ztrátě těchto potravních zdrojů, jež se následně odráží v poklesu druhové pestrosti (Niemelä et al. 1996, Perfecto & Vandermeer 1996).

Na výskyt i aktivitu mravenců a tedy i na strukturu celého společenstva silně působí intraspecifické a interspecifické interakce (Savolainen & Vepsäläinen 1988, 1989, Punttila et al. 1991, 1994, 1996). Důležitým vlivem je výskyt a působení silně agresivních teritoriálních druhů. Ve smrkových porostech se jedná především o lesní mravence (podrod *Formica*) nebo otrokářské mravence *F. sanguinea* (Vepsäläinen & Wuorenrinne 1978, Punttila et al. 1994, 1996). Intraspecifickou konkurenci mravenci snižují rovnoměrným umístěním hnízd do prostoru (Cushman et al. 1988). Působení interspecifické kompetice vysvětluje strukturu místních společenstev (Retana & Cerda 2000, Oliveras et al. 2005). Příkladem může být mozaikovitý výskyt stromových mravenců v sadech (Majer 1993). Schopnost kompetice jednotlivých druhů a jejich pozice v hierarchii je determinována sociální organizací jednotlivých druhů a taktéž i hustotou lovicích dělnic. Oba parametry mají mezi sebou pozitivní závislost (Savolainen & Vepsäläinen 1988). Druhy, jež jsou agresivně teritoriální, se navzájem vytlačují (Vepsäläinen & Pisarski 1982, Alinvi et al. 2008). Submisivní druhy mohou koexistovat s agresivnějšími druhy díky hájení vlastního hnízda (Vepsäläinen & Pisarski 1982). V závislosti na kombinaci druhů mohou, ale nemusí, agresivní mravenci potlačovat abundance druhů submisivních (Alinvi et al. 2008). Díky vysoké heterogenitě prostředí je kompetice nižší (Correa et al. 2006).

3.4. Rod *Camponotus*

Rod *Camponotus* Mayr, 1861 je nejhojnějším a největším rodem ze skupiny *Formicidae*. Čítá 600 druhů po celém světě. Jsou důležitou ekologickou složkou pro les, kde fungují jako predátoři. Mezi jejich potravu patří defoliátoři např. rody *Choristoneura* Lederer, 1859, *Malacosoma* Hübner, 1820 a jiní (Chen et al. 2002).

Dřevokazové patří mezi světové škůdce. Způsobují rozsáhlé škody vykusováním částí dřeva nebo rozšiřováním hnízd. V přírodě dřevokazní mravenci žijí v živých i mrtvých stromech, v hniјící kulatině i v pařezech. Hnízdo je obvykle v úrovni se zemí, což ale platí pro stromy vysoké 3-7 metrů vysoké (Chen et al. 2002).

Tito mravenci vyžadují vyšší teploty, což je zapotřebí k vývoji potomstva (např. *Camponotus vicinus* Mayr, 1870) (Chen et al. 2002).

Mravenci rodu *Camponotus* využívají ke komunikaci také zvuk, a to tak že tlučou hlavou o tvrdý povrch. Zvuk je přenášen substrátem a způsobuje u ostatních jedinců pozornost vůči případnému nebezpečí. Druhy, jež využívají tuto signalizaci, obývají většinou mrtvé dřevo nebo „kartonové“ komory, které si mravenci tvoří z rozžvýkaných rostlinných vláken (Hölldobler, Wilson 1997).

U rodu *Camponotus* existuje odlišný způsob tvorby pachu kolonie, který je podle nich nejjednodušší a nejbezpečnější. Charakteristické chemické látky vytváří královna a jejich roznášení závisí pouze na dělnicích, které je roznáší prostřednictvím vydávené potravy a olizováním (Hölldobler, Wilson 1997).

3.5. *Camponotus ligniperda*

Camponotus ligniperda (Latreille, 1802) je jedním z největších mravenců vyskytujících se v České republice (Kudela 1970). Je obecně rozšířen v Evropě, Asii, na Kavkaze a svým výskytem zasahuje až do centrální části lesostepní zóny (Czechowski et al. 2002). Vyskytují se převážně v nížinách a podhůří, v horách jsou jen ojediněle lokálně hnízda. Byl objeven na loukách, pastvinách, stepích, na kamenitých stepích a loukách, v lesostepích, na okrajích a uvnitř smíšeného lesa, na kamenitých stráních lesa, mýtinách, pasekách, vrcholcích skal, na otevřených skalních svazích, v suťových lesích, na svazích kamenolomů. Nalezneme ho v ovocných sadech a zahradách. Preferuje hlavně sušší místa, na rozdíl od *Camponotus herculeanus* (Linnaeus, 1758), jež se nachází ve vyšších polohách. Na území České republiky je to běžně se vyskytující druh (Vysoký 1995).

Své kolonie zakládá ve dřevě stromů, a to jak chřadnoucích, napadených červenou hnilobou, tak i úplně zdravých. Hnízda se omezují pouze na jádro nebo vyzrálé dřevo, kdežto běl stromu zůstane neporušena. Domněnkou je, že hlodání mravenců je ztíženo výronem pryskyřice (Kudela 1970). Chodby v hnízdech jsou dlouhé i několik metrů a v některých případech hnízda dosahují až do výšky 10 m. Dělnice neustále vykusují do dřeva další chodby, ale dřevem se neživí, protože je hlavně masožravý. Vlastní hnízdo tvoří soustava chodbiček vykousaných podél letokruhů kmene stromu. Vstupní otvor bývá velmi malý a povětšinou se nalézá v bazální části kmene. Nejčastěji osidluje stromy na teplých a slunných okrajích porostu, na okraji lesních pasek u lesních cest a mýtin apod. (Vysoký 1995).

Co se týče morfologie těla, jeho zadeček má černou barvu, je lesklý a řídce ochlupený. Přední část zadku je červená až červenohnědá. Hrud' a stopka jsou červené (Sadil 1955). Za hostitelskou rostlinu lze považovat jehličnany (např. smrky, jedle, borovice), ale dokonce i listnáče (např. duby, lípy, akáty, hrušně, aj.) (Švestka et al. 1996). Dále způsobuje škody okusováním mladých výhonků a pupenů, jejichž čerstvou mízu též využívají jako potravu. Jakožto další zdroje využívají medovici získávanou ze mšic, za nimiž lezou na stromy a keře. Potravně konkurují mravencům rodu *Formica* Linnaeus, 1758, t.j. v okolí svého hnízda loví např. pavouky, roztoče, hmyz, plže, atd. (Vysoký 1995). Podle Halíka (1924) jsou schopni chovat mšice a získávat od nich medovici.

Dělnice se dožívají cca 13 let Kolonie bývají vysoce početné (Vysoký 1995). Podle Bezděčky a Bezděčkové (2011) mohou být zastiženi v hnízdech po celý rok, ale rojení probíhá od dubna do června.

Samičky si po oplození odlamují křídla a samostatně zakládají novou kolonii. Mohou se usazovat i pod kůrou nemocných stromů, např. odumřelých nebo padlých, a postupně rozšiřovat prostřednictvím prvních dělnic choroby do dřeva a rozrušovat i jádro stromu, po prvotním škůdci, jímž povětšinou bývá *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Švestka et al. 1996).

Ve většině případů se vyskytuje spolu s červotoči a tesaříky a usazují se ve dřevě, které tyto škůdci už dříve napadli (Švestka et al. 1996).

Přítomnost mravenců se rozpozná podle drtinek kolem místa výskytu a zpravidla vždy se na kmenech dají zpozorovat dělnice (Vysoký 1995).

Mezi predátory patří datlovní ptáci, hlavně datel a žluna. Strom je díky jejich atakům náchylnější k lámavosti za silných větrů, protože vzniklé otvory bývají hluboké a velké a na jediný strom jich zpravidla připadá několik (Vysoký 1995).

Jedinou obranou proti mravenci dřevokazovi (*Camponotus ligniperda*), je napadený strom zpracovat. Tento druh, podobně jako většina, je dravý. Stojí tedy za úvahu, zda není lepší napadený strom v lese ponechat, protože mravenci tak dopomůžou k likvidaci mnoha jedinců škodlivého hmyzu (Švestka et al. 1996).

4. Metodika a materiál

4.1. Popis oblasti studia

Oblastí, kde terénní studie probíhala, byl národní park České Švýcarsko, jež se rozkládá na území Děčínského bioregionu. Tato lokalita se nachází v severních Čechách. Sousedí s německým regionem Sasko, proto se oblast označuje též jako Česko-Saské Švýcarsko. Je prakticky totožný s geomorfologickým celkem Děčínská vrchovina a jeho poloha činí 292 km² (Culek 1995).

Specifikem tohoto bioregionu jsou pískovcové útvary (např. kaňony, hluboká údolí, skalní města a stolové hory). Lze říci, že plně rozvinutý pískovcový a údolní fenomén je charakteristický, naopak ostrovní charakter čedičových elevací (vyzdvižení a vystoupení) je méně časté a méně významné. Vysoká stanovištní diverzita však díky chudosti substrátu způsobuje omezené zvýšení biodiverzity. V porovnání s jinými bioregiony pískovců se vyznačuje demontánní biotou v inverzních polohách v neobyčejně nízkých nadmořských výškách. Celkově zde převažuje biota 4. bukového vegetačního stupně, potencionální vegetace je tvořena bikovými bučinami, výjimečně též acidofilními doubravami, na skalách pak můžeme nalézt ostrůvky reliktních borů. Méně obvyklou část tvoří nerozčleněné plošiny, na nichž se nacházejí sprašové hlíny, dále pak vrchoviny bez pískovcových skal a ostrovy květnatých bučin na neovulkanitech (Culek 1995).

V současnosti zde převažují kulturně založené jehličnaté lesy, avšak typické jsou reliktní bory na skalách a orná půda na plošinách (Culek 1995).

Celá lokalita je budována mohutným souvrstvím křídových pískovců od cermanu až po koniak. Jiné křídové horniny, zvláště pak jílovce, jsou zastoupeny jen okrajově v jižní části celku. Dalším významným elementem jsou proniky terciérních čedičů, jež se kromě Růžového vrchu a Mlýnů vyskytují jen na malých plochách. Místy jsou na plošinách větší či menší ostrůvky sprašových hlín nebo spíše nevápnitých sprašových hlín. Z dalších pokryvů mají význam písečné osypy pod pískovcovými stěnami. Labský kaňon pak odkrývá, zejména na pravém břehu, výchozy podložního krystalinika (žuly a fylity), které zaujímá pouze nepatrnou plochu. Homolity jsou vzácné a tvoří pouze malé plochy (Culek 1995).

Tento bioregion je charakteristicky klasicky vyvinutý, velice členitý pískovcový reliéf, jež zde vytváří několik výškových pater se stolovými horami (Děčínský Sněžník), spletitou sítí kaňonů a menší partií typu skalních měst. Nejvyšší patro náleží

čedičovým vyvěřelinám ve tvaru kuželů (Růžový vrch 619 m), které jsou obklopeny řadou zpevněných pískovců (zejména v Jetřichovických stěnách).

Údolí větších vodních toků (Kamenice, Křinice) jsou hluboká 100-200 m a navazují až na 300 m hluboké údolí řeky Labe. Kaňony přítoků jsou velmi úzké, bez výrazně vytvořené nivy (zejména Tichá a Divoká soutěska na řece Kamenici). Pískovcové stěny údolí řeky Labe podléhají gravitačním účinkům, přičemž se zde začaly tvořit skalní rozsedliny. Skalní tvary jsou v této oblasti značně hojné. V kaňonech lze nalézt typicky vyvinutý údolní fenomén (Culek 1995).

Reliéf má charakter ploché hornatiny s výškovou členitostí 300-360 m (na Děčínském Sněžníku až 540 m) a na nerozčleněných vrchovinách a plošinách převládá charakter ploché až členité vrchoviny s členitostí 150-250 m. Nejnižším bodem je údolí Labe v Hřensku o 117 m.n.m. , což je zároveň nejnižším místem v rámci celé ČR. Naopak nejvyšším bodem je Děčínský Sněžník o 726 m.n.m. Typická výška území činí 260-490 m a s kaňony včetně Děčínského Sněžníku 130-620 m (Culek 1995).

Ponebí je relativně oceánského rázu. Kaňon řeky Labe se vyznačuje teplým klimatem (Libverda 8,3 °C), které ve vyšších polohách rychle chladne na 6-7 °C a vykazuje strmý srážkový gradient: Libverda 673 mm, ale Chřibská již 934 mm, což je způsobeno polohou na návětrném svahu Lužických hor. Klima je silně ovlivněno členitým reliéfem, pro něhož jsou typické zejména velmi silné teplotní inverze v hlubokých roklích a kaňonech (Culek 1995).

