

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Vliv poranění báze kmene na anatomickou stavbu  
jehlic borovice lesní**

**Bakalářská práce**

Brno 2014/2015

Daniel Drobný

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA  
ÚSTAV LESNICKÉ BOTANIKY, DENDROLOGIE A  
GEOBIOCENOLOGIE



**Vliv poranění báze kmene na anatomickou stavbu  
jehlic borovice lesní**

**Bakalářská práce**

Brno 2013/2014

Daniel Drobny

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Vliv poranění báze kmene na anatomickou stavbu jehlic borovice lesní** zpracoval sám a uvedl jsem všechny použité prameny. Souhlasím, aby moje bakalářská práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna ke studijním účelům ve shodě s Vyhláškou rektora MENDELU o archivaci elektronické podoby závěrečných prací.

Autor kvalifikační práce se dále zavazuje, že před sepsáním licenční smlouvy o využití autorských práv díla s jinou osobou (subjektem) si vyžádá písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuje se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla dle řádné kalkulace.

V Brně, dne:.....

podpis studenta

## **Poděkování**

V tomto krátkém odstavci bych rád poděkoval především vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Romanu Gebauerovi, Ph.D. za možnost vytvořit práci pod jeho vedením, za trpělivost a věnovaný čas strávený při konzultacích, za rady a poskytnuté informace.

Děkuji Ing. Blaženě Mrlinové za pomoc v laboratoři při řezání jehlic, také děkuji doc. Ing. Josefu Urbanovi, Ph.D. za svůj čas a Ing. Romanu Plichtovi za výpomoc se statistickým zpracováním dat.

V neposlední řadě děkuji rodině a přátelům, kteří mě podporovali ve studiích na vysoké škole.

Tato práce vznikla za podpory projektu InoBio - Inovace biologických a lesnických disciplín pro vyšší konkurenceschopnost. Tento projekt je spolufinancován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. Registrační číslo projektu CZ.1.07/2.2.00/28.0018.

Děkuji

## **Abstrakt**

**Název práce:** Vliv poranění báze kmene na anatomickou stavbu jehlic borovice lesní

**Autor:** Daniel Drobny

Tato práce zkoumá vliv poškození kmene na anatomickou stavbu jehlice borovice lesní. Pro experiment bylo vybráno 22 vzrostlých borovic, na kterých bylo simulováno poškození v podobě kroužkování kmenů. Šest stromů bylo ponecháno jako kontrolní, 8 borovic bylo kroužkováno v létě 2013 a 8 zbývajících stromů bylo kroužkováno na jaře 2014. 20 jehlic z letošních prýtů bylo podrobena anatomické analýze. U jehlic byly měřeny tyto hodnoty: plocha řezu, plocha středního válce, šířka a výška jehlice. Bylo zjištěno, že letní kroužkování vedlo k snížení sledovaných anatomických parametrů vzhledem ke kontrole. Naopak u jarního kroužkování byl zjištěn nárůst sledovaných parametrů oproti kontrole. Předpokládáme, že zabránění toku asimilátů ke kořenům způsobilo jejich nahromadění v nadzemní části, které vedlo ke zvýšenému růstu jehlic. Zjištěné výsledky ukazují, že poškození kmene vede ke značným změnám anatomické stavby jehlic a tyto změny následně vedou k odumření jedince. Z těchto důvodů je třeba kmen bránit proti poškození. Nejdůležitějším opatřením je prevence a to formou ochrany kmene použitím různých zábran bránícím před vznikem poškození.

**Klíčová slova:** centrální válec, prevence, plocha jehlice, výška jehlice, šířka jehlice, poškození kmene

## **Abstract**

**Study title:** Impact of injury of the base of tree trunk on anatomical structure of leaves ('needles') of scots pine (*Pinus sylvestris*)

**Author:** Daniel Drobný

This study examines the effect of damaging the trunk on the anatomical structure of the pine needles of scots pine (*Pinus sylvestris*). For the experiment 22 mature pine trees were selected, where the damage was simulated by ringing of the trunks. Six trees were left as a comparison samples, 8 pines were ringed in the summer of 2013 and the 8 remaining trees were ringed in the spring of 2014. 20 needles from this year's shoots were subjected to anatomical analysis. Needles were measured following values: sectional area, the central cylinder area, width and height of the needles. It was found that summer ringing lead to a reduction in the anatomical parameters monitored relative to the comparison samples. In contrast, from the spring ringing, it was detected that there was an increase of monitored parameters over comparison samples. We assume that the prevention of the flow of assimilates to the roots has caused their accumulation in the aboveground parts, which resulted in an increased growth of needles. The results show that the damage of the trunk leads to significant changes in the anatomical structure of the needles and these changes consequently lead to the death of the specimen. For these reasons it is necessary to defend the trunk against any damage. The most important measure is to prevent the damage of the trunk in the form of fencing, or using various barriers.

**Keywords:** central cylinder, prevention, surface of needles, needle height, needle width, trunk damage

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Literární přehled.....	10
3.1. Dřevina .....	10
3.2. Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ).....	10
3.3. Anatomická stavba jehlice.....	11
3.3.1. Funkce jehlice .....	12
3.4. Poškození kmene.....	14
3.4.1. Abiotičtí činitelé poškození kmene.....	14
3.4.2. Biotičtí činitelé poškození kmene.....	15
3.5. Prevence před poškozením a ochrana kmene .....	15
3.6. Sanace a konzervace již vzniklých poškození .....	17
4. Metodika práce.....	19
4.1. Experiment.....	19
4.2. Odběr vzorků .....	19
4.3. Řez jehlice a mikroskopování.....	20
4.4. Měření řezu jehlic .....	20
4.5. Statistická analýza.....	20
5. Výsledky.....	22
5.1. Plocha příčného řezu jehlicí.....	22
5.2. Plocha středního válce jehlice.....	23
5.3. Výška jehlice.....	24
5.4. Šířka jehlice .....	25
5.5. Shrnutí výsledků .....	26
6. Diskuze .....	27

7. Závěr.....	30
8. Summary.....	31
9. Seznam použité literatury: .....	32
10. Seznam obrázků .....	33



## 1. Úvod

Již od dávných dob byly některé stromy brány jako symboly nadpřirozených sil, mohutnosti, či dlouhověkosti, jiné byly využívány ve stavebnictví nebo zdroj energie a některé jen tak pro okrasu a potěšení. I dnes je tomu obdobně, stromy jako prvek, který patří k životu sázíme nejen v lesích, ale i ve městech, parcích, zahradách a dokonce i v budovách. U valné většiny ale můžeme definovat různé známky poškození, ať biotického či abiotického původu, které mají významný, či méně významný vliv na životaschopnost a produktivitu jedince.

V urbanizovaném prostředí se setkáváme s poškozenými stromy velice běžně ve všech věkových kategoriích. Stromy jsou poškozovány mechanicky nebo chemicky na všech úrovních od kořenů až