Půdy jsou značně ovlivněny extrémním substrátem pískovců a vlhkým podnebím. Místy zde dochází k rašelinění. Na skalnatých lokalitách přecházejí převládající arenické podzoly do oligotrofních rankerů a litozemí. Pro tato stanoviště je typické hromadění humusu v surovém stavu. Na čedičových kupách se vyskytují rankery eutrofní. Na plošinách na pravém břehu Labe pokrytých sprašemi, jsou vyvinuty pseudooglejené luvizemě s přechody na jedné straně řeky do luvizemních hnědozemí, na druhé straně řeky do primárních pseudoglejů. Kambizemě s vyšším obsahem bází vyvěrají jen místy, zejména v blízkosti města Děčín. Cizorodým prvkem je úzká niva podél Labe, tvořená fluvizemí rázu hnědé vegy (Culek 1995). Na mokvavých skalách se nachází prameništní vegetace svazu *Cardamino-Montion* (Culek 1995).

Náhradní vegetaci luk tvoří vegetace svazu *Polygono-Trisetion*, která na vlhčích stanovištích přechází do vegetace svazu *Caricion fuscae* nebo *Calthion*. Na suchých

lokality jsou krátkostébelné trávníky svazu *Violion caninae*. Na písčitéch úhorech se dříve vyskytovala vegetace svazu *Arnoseridion* (Culek 1995).

Plocha bioregionu nebyla v prehistorické době prakticky osídlena a dodnes má povětšinou lesní kryt. Vesměs však převažují druhotné porosty smrku a borovice. Menší podíl tvoří bezlesí, na nichž louky a pastviny mají vyrovnané zastoupení s agrocénózami (Culek 1995).

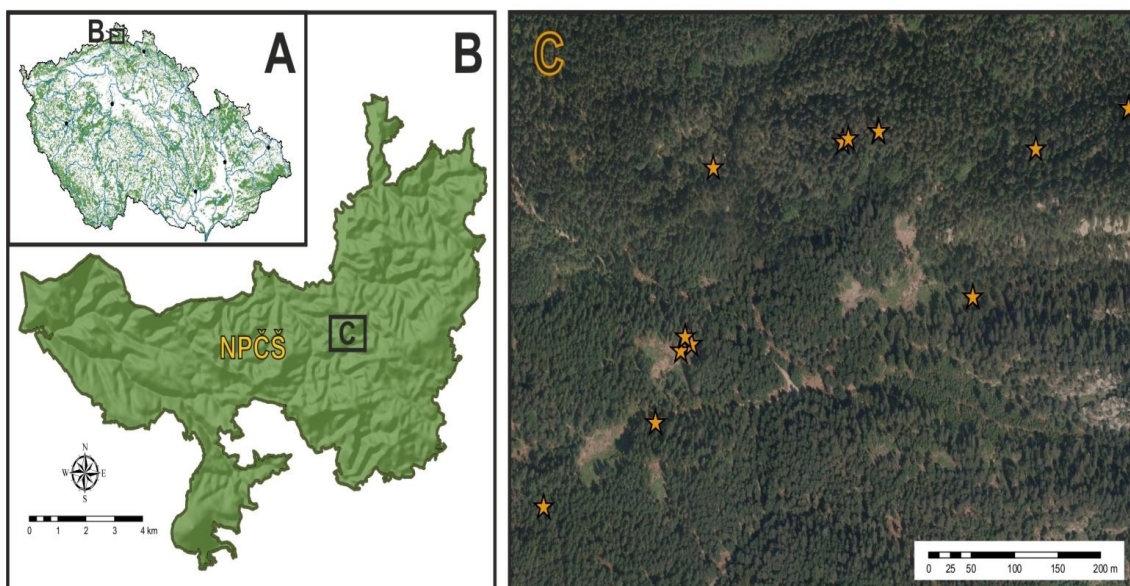
Zastoupení dřevin v lesích bioregionu jsem uvedla v tab. 1 (Culek 1995).

Tab. 1 Zastoupení dřevin v lesních porostech (v %) na území Děčínského bioregionu (Culek 1995)

Smrk	Borovice	Borovice blatka a Borovice kleč			Jedle	Modřín	Ostatní jehličnany		
55,7	27	-			0,1	3	1,4		
Dub	Buk	Javor	Lípa	Jasan	Topol	Olše	Vrba	Bříza	Akát
1,2	5	0,4	0,1	0,2	0,1	1	+	4,2	+

4.2. Terénní studie

Terénní studie probíhaly na katastrálním území Jetřichovice a Vysoká Lípa. Stromy pro sledování teplot byly vybrány v lesním porostu západně od usedlosti Tokáň, celkem (tab. 2). Na mapě je zachycena oblast Národního parku České Švýcarsko, jeho poloha v mapě České republiky a studované stromy (obr. 1).



Obr. 1 Mapa sledovaných stromů (studované stromy označeny hvězdičkou)

4.3. Měření teplot hnízd

První část spočívala v instalaci datalogerů (typ R0122 výrobce Comet Systems).

Stromy, u kterých bylo předpokládáno, že budou obsahovat hnízda mravenců, byly identifikovány podle vizuálního poškození ptáky, jež v nich hledaly zdroj potravy. Tyto stromy byly označeny sprejem a pořadovým číslem. V prsní výšce byl vyvrtán pomocí akumulární vrtačky otvor o průměru cca 8 mm, kterým se do vytvořené dutiny umístí externí čidlo datalogeru. Kabel byl do stromu vložen tak, aby pozice čidla byla zhruba v polovině tloušťky daného stromu a zasahoval do jeho jádra. Dataloger byl přichycen hřebíkem poblíž otvoru a přikryt celtou, jež měla minimalizovat viditelnost datalogeru a ochránit jej před deštěm. Datalogery byly instalovány 6. 12. 2014 a od té doby byla data stahována jednou za tři měsíce, tedy v březnu, červnu a září. Aby byly stromy v terénu přesně lokalizovány, byly zaznamenány jejich GPS souřadnice (tab. 2).

Ke dni 7. 3. 2015, ale na tomto stanovišti proběhla těžba, při níž byly 3 stromy s datalogery (č. 1, 3 a 4) odstraněny, jelikož bránily těžbě v parku. Byly vybrány náhradní stromy a to č. 17 a 18, v nedalekém porostu 714 B 8c/1v a 714 B 11b/2v poblíž krmelce Černá louže. Strom č. 13 byl odstraněn ze studie, protože hnízdo nepatřilo mravenci dřevokazovi. Tento strom byl přesto pokácen. Báze kmene byla rozřezána na dvacetimetřové špalky, díky čemu se ukázalo, že naše domněnka byla mylná.

V září 2015 v lokalitě výzkumu opět proběhla těžba, při níž byl pokácen strom č. 2.

Celkem bylo studováno 14 stromů, ze kterých byl získán průběh teplot pomocí datalogerů. U stromů č. 7, 14 a 16 naopak nebyla zjištěna dutina.

V listopadu 2015 byly stromy, po domluvě se Správou národního parku České Švýcarsko, pokáceny a báze kmene byla rozřezána na špalky o délce 20 cm (obr. 6-18).

Báze kmene, která byla rozřezána na špalky, byla nafocena kvůli pozdějšímu určování poměru velikosti hnízda a zbytku biomasy.

Objem stromů byl zjištěn pomocí objemových tabulek. Rozsah dutin byl stanoven pomocí skenování profilů stromů z fotografií pomocí programu WinRHIZO (obr. 19-25) a vertikálním rozsahem dutin. Střední hodnoty teplot ve dvojici stromů (s dutinou neobsazenou a hnízdem mravenců) byly testovány Mann - Whitney-U testem v programu Statistica 12.0. Jednalo se o stromy č. 5 a 17 (první dvojice) a č. 6 a 18 (druhá dvojice) (tab. 5).

Tab. 2 GPS souřadnice sledovaných stromů

Stromy (číslo)	Severní šířka	Východní délka	
1	VYTĚŽEN		
2	50°52,973´	014°23,745´	VYTĚŽEN
3	VYTĚŽEN		
4	VYTĚŽEN		
5	50°53,022´	014°23,845´	
6	50°53,058´	014°23,862´	
7	50°53,062´	014°23,872´	
8	50°53,065´	014°23,865´	
9	50°53,147´	014°23,875´	
10	50°53,170´	014°23,998´	Nalezen jiný druh (Lasius niger)
11	50°53,172´	014°24,003´	
12	50°53,178´	014°24,031´	
13	Vyřazen, ale 9. 8. objeveny cca 3 ks dřevokaze		Byl pokácen a změřen
14	50°53,178´	014°24,032´	
15	50°53,183´	014°24,186´	
16	50°53,210´	014°24,272´	
17	50°53,108´	014°24,140´	
18	50°53´5,652´´	014°24´9,655´´	

4.4. Kvantifikace napadených stromů

Pro kvantifikaci napadených stromů bylo vybráno 5 porostních skupin v 5 odděleních lesa. Jednalo se o porosty starší 60 let (tab. 3-4), kde převládal smrk ztepilý *Picea Abies* (L.) H. Karst.

Tab. 3 Základní charakteristiky lesů, kde probíhala kvantifikace (podle LHP NPČŠ 2007-2016)

Oddělení lesa	Věk	Zastoupení smrku	Střední výška (m)	Střední tloušťka (cm)
Hluboký důl	70-108	83-100	24-30	24-37
Česká silnice	72-110	50-97	25-29	21-35
Kuní vrch	68-108	68-95	24-32	25-35
Tokáň	75-104	38-76	22-27	26-32
Nová Tokáňská	69-102	72-99	24-29	26-32

V každé porostní skupině byla vytyčena plocha o výměře 300 arů, kde byl studován počet napadených stromů.

Plochy měly obdélníkový tvar a rozměry 30 x 100 metrů. Prostor byl procházen středem, tedy 15 m od počátečních bodů, a byl zaznamenán počet stromů zdravých, stromů poškozených a stromů poškozených u cesty (tab. 9-13). Za poškozené stromy byly považovány takové s vizuálně patrným poničením, kde by se mohlo nacházet hnízdo.

Tab. 4 Charakteristika studovaných porostů smrku ztepilého (zdroj: Správa NPČŠ, aktuálnost 2007-2016)

Porostní skupina	Tloušťka (cm)	Výška (m)	Zásoba na ha (m³ b.k.)	Zakmenění
431B10/2	34 / -	29 / 2	345 / -	7 / 3
417C10/1p	34 / -	32 / -	524 / -	8 / 3
433A7a	24	24	436	10
429B11 3/1q	-	4	306 / - / -	5
416B9a	33	29	420	7
432C8	9	26	395	9
432B10a	31	29	518	9
722A5	21	20	296 / -	9
437D11b/1p	35 / -	29 / 2	395 / -	7 / 6
708A10a	26	25	414	9
805D10a	33	30	475	8
805D7v	26	25	257	7
805A8	25	24	329	9
804D8v	28	27	341	8
805D11v/1b	35 / -	32 / 1	435 / -	9 / 3
716A8v/1w	29 / -	22 / 1	125 / -	8 / 1
716B8v/1v	26 / -	24 / -	268 / -	9 / 1
716D9/1b	30 / -	27 / 1	353 / -	9 / 1
716D8v	26	24	196	8
602B11v	32	27	256	8
712A9v/1v	29 / -	27 / -	375 / -	8 / 4
709C11	28	27	475	9
709C9c	32	29	504	9
707B7d	26	24	289	9
707B10a	29	27	362	8

4.5. Program WinRHIZO

Jedná se o počítačový program, který pracuje na principu systémové analýzy obrazu. Je speciálně navržen pro měření kořenu v různých formách, ale lze jej využít i na měření listů. Díky programu lze pracovat s morfologií (délka, plocha, objem, aj.), topologií, architekturou a barevnou analýzou (Instrumento Regent) [online].

Na základě programu lze získávat obrázky, jež mohou být kombinovány ke splnění různých potřeb a rozpočtů. Aby bylo možné obraz získat, je zapotřebí skeneru nebo digitálního fotoaparátu a doplňků (Instrumento Regent) [online].

WinRHIZO automaticky nebo interaktivně analyzuje skenované kořeny.

Kořen je přenesen jako grafický obrázek do počítače, kde se zobrazí délka, plocha, objem, atd. Jelikož je program určen hlavně měření kořenových systémů, lze v něm zobrazit počet tipů funkcí kořenových průměrů a barvy (Instrumento Regent) [online].

WinRHIZO zobrazuje analýzu obrázku. Barva je využita k vybarvení kořenové kostry, jež zařazuje kořenové části do průměrných tříd, aby mohli být klasifikovány.

Jak už jsem se zmiňovala výše, naměřená data analyzovaného vzorku lze shrnout na obrazovce a je možné je detailně prostudovat, jelikož jsou k dispozici v datových souborech (Instrumento Regent) [online].

Program je možné získat v několika variantách, např. program WinFOLIA, jež je speciálně navržen pro měření listové plochy, morfologie a analýzy onemocnění. Různé konfigurace jsou nabízeny v závislosti na měření, přesnosti, rychlosti (Instrumento Regent) [online].

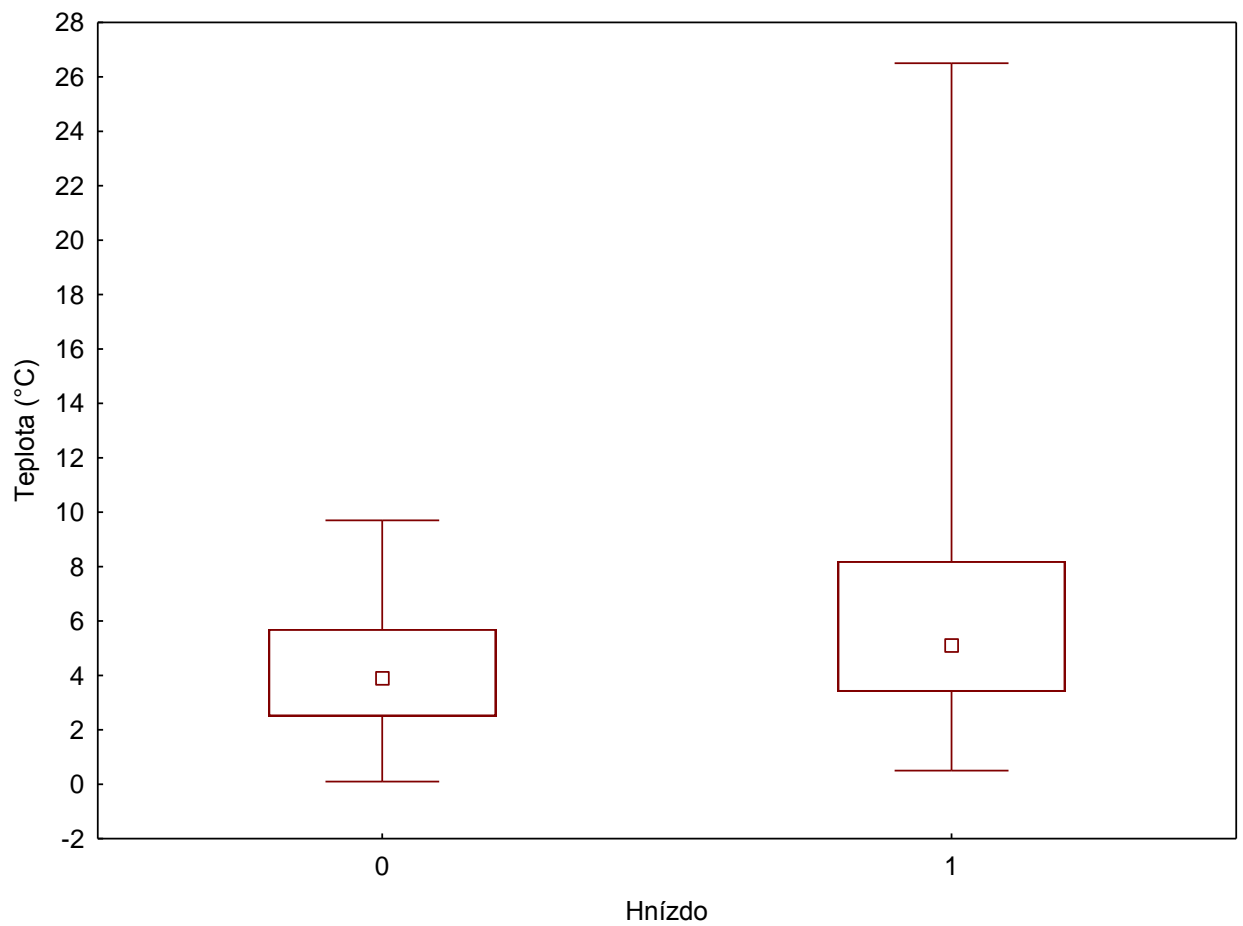
Díky programu byly analyzovány a naměřeny objemy zdravé a nezdravé části výřezů (viz tab. 7 a obr. 9-13).

5. Výsledky

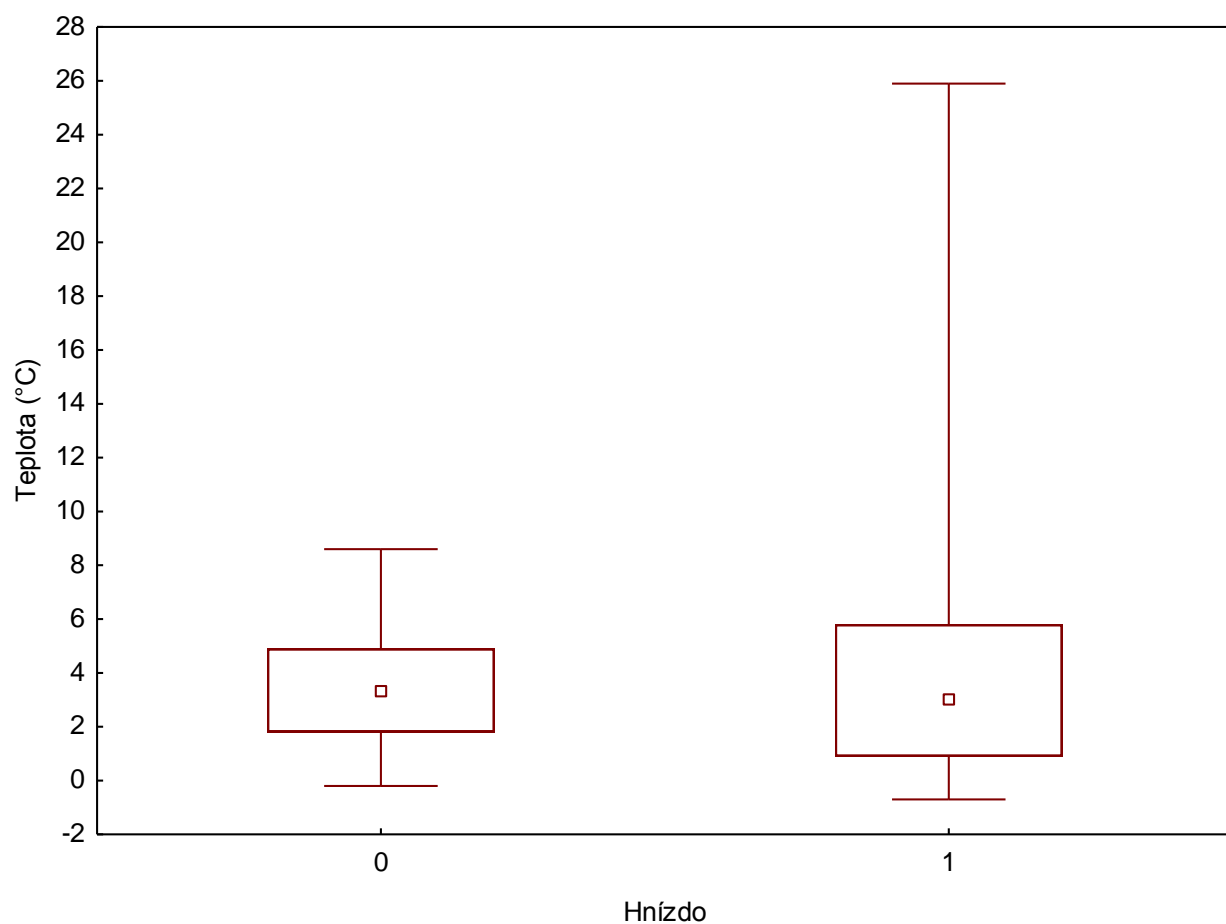
Ze 14 studovaných stromů byly 4 z nich vytěženy, dále byl 1 vyřazen z evidence, kvůli chybné domněnce o nevýrazném poškození datlovitými ptáky a kvůli nenalezení jedinců mravence dřevokaze. Stromy č. 7, 14 a 16 hnízdní dutiny neobsahovaly. Proto byly zpracovány průběhy teplot pouze ze 4 stromů. Dva z těchto stromů obsahovaly hnízda mravenců a všechny čtyři tvořily dvojice ve vzdálenosti cca 20m, proto byly srovnány průběhy teplot v dutinách obsazených a neobsazených. Jednalo se o stromy č. 5 a 17 (první dvojice) a č. 6 a 18 (druhá dvojice) viz tab. 5.

Pro demonstraci ovlivnění teplot dutin termoregulací mravenců, byla vybrána dvě kontrastní období - konec zimy (březen) a léto (červen). V březnu byly v jádru dutin zaznamenány u první dvojice stromů podobné teploty. Maximální teploty (u dutin s mravenci) se v obou případech pohybovaly zhruba mezi 26-28 °C, kdežto v hnízdech bez mravenců dosahovaly pouhých 10 °C. Minimální teploty naopak byly stejné, činily 0 °C. Co se týče průměrných teplot, byly opět velmi podobné. Dosahovaly intervalu od 4 °C do 6 °C (obr. 2-3). Obsazené dutiny měly vyšší teploty než dutiny bez mravenců (viz tab. 9). Rozdíly byly statisticky signifikantní.

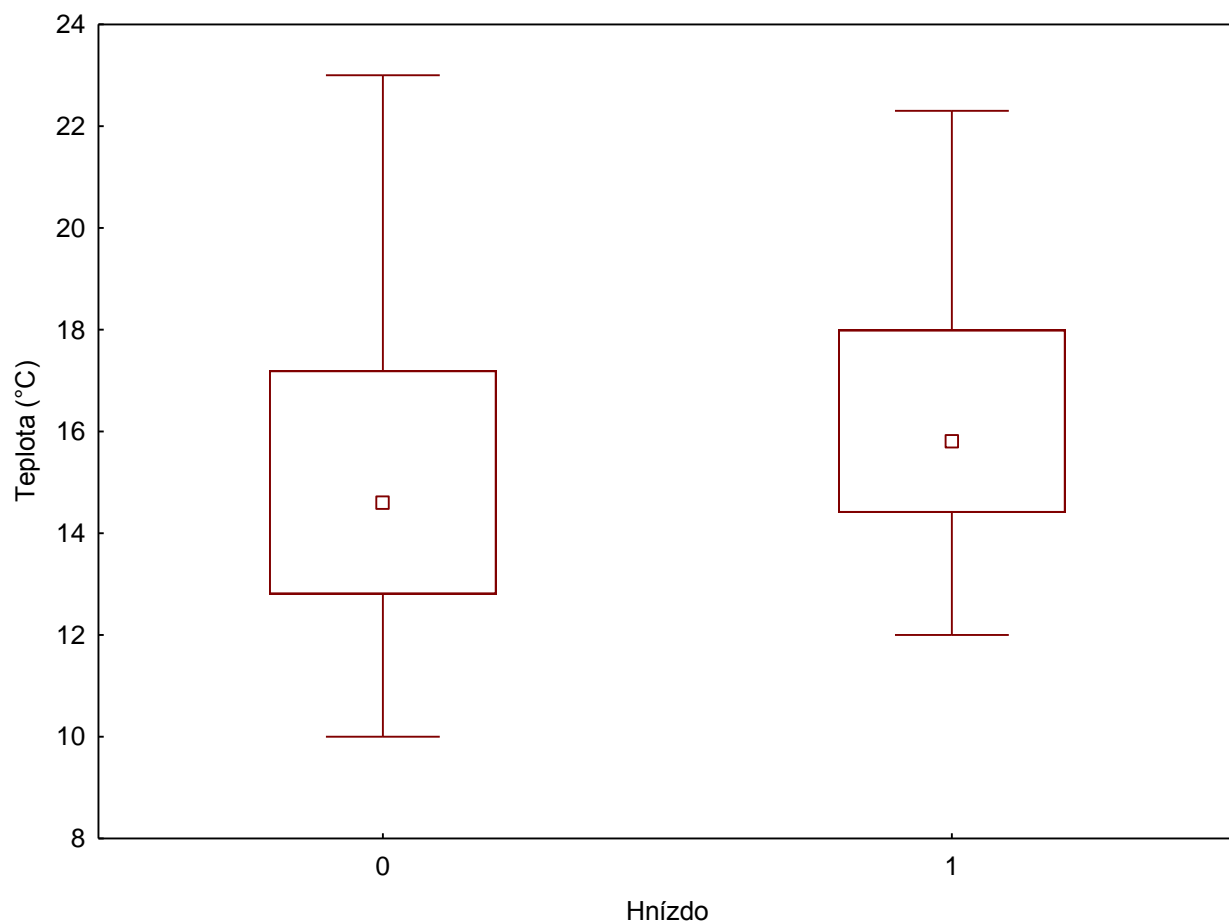
Podobné výsledky byly zjištěny v měsíci červnu, kdy maximální teploty dosahovaly průměru 22 °C v obou repetičích hnízd s mravenci. Minimální teploty neklesaly pod 10 °C, ale v hnízdech s mravenci byly vyšší (zhruba o 2-3 °C). Průměrné teploty neklesaly pod 14 °C, pohybovaly se řádově od 14-16 °C (obr. 4-5), tyto rozdíly byly rovněž statisticky signifikantní (viz tab. 5).



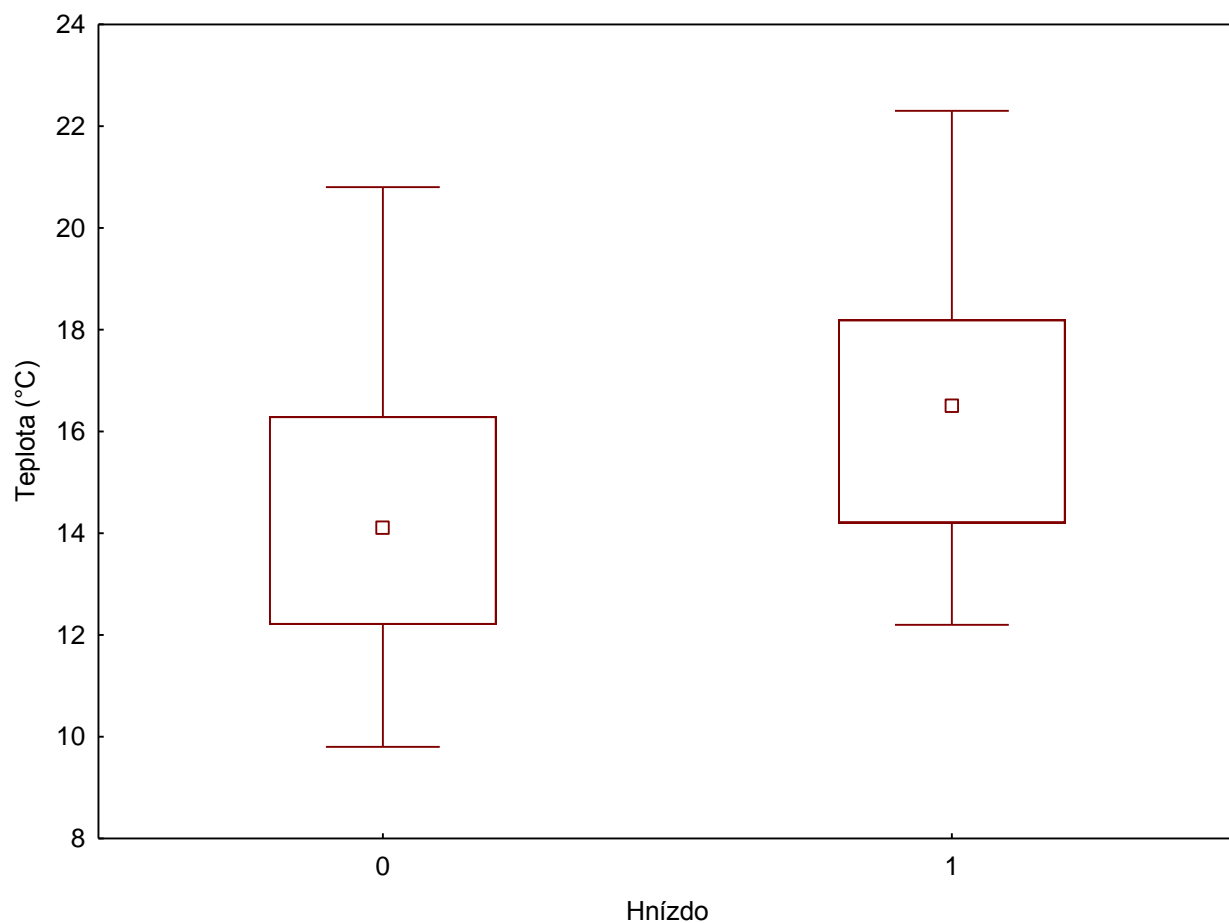
Obr. 2 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci *Camponotus ligniperda* (1) v březnu 2015



Obr. 3 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci *Camponotus ligniperda* (1) za březen 2015



Obr. 4 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci *Camponotus ligniperda* (1) v červnu 2015



Obr. 5 Minimální, maximální a průměrné teploty v dutině stromů bez mravenců (0) a v hnízdě s mravenci *Camponotus ligniperda* (1) za červen 2015

Tab. 5 Výsledky srovnání teplot ve dvou dvojicích stromů s obsazenou a neobsazenou dutinou (Mann - Whitney U Test)

Měsíc	Dvojice stromů	Z	p
Leden	1.	- 14,68	0,00
Leden	2.	33,13	0,00
Únor	1.	4,19	0,00
Únor	2.	- 36,04	0,00
Březen	1.	- 15,22	0,00
Březen	2.	2,87	0,00
Duben	1.	0,57	0,56
Duben	2.	5,89	0,00
Květen	1.	- 11,73	0,00
Květen	2.	- 30,11	0,00
Červen	1.	- 11,12	0,00
Červen	2.	- 19,78	0,00
Červenec	1.	- 4,10	0,00
Červenec	2.	- 28,12	0,00
Srpen	1.	- 2,75	0,00
Srpen	2.	- 20,50	0,00
Září	1.	- 8,30	0,00
Září	2.	- 15,13	0,00
Listopad	1.	- 2,15	0,03
Listopad	2.	6,54	0,00
Prosinec	1.	- 5,27	0,00
Prosinec	2.	8,05	0,00

Ve většině případů byla v obsazených dutinách vyšší teplota, s výjimkou jedné dvojice stromů v dubnu (tab. 5).

Tab. 6 Horizontální rozsah hnízdních dutin mravenců

Strom číslo	Výška dutiny (m)	
	Spodní okraj	Horní hranice
5	-	1,2
6	0,2	3,2
8	-	2
9	0,2	0,6
10	1,2	2
11	-	1,4
12	0,2	0,8
13	0,2	0,6
15	-	1,4
17	-	0,8
18	-	0,8

Většina hnízd zasahovala svým spodním okrajem do báze stromů, většina dutin zasahovala do výšky cca 1 m, jediné hnízdo dosahovalo až do výšky 3,2 m. Za hnízdní dutinu byla považovaná voštinová struktura hnízda či chodby mravenců (tab. 6).

Tab. 7 Parametry studovaných stromů, objem dutin a podíl dutin na celkovém objemu

Číslo stromů	Výška (m)	Tloušťka (cm)	Celkový objem stromů (m ³) (získán z objemových tabule)	Zdravá část kmene (m ³)	Poškozená část kmene (m ³)	Poškozená část (%)
5	24	43,3	1,62	1,10	0,22	13,6
6	37	51,6	3,3	1,73	0,89	27
8	31,4	50,5	2,59	0,82	0,12	4,6
9	20	44,3	1,35	1,85	0,11	8,15
10	23,4	26,7	0,60	1,33	0,35	58,3
11	18,8	55,4	-	1,23	0,37	-
12	20	26,8	0,53	1,09	0,20	37,7
13	19,4	41,9	1,18	0,50	0,17	14,4
15	16,2	36	0,76	0,84	0,11	14,5
17	28,2	52,8	2,5	0,14	0,16	6,4
18	25,6	55,2	2,63	0,87	0,19	7,2

Tloušťky napadených stromů se pohybovaly mezi 26-56 cm a výška mezi 13-31 m (tab. 7). V napadených částech stromů téměř vždy převažoval objem kmene mravenci nenapadeného nad napadeným s výjimkou stromu č. 17, kdy napadená část byla vyšší o cca 2 setiny m³ (tab. 7). Dutina představuje jen malou část dřevní hmoty stromu (tab. 7), jejíž hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,11-0,89 m³/strom a reprezentovaly jen 4,6-58,3 % (tab. 7).

Počet studovaných stromů na jednotlivých lokalitách se pohyboval mezi 21-103 stromy (tab. 9-13).

Tab. 8 Průměrné počty zdravých a poškozených (průměr ± SD průměrných počtů) na studovaných lokalitách, průměrná zásoba porostu na ha a průměrná zásoba porostu na jednotlivých zkoumaných plochách

Lokalita	1	2	3	4	5
Zdravé stromy	67,8 ± 16,8	86,6 ± 14,9	37,4 ± 9	78,8 ± 14	64,6 ± 17,8
Poškozené stromy	0	0,2 ± 0,4	0,8 ± 0,9	0,6 ± 0,4	0,8 ± 1,2
Poškozené stromy v %	0	0,23	2,14	0,76	1,24
Průměrná zásoba porostu na ha (m³)	406,2	403,6	367,4	239,6	401
Zásoba porostu poškozená dřevokazy (m³)	0	0,93	7,9	1,8	4,97

Průměrný počet kvantifikovaných stromů v každé porostní skupině byl 337,6, z čehož průměr nenapadených činil 335,2. Průměrný počet poškozených stromů činil 0,6 stromu na plochu. Podobné hodnoty se týkaly stromů v blízkosti cest, jejichž průměr byl v rozmezí 0,2-0,6 stromu na plochu (tab. 9-13). Počet poškozených stromů na studovaných lokalitách se pohyboval 0-2 %, což odpovídalo cca 8 m³ zásoby porostu poškozeného dřevokazy. Průměrná zásoba porostu na hektar vycházela od 239,6 m³ do 406,2 m³ (tab. 8).

6. Diskuze

Mravenec dřevokaz je běžným druhem, zvláště na území České republiky (Vysoký 1995), což potvrdila i naše studie, protože hnízda byla nalezena ve všech pěti studovaných lokalitách. Vyskytuje se sice hlavně v nížinách, ale i jinde je jeho výskyt běžný, jako např. v horách (Vysoký 1995).

Dřevokazové využívají jehličnany (např. smrky, jedle, borovice), jako svoji hostitelskou rostlinu (Švestka et al. 1996). Ve smrkových lesích obecně mravenci preferují zejména mladší a tudíž i světlejší porosty (Punntila et al. 1991, 1994, Niemelä et al. 1996), čemuž úplně neodpovídá stáří studovaných porostů, protože nalezená hnízda mravenců dřevokazů se nacházela ve smrkových porostech, jež byli starší 60 let (viz tab. 4), ale s dostatkem slunečního svitu.

Ve studii byl zjištěn rozsah obsazené dutiny maximálně do 2 m. Vysoký (1995) tvrdí, že chodby mohou být dlouhé i několik metrů a v některých případech mohou dosahovat výšky až 10 m. Tento fakt pravděpodobně závisí na stáří kolonie. Chen et al. (2002) tvrdí, že hnízdo je obvykle svou bazální částí v úrovni se zemí, což ale platí pro stromy vysoké 3-7 metrů. Pařezová část stromů nebyla studována, ale minimálně v případě několika stromů, byly obsazené dutiny pozorovány na řezu pařezu.

Ve středoevropských podmínkách je pro prosperitu hnízd nejdůležitější oslunění na počátku jara (Elmes & Wardlaw 1982), což zvyšuje aktivitu mravenců (Gano & Rogers 1983, Porter & Tschinkel 1987). U hnízd dřevokazů byla zjištěna aktivita mravenců právě na jaře až ke konci měsíce dubna, jelikož se jednalo o vlhké a stinné údolí.

V hnízdech mravenců byly zjištěny vyšší teploty než u neobsazených dutin. Z naměřených hodnot je možné si všimnout, že i v zimních měsících (konkrétně v březnu) minimální teploty v dutině neklesly pod bod mrazu. Naopak maximální teploty se u stromu s mravenci pohybovaly kolem 26-28 °C, kdežto v hnízdech bez mravenců dosahovaly pouhých 10 °C. Průměrné teploty byly naopak velmi podobné, a to 4-6 °C.

V měsíci červnu minimální teploty neklesaly pod 10 °C, ale v hnízdech s mravenci dosahovaly hodnot o poznání vyšších (cca o 2-3 °C). Maximální teploty dosahovaly

22 °C v obou repetičích hnízd s mravenci, což představuje menší teplotu, než za měsíc březen. Může to být způsobeno tím, že v jarním období mohl být porost osluněn. Průměrné teploty se pohybovaly v rozmezí od 14 do 16 °C.

Jones, Oldroyd (2006) tvrdí, že většina druhů sociálního hmyzu je schopna regulovat teplotu ve svých hnízdech.

Kadochová, Frouz (2014) uvádí, že v jádru mravenčích hnízd je stabilní teplo. Je to způsobeno tím, že hnízda jsou z organického materiálu, jež má dobré izolační vlastnosti. U mravenců stavících si kupovitá hnízda je známo, že jejich teplota je silně ovlivněna metabolickým teplem mravenců i mikroorganismů, které rozkládají hnízdní materiál. Hnízda zastíněná dosahovala nižších teplot, což poukazuje na silnou korelaci hnízdní teploty na slunečním záření. Lze to vysvětlit nízkou produkcí metabolického tepla vzniklého rozkladem hnízdního materiálu, půdou či nízkým množstvím organické hmoty (Véle, Holuša in prep.).

Některé druhy mravenců rodu *Formica*, např. *Formica obscupires* Forel, 1886, či mravenci rodu *Acromyrmex* (*Acromyrmex heyeri* (Forel, 1899)) využívají rostlinné fragmenty jako stavební materiál, protože při použití v husté kompaktní vrstvě má nižší tepelnou vodivost než okolí půdy a zabraňuje přehřátí hnízda během dne a úniku tepla v noci (Kadochová, Frouz 2014).

Véle, Holuša (2008) tvrdí, že na teploty v hnízdech má vliv zarůstání mravenišť vegetací. Tuto informaci nelze potvrdit, ani vyvrátit, protože studovaná hnízda se nacházela v dutinách stojících stromů.

Podle Ždárka (2013), dřevokazi svými chodbami znehodnocují dřevní hmotu stromů i dřevěných výrobků. Chen et al. (2002) tvrdí, že způsobují rozsáhlé škody vykousáváním dřeva a tedy rozšiřováním hnízd a tudíž je řadí mezi světové škůdce, ale jejich význam byl zanedbatelný dle výsledných objemů z výzkumu. I ve studovaných lokalitách byl podíl napadených stromů malý. Část stromů znehodnocená hnilobou a hnízdy mravenců se pohybovala v hodnotách od 0,11-0,89 m³ na strom. Tomuto výsledku odpovídá i objem v poškozených porostech, který byl též nepodstatný, činil 0,93-7,9 m³ na ha.

Škodlivost mravenců rodu *Camponotus* je tedy diskutabilní. Nejen, že napadají již hnilobou napadené stromy, objem poškozeného dříví je malý jak v případě jednotlivých stromů, tak i celých porostů. Za další negativní působení je sice možno považovat schopnost chovat mšice a z nich získávat medovici (Halík 1924), na druhou stranu představují rovněž aktivní predátory, mezi jejichž potravu patří i defoliátoři (Chen et al 2002).

Použitá literatura

- Albrecht M., Gotelli N.J.** 2001: Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. *Oecologia* 126. str. 134 – 141.
- Andersen A.N.**, 1990: The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 13: 285–293.
- Alinvi O., Bohlin J., Ball J.P.**, 2008: Interspecific competition among ants in the boreal forest: Testing predictions from a linear hierarchical competition model. *Insectes Sociaux*, 55: 1-11.
- Andersen A.N.**, 1995: A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography* 22: 15-29.
- Arnan X., Rodrigo A., Retana J.**, 2007: Uncoupling the effects of shade and food resources of vegetation on Mediterranean ants: an experimental approach at the community level. *Ecography*, 161-172.
- Azcarate F.M., Kovacs E., Peco B.**, 2007: Microclimatic conditions regulate surface activity in harvester ants *Messor barbarus*. *Journal of Insect Behavior*, 20: 315-329.
- Banschbach V.S., Levit N., Herbers J.M.**, 1997: Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism? *Insectes Sociaux*, 44: 109-122.
- Bestelmeyer B.T., Agosti D., Alonso L.E., Brandao C.R.F., Brown W.L., Delabie J.H.C., Silvestre R.**, 2000: Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants. An Overview, Description and Evaluation. In: Agosti D., Majer J.D., Alonso L.E. Schultz T.R. (Eds), *Ants: standard methods for Measuring and monitoring biodiversity*. Washington D.C.: Smithsonian institution press, p. 122-144.
- Bezděčka P., Bezděčková K.** Mravenci ve sbírkách českých, moravských a slezských muzeí. 1. vydání. Jihlava: Muzeum Vysočiny, 2011. s. 147. ISBN 978-80-86382-38-8.
- Bolibok L., Andrzejczyk T.**, 2008: Analysis of birch and pine seedling density in regeneration gaps on the basis of solar radiation model. *Sylvan*, 152: str. 10-19
- Brown W.D., Keller L.**, 2006: Resource supplements cause a change in colony sex ratio specialization in the mound-building ant, *Formica exsecta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60:612–618.
- Culek, M.** Biogeografické členění České republiky. 1. vydání. Praha: Enigma, 1995. 347 s. ISBN 80-85368-80-3. Kapitola 1.32: Děčínský bioregion, s. 140-144.
- Cushman J.H., Martinsen G.D., Mazeroll A.I.**, 1988: Density and size dependent sparing of ant nests: evidence for intraspecific competition. *Oecologia*, 77: 522-525.
- Correa M.M., Fernandes W.D., Leal I.R.**, 2006: Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) from Capoes in Brazilian Pantanal: Relationship between species richness and structural complexity. *Neotropical Entomology*, 35: 724-730.
- Czechowski W., Radchenko A., Chechowska W.** 2002: The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland. Warszawa: Museum and institute of zoology PAS.

- Dauber J., Bengtsson J., Lenoir L.**, 2006: Evaluating effects of habitat loss and land use continuity on ant species richness in seminatural grassland remnants. *Conservation Biology*, 20: 1150-1160.
- Dauber J., Wolters V.**, 2005: Colonization of temperate grassland by ants. *Basic and Applied Ecology*, 6: 83-91.
- Deslippe R.J., Savolaninen R.**, 1995: Sex investment in a social insect: the proximate role of food. *Ecology*, 76: 375-382.
- Drees B.B.M., Summerlin B., Vinson S.B.**, 2007: Foraging activity and temperature relationship for the red imported fire ant. *Southwestern Entomologist*, 32: 149-155.
- Elmes G. W., Wardlaw J. C.**, 1982: A population study of the ants *Myrmica sabuleti* and *Myrmica scabrinodis* living at two sites in the south of England. II. Effect of above nest vegetation. *Journal of Animal Ecology*, 51: 665 – 680.
- Frouz J.**, 2000: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*, 47, str. 229–235.
- Challet M., Jost C., Grimal A., Lluc J., Theraulaz G.**, 2005: How temperature influences displacements and corpse aggregation behaviors in the ant *Messor sancta*. *Insectes Sociaux*, 52: 309-315.
- Chen Y., Hansen L.D., Brown J.J.** Nesting Sites of the Carpenter Ant, *Camponotus vicinus* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in Northern Idaho. *Environmental Entomology*. vol. 31 (6), str. 1037-1042, 2002.
- Chikoski J.M., Ferguson S.H., Meyer L.**, 2006: Effects of water addition on soil arthropods and soil characteristics in a precipitation-limited environment. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 30: 203-211.
- Gallé L.**, 1973: Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* Retz. (Hymenoptera: formicidae). *Acta Biologica*, 19: 139-141.
- Gallé L.**, 1991: Structure and succession of ant assemblages in a north European sand dune area. *Holarctic Ecology*, 14: str. 31-37
- Gano K. A., Rogers L. E.**, 1983: Colony density and activity times of the ant *Camponotus semitestaceus* (Hymenoptera, Formicidae) in a shrub steppe community. *Annals of Entomological Society of America*, 76: 958-963.
- Gibb H., Hochuli D.F.**, 2003: Nest relocation in the golden spiny ant, *Polyrhachis ammon*: environmental cues and temporal castes. *Insectes Sociaux*, 50: 323 – 329.
- Halík L.** Brehmův život zvířat. D. 1, Bezobratlí. 1. vydání. Nakladatelství Josef Hork, v Praze. 1929. st. 534.
- Herbers J.M., Banschbach V.S.**, 1998: Food supply and reproductive allocation in forest ants: repeated experiments give different results. *Oikos*, 83: 145-151.
- Hölldobler B., Wilson E.O.** Cesta k mravencům. 1. vydání. Nakladatelství Akademie věd České republiky, 1997. str. 198. ISBN 80-200-0612-5.
- Hölldobler B., Wilson E.O.**, 1990: *The Ants*. Berlin: Springer Verlag.
- Instrumento Regent** [online]. Kanada: Regent Instruments Inc, [1996-2015] [cit. 29.3.2016]. Dostupné z WWW: http://www.regentinstruments.com/assets/winrhizo_about.html

- Instrumento Regent** [online]. Kanada: Regent Instruments Inc, [1996-2015] [cit. 29.3.2016]. Dostupné z WWW:http://www.regentinstruments.com/assets/winfolia_about.html
- Jones J.C., Oldroyd B.P.** Nest Thermoregulation in Social Insects. *Advances in Insect Physiology*. vol. 33. str. 153-191.
- Jurgensen M.F., Storer A.J., Risch A.C.**, 2005: Red wood ants in North America. *Annales Zoologici Fennici*, 42: 235-242.
- prof. Ing. Křístek J., Drsc., prof. RNDr. Ing. Urban J., CSc.** Lesnická entomologie 1. vydání. Nakladatelství Akademie věd České republiky 2004. 446 str. ISBN 80-200 1052-1.
- Kudela M.** Atlas lesního hmyzu, Škůdci na jehličnanech. 1. vydání. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, 1970. 287 str. ISBN 07-017-70.
- Laine K. J., Niemelä, P.**, 1989: Nests and nest sites of red wood ants (Hymenoptera, Formicidae) in subarctic Finland. *Annales Entomologica Fennici*, 55: 81 – 87.
- Liira J., Sepp T., Parrest O.**, 2007: The forest structure and ecosystem quality in conditions of anthropogenic disturbance along productivity gradient. *Forest Ecology and Management*, 250: str. 34-46
- Lopéz F., Serrano J.M., Acostaet F.J.**, 1992: Temperature-vegetation structure interaction: the effect on the activity of the ant *Messor barbarus* (L.). *Plant Ecology*, 99 100: 119-128.
- Mabelis A.A., Korczyńska J.**, 2001: Dispersal for survival: Some observations on the trunk ant (*Formica truncorum* Fabricius). *Netherlands Journal of Zoology*, 51: 299–321.
- Markó B., Czechowski W.**, 2004: *Lasius psammophilus* Seifert and *Formica cinerea* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) on sand dunes: conflicts and coexistence. *Annales Zoologici Fennici*, 54: 365–378.
- Martin A.J.**, 1987: Ants and forest protection. In: Ljervij, T. (ed.). Eight Soviet Myrmecologist Symposium. Biological Institut of Soviet Academy of Sciences, Novosibirsk: 127-132.
- Menke S.B., Holway D.A.**, 2006: Abiotic factors control invasion by Argentine ants at the community scale. *Journal of Animal Ecology*, 75: 368-376.
- Morrison L.W.**, 1998: The spatiotemporal dynamics of insular ant metapopulations. *Ecology*, 79: 1135-1146
- Nuruddin A.A., Tokiman L.**, 2005: Air and Soil Temperature Characteristics of Two Sizes Forest Gap in Tropical Forest. *Asian Journal of Plant Sciences*, 4: 144-148.
- Niemelä J., Haila Y., Punttila P.** The importance of small-scale heterogeneity in boreal forests: variation in diversity in forest-floor invertebrates across the succession gradient. *Ecography*, 19: 1996. 352 – 368.
- Oliveras J., Bas J.M., Casellas D., Gómez C.**, 2005: Numerical dominance of the Argentine ant vs. native ants and consequences on soil resource searching in Mediterranean Cork-Oak forests (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45: 643–658.

- Palladini J. D., Jones M. G., Sanders N. J., Jules E. S.**, 2007: The recovery of ant communities in regenerating temperate conifer forests. *Forest Ecology and Management*, 242: 619-624.
- Perfecto I., Vandermeer J.**, 1996: Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*, 108: 577-582.
- Pisarski B., Czechowski W.**, 1994: Ways to reproductive success of wood ant queens. *Memorabilia Zoologica*, 48: 181-186.
- Porter S. D., Tschinkel W. R.**, 1987: Foraging in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae): Effects of weather and season. *Environmental Entomology*, 16: 802 – 808.
- Punttila P., Haila Y.**, 1996: Colonisation of a burned forest by ants in the southern Finnish Boreal Forest. *Silva Fennica*, 30: 421- 435.
- Punttila P., Haila Y., Niemelä J., Pajunen T.**, 1994: Ant communities in fragments of old-growth taiga and managed surroundings. *Annales Zoologici Fennici*, 31: 131- 144.
- Punttila P., Haila Y., Tukia H.**, 1996: Ant communities in taiga clearcuts: habitat effects and species interaction. *Ecography*, 19: 16-28.
- Punttila P., Haila Y., Pajunen T., Tukia H.**, 1991: Colonisation of clearcut forests by ants in the southern Finnish taiga: a quantitative survey. *Oikos*, 61: 250-262.
- Retana J., Cerdá X.**, 2000: Patterns of diversity and composition of Mediterranean ground ant communities tracking spatial and temporal variability in the thermal environment. *Oecologia* 123: 436-444.
- Sadil J.** Naši mravenci. 1. vydání. Nakladatelství Orbis. Praha, 1955. str. 228.
- Savolainen R., Vepsäläinen K.**, 1989: Niche differentiation of ant species within territories of the wood ant *Formica polyctena*. *Oikos*, 56: 3-16.
- Savolainen R., Vepsäläinen K.**, 1988: A competition hierarchy among boreal ants: impact on resource partitioning and community structure. *Oikos*, 51: 135-155.
- Švestka M., Hochnut R., Jančařík V.** Praktické metody v ochraně lesa. Nakladatelství Silva Regina. Praha, 1996. 309 str. ISBN 80-902033-1-0.
- Vepsäläinen K., Savolainen R.**, 1990: The effect of interference by Formicine ants on the foraging of myrmica. *Journal of Animal Ecology*, 59: 643-654.
- Vepsäläinen K., Pisarski B.** 1982. Assembly of island ant communities. *Annales Zoologici Fennici*, 19: 327-335.
- Vepsäläinen K., Wuorenrinne H.**, 1978: Ecological effects of urbanization on the mound building *Formica* L. species. *Memorabilia Zoologica*, 29: 191-202.
- Verble R.M., Stephen F.M.** Occurrence of Carpenter Ants in Ozark Forests in Relation to Prescribed Fire and Stand Variables. *Southern Journal of Applied Forestry*. vol. 33, num. 1. 2009. str. 42-45.
- Véle A., Holuša J., Frouz J., Konvička O.** Local and landscape drivers of ant and carabid beetle communities during spruce forest succession. *European Journal of Soil Biology*, vol. 47, 2011, str. 349-356.
- Véle A.** Vliv abiotických a biotických faktorů na změnu společenstva mravenců v lesních porostech různého stáří. Depon in Palackého univerzita, Olomouci. 2009. Dizertační práce. str. 98.

Véle A., Holuša J., Frouz J., 2009: Ecological requirements of some ant species of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) in spruce forests. *Journal of Forest Science*, 55: str. 32-40.

Véle, Holuša in prep. Teplota hliněných hnízd mravenců (Hymenoptera: Formicidae) je jednoznačně ovlivněna slunečním zářením: implikation for ants management.

Vysoký V. Přehled technicky škodícího hmyzu na dříví. Nakladatelství Albis international . Ústí nad Labem. 1995. str. 296. ISBN 80-901761-1-9.

Ždárek J. Hmyzí rodiny a státy. 1. vydání. Nakladatelství Academia. Praha, 2013. str. 584. ISBN 978-80-200-2225-7.

Přílohy



Obr. 6 Pokácený strom č. 5



Obr. 7 Ukázka rozřezané báze kmene u č. 5



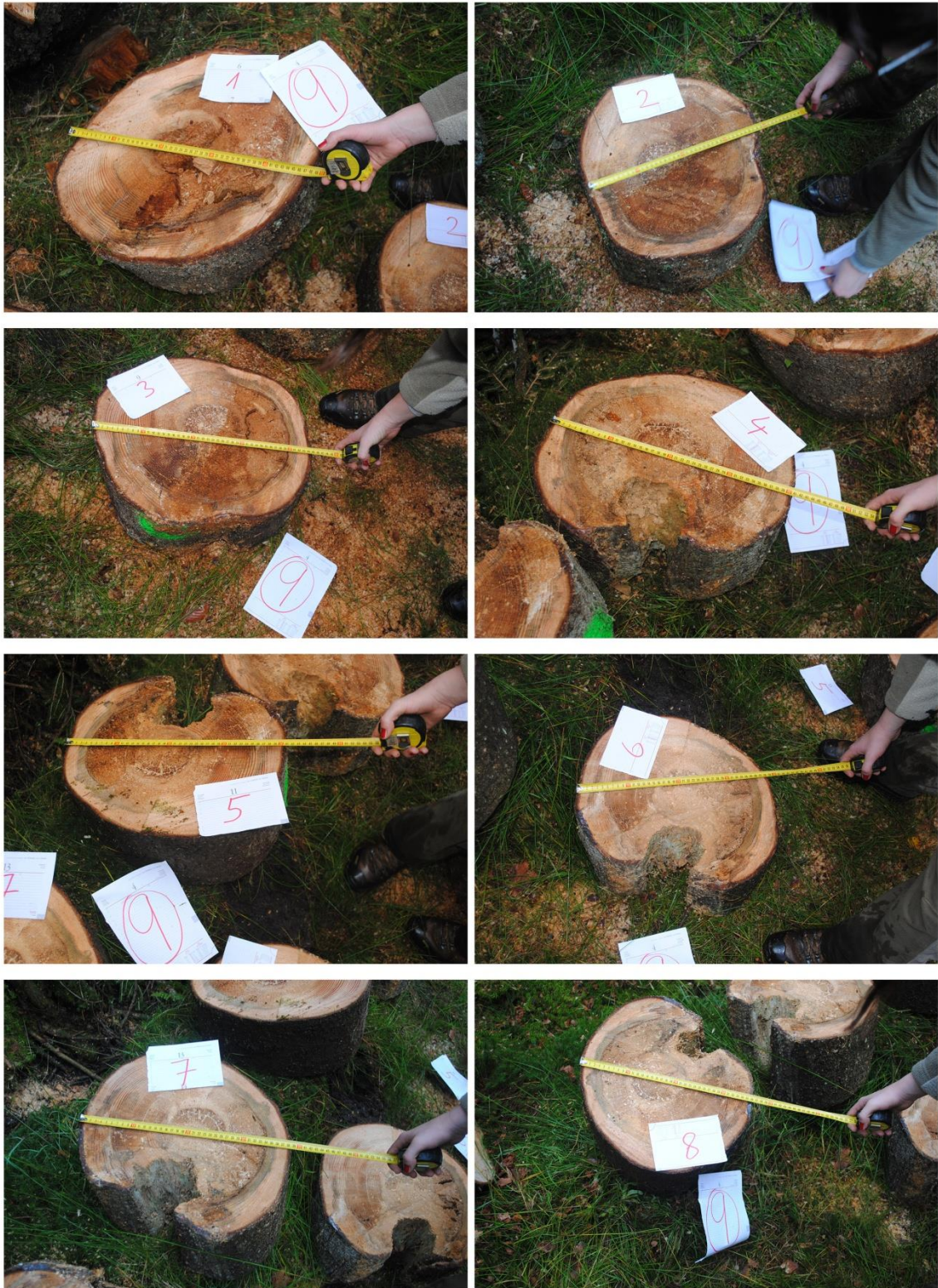
Obr. 8 Výřezy stromu č. 5



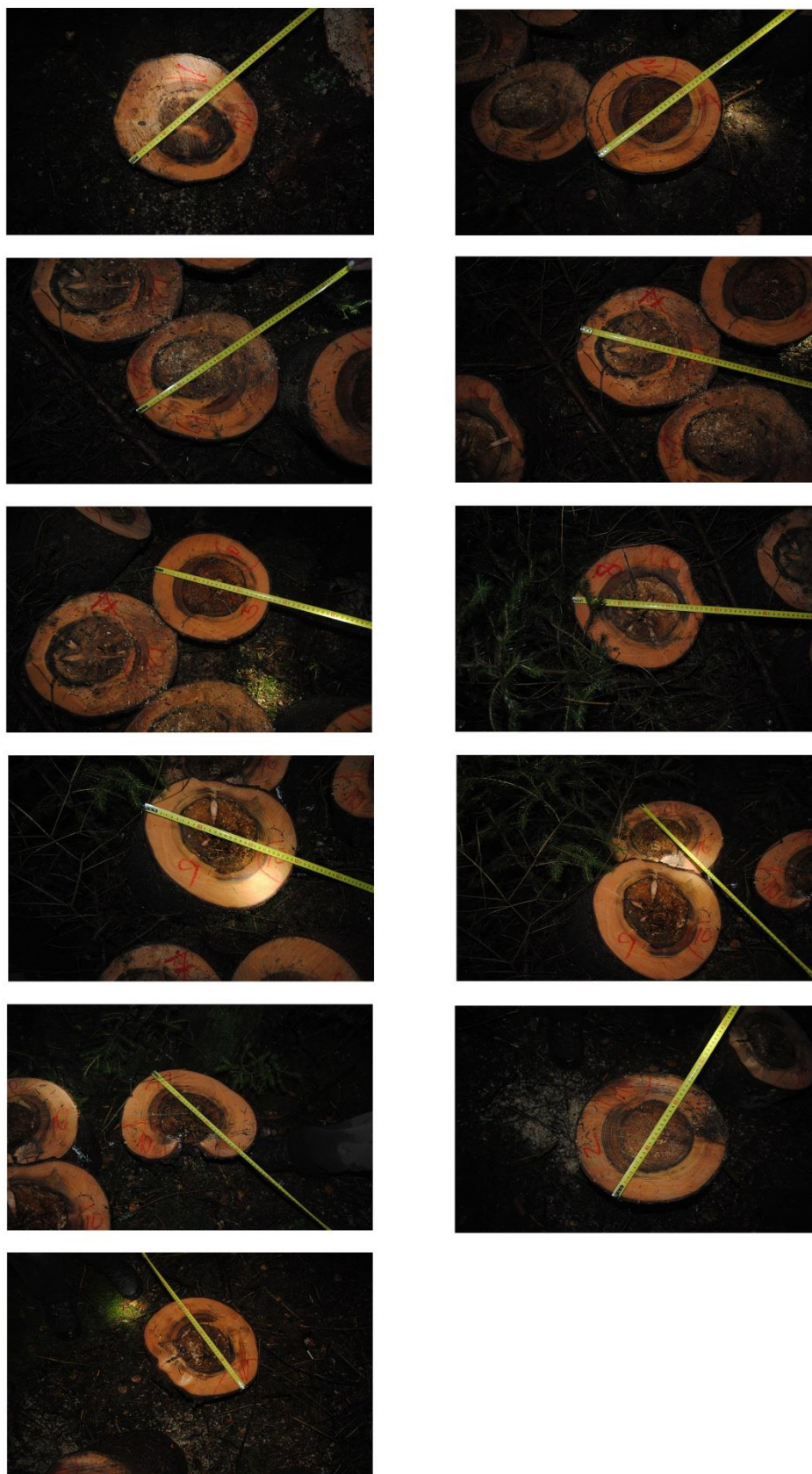
Obr. 9 Výřezy stromu č. 6



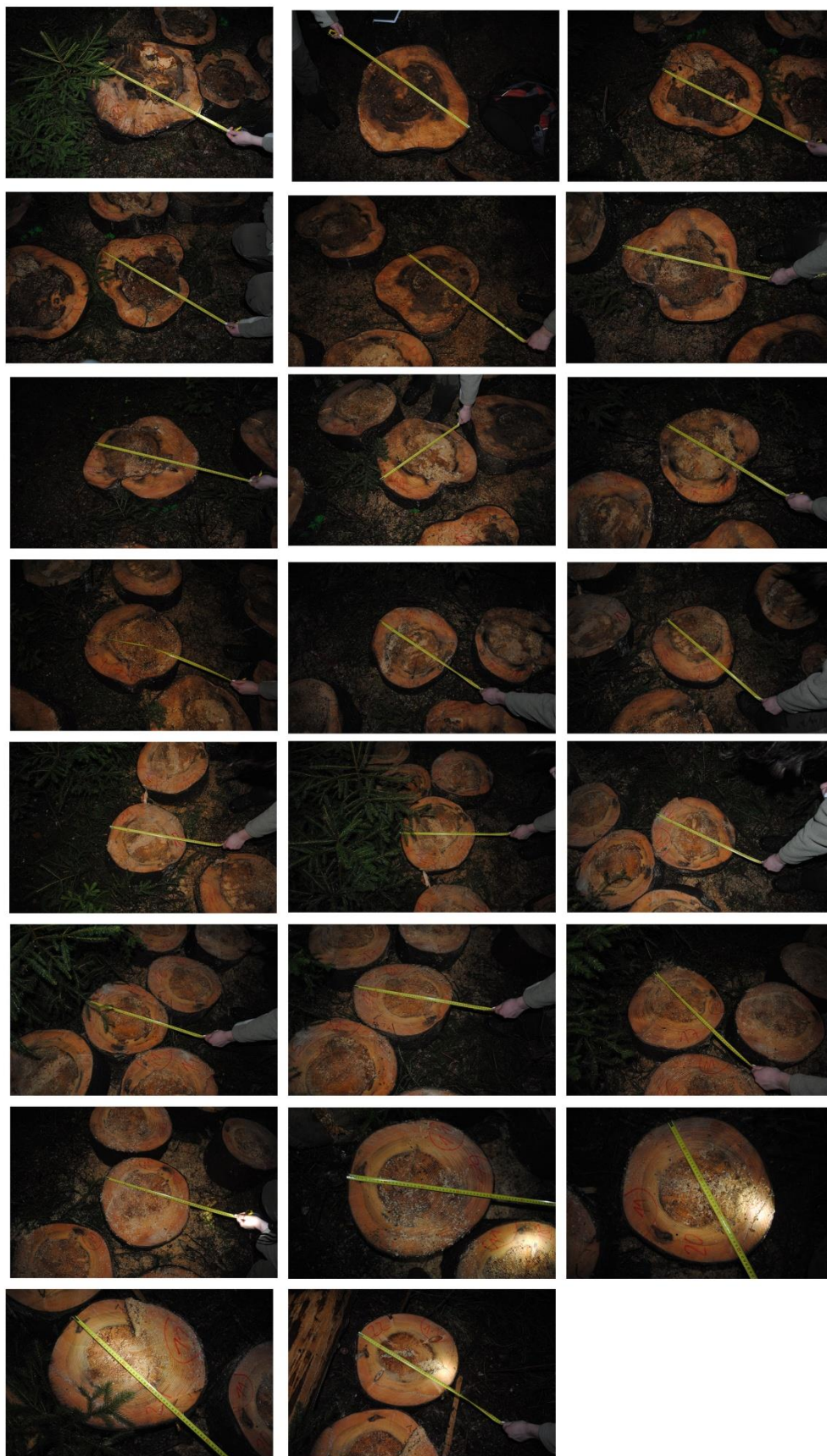
Obr. 10 Výřezy stromu č. 8



Obr. 11 Výřezy stromu č. 9



Obr. 12 Výřezy stromu č. 10



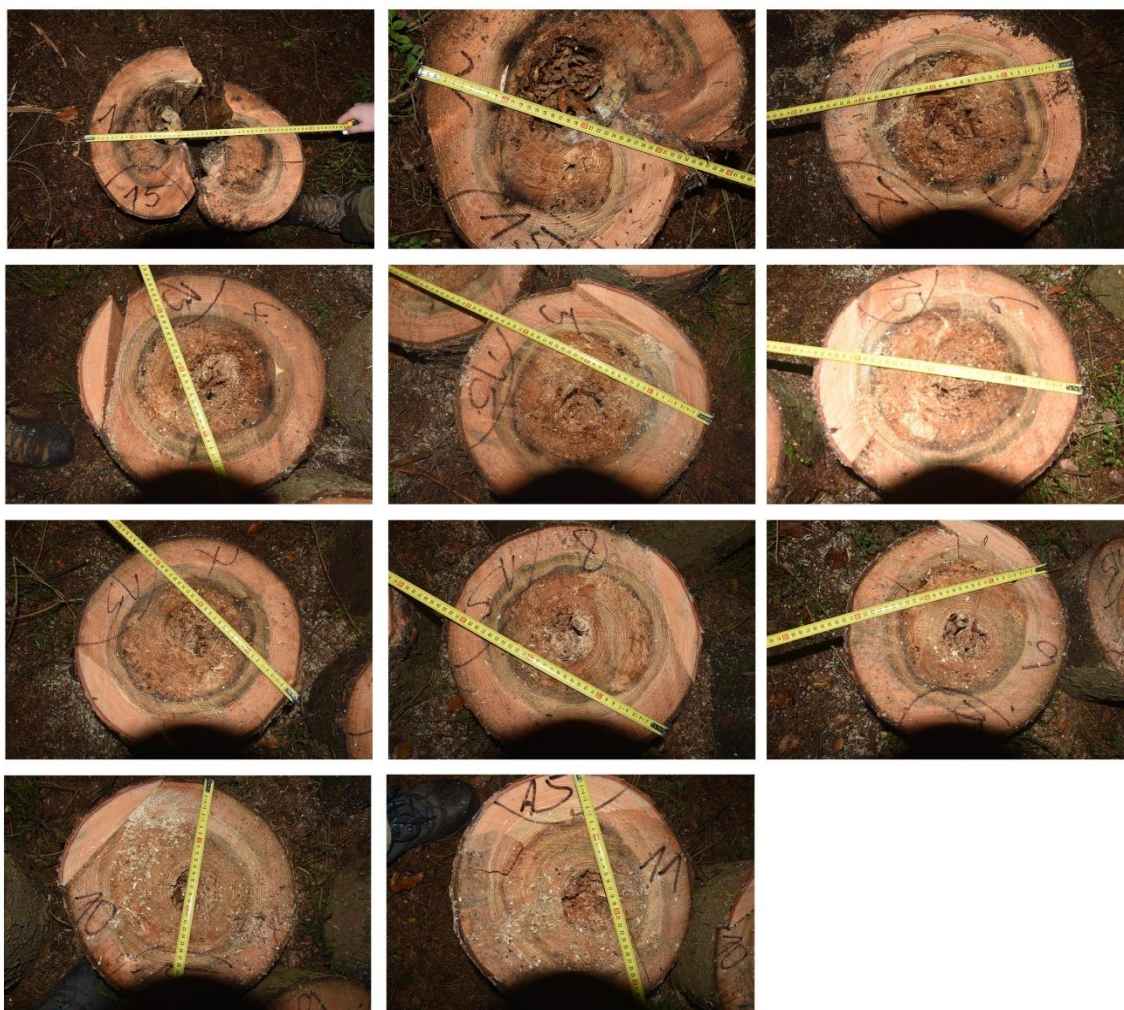
Obr. 13 Výřezy stromu č. 11



Obr. 14 Výřezy stromu č. 12



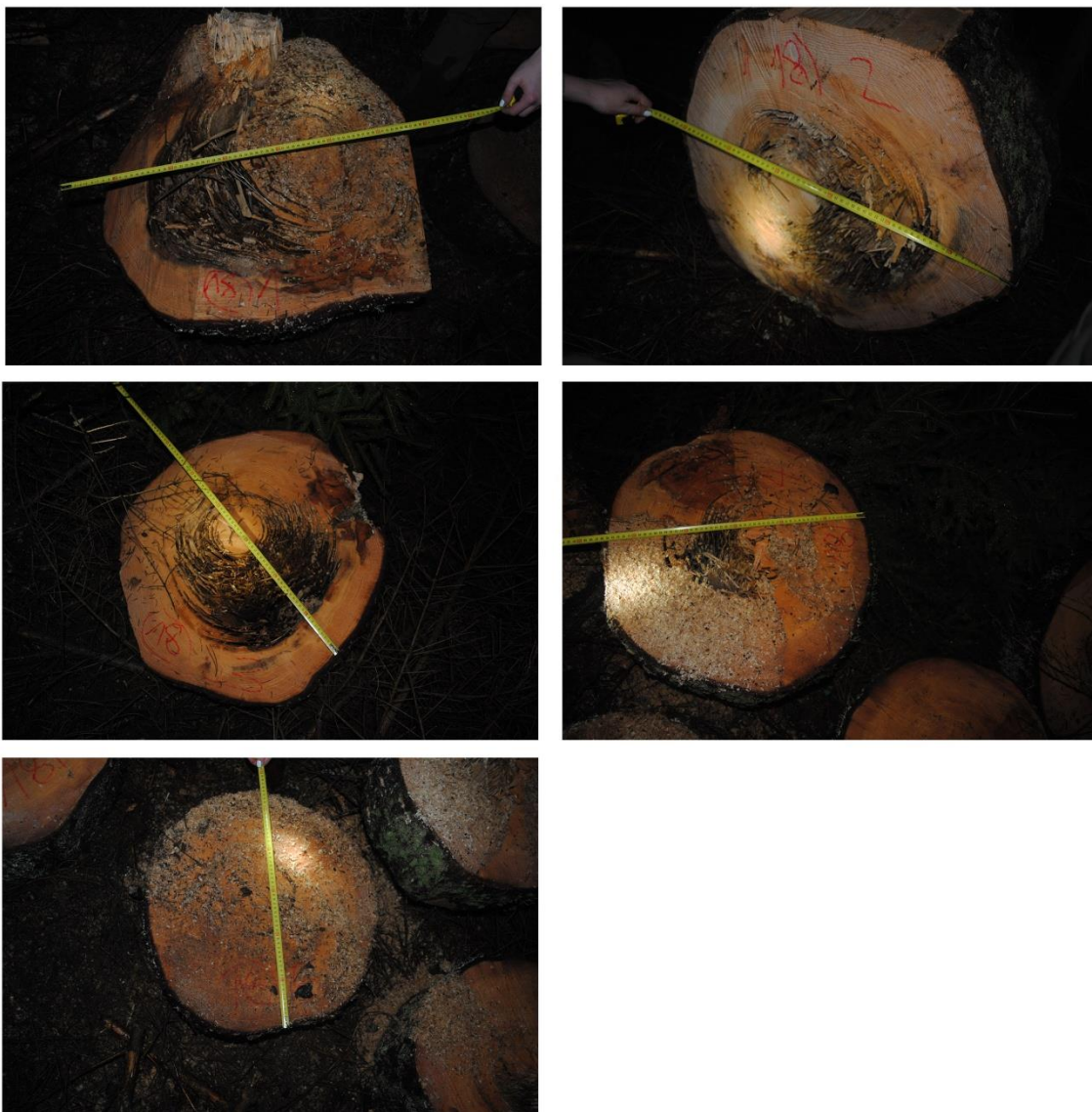
Obr. 15 Výřezy stromu č. 13



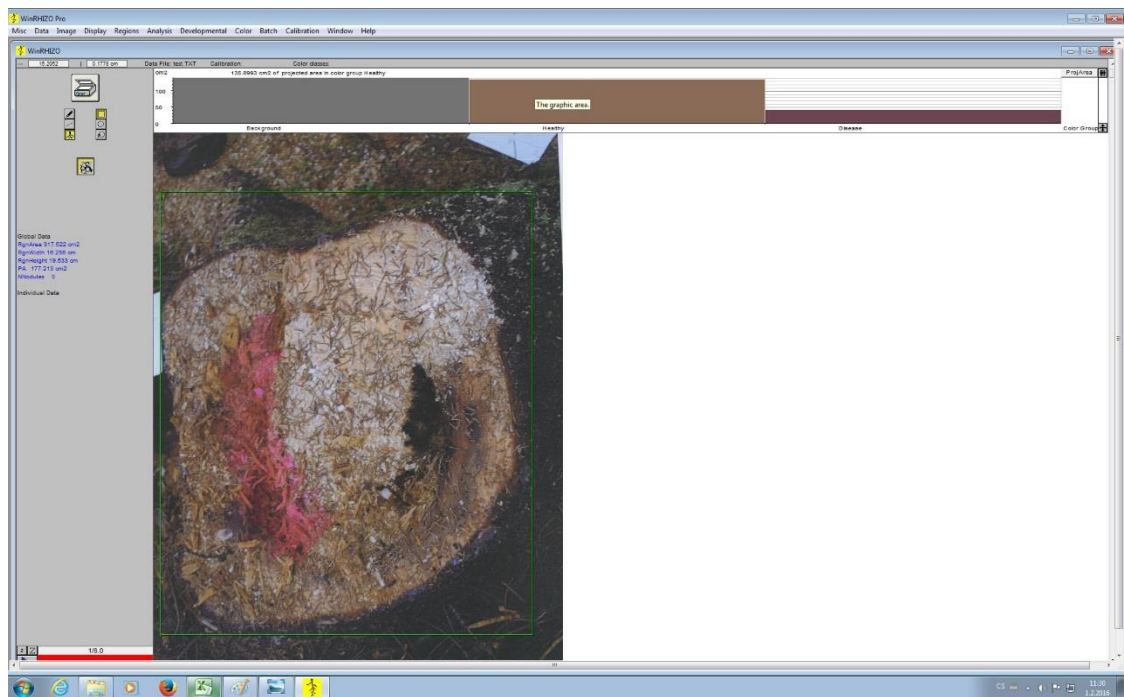
Obr. 16 Výřezy stromu č. 15



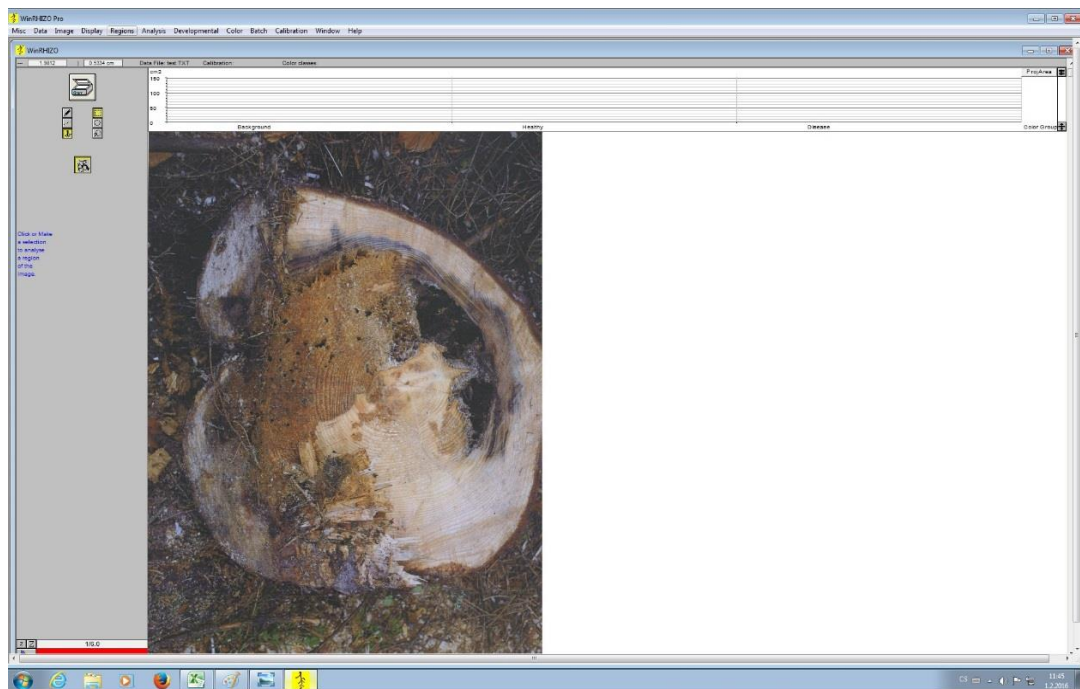
Obr. 17 Výřezy stromu č. 17



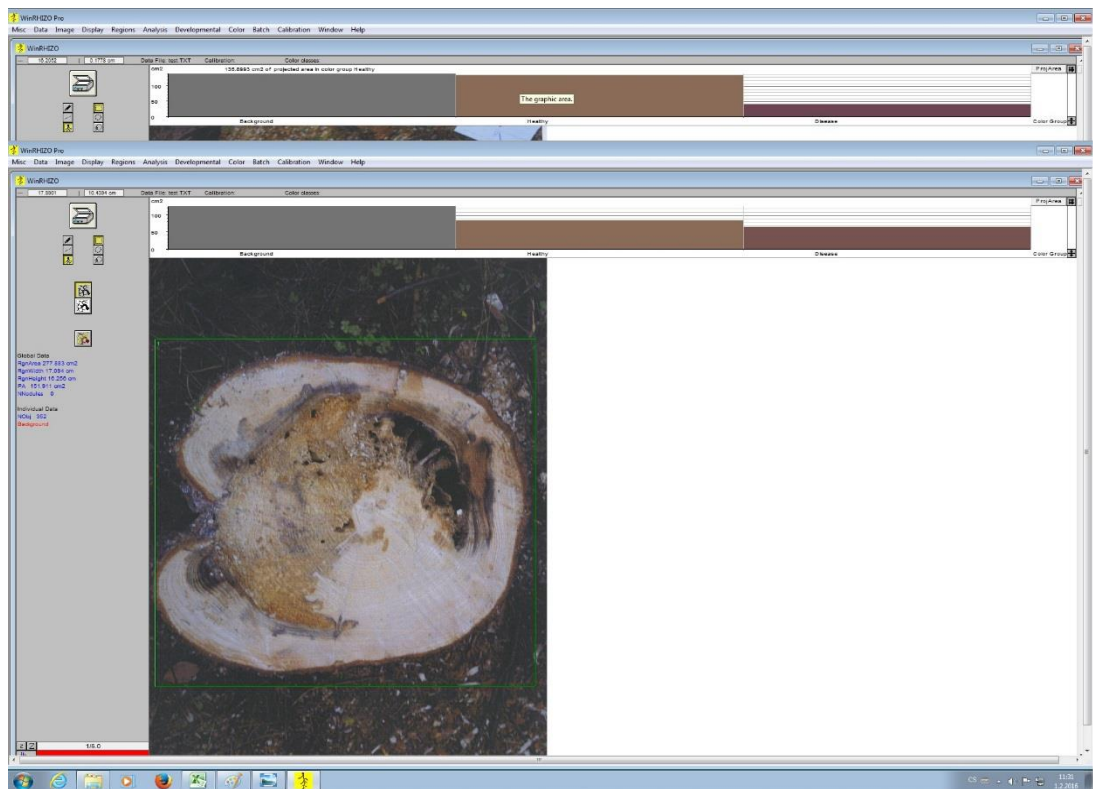
Obr. 18 Výřezy stromu č. 18



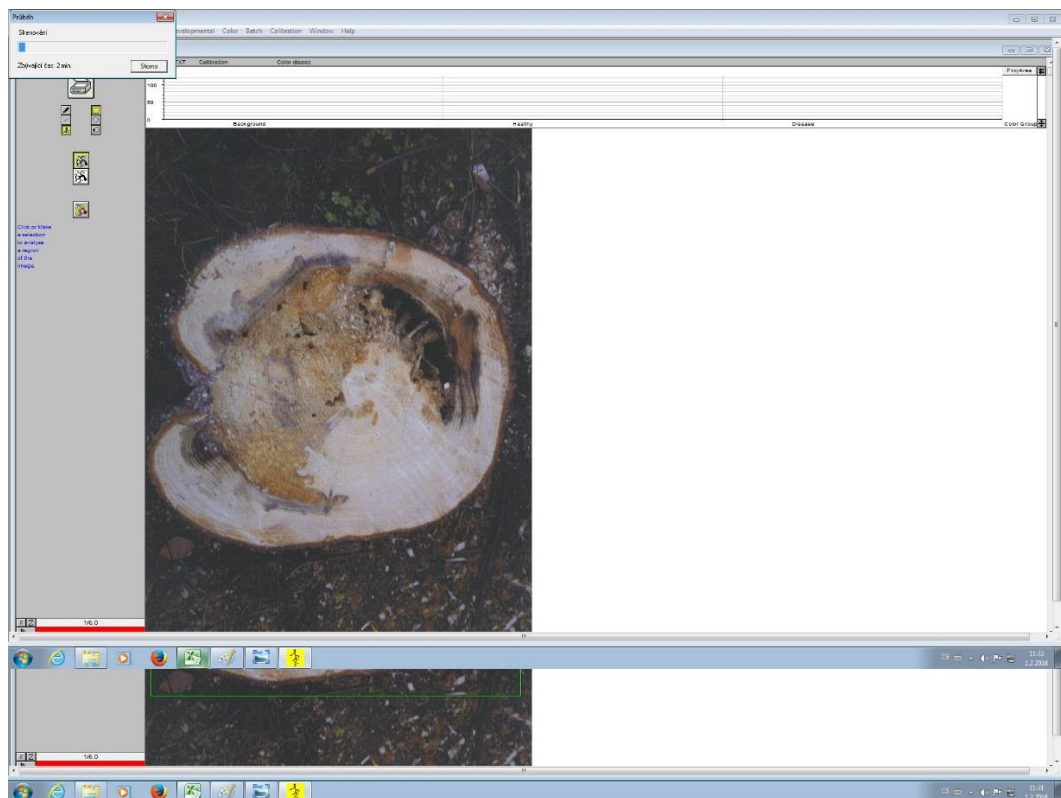
Obr. 19 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 1)



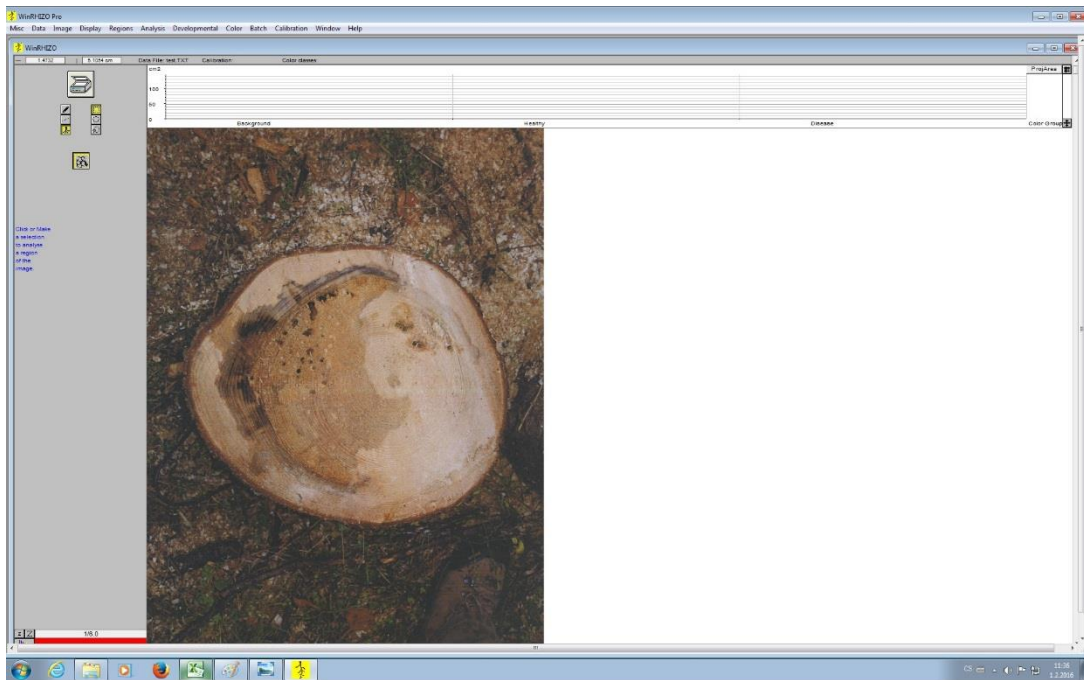
Obr. 20 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 2)



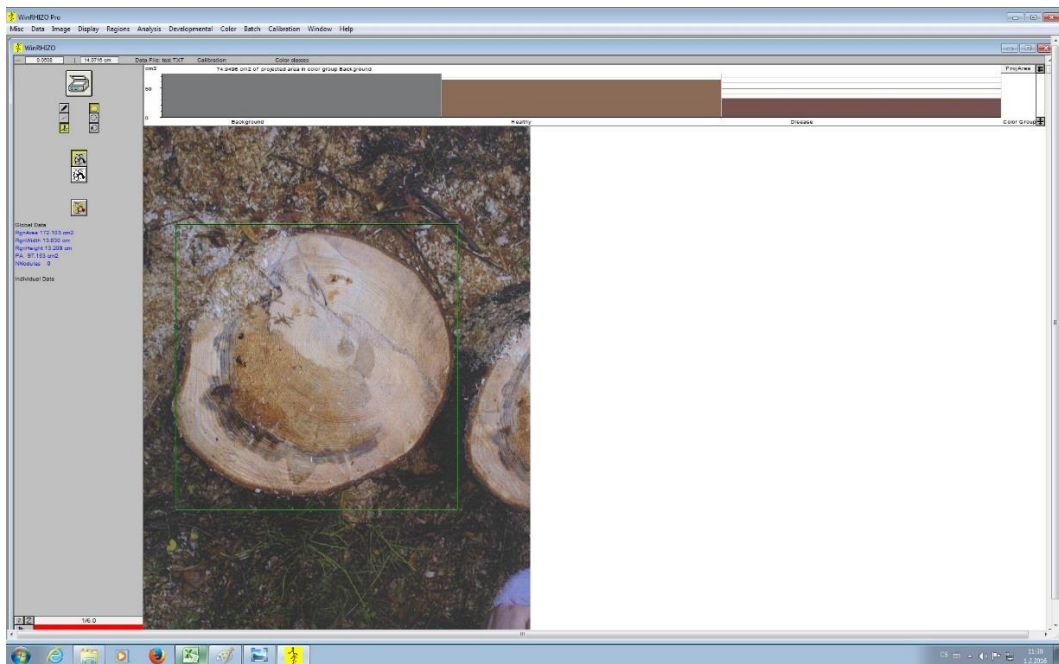
Obr. 21 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 3)



Obr. 22 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 4)



Obr. 23 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 5)



Obr. 24 Modelový příklad výřezů stromu č. 5 měřený ve Winrhizu (výřez 6)

Tab. 10 Kvantifikace v porostním oddělení Česká silnice

Porostní skupina	Počet zdravých stromů	Počet poškozených stromů	Počet poškozených stromů u cesty
432C8	103	0	0
432B10a	88	0	0
722A5	80	0	0
437D11b/1p	65	0	0
708A10a	97	0	1
Průměr	86,6 ± 14,9	0	0,2 ± 0,4

V tomto porostu (tab. 4) se vyskytovaly stromy s hnízdy vizuálně jasně patrnými, ale nenacházely se na mnou zvolené 300 arové ploše. V porostu se nachází přirozené zmlazení.

Tab. 11 Kvantifikace v porostním oddělení Kuní vrch

Porostní skupina	Počet zdravých stromů	Počet poškozených stromů	Počet poškozených stromů u cesty
805D10a	31	0	0
805D7v	42	1	0
805A8	50	1	0
804D8v	37	1	1
805D11v/1b	27	0	0
Průměr	37,4 ± 9	0,6 ± 0,5	0,2 ± 0,4

Tab. 12 Kvantifikace v porostním oddělení Tokáň

Porostní skupina	Počet zdravých stromů	Počet poškozených stromů	Počet poškozených stromů u cesty
716A8v/1w	97	0	1
716B8v/1v	73	0	1
716D9/1b	63	0	0
716D8v	67	0	1
602B11v	94	0	0
Průměr	78,8 ± 14	0	0,6 ± 0,4

Tab. 13 Kvantifikace v porostním oddělení Nová Tokáňská

Porostní skupina	Počet zdravých stromů	Počet poškozených stromů	Počet poškozených stromů u cesty
712A9v/1v	98	2	0
709C11	66	1	1
709C9c	59	0	0
707B7d	47	0	0
707B10a	53	0	0
Průměr	64,6 ± 17,8	0,6 ± 0,8	0,2 ± 0,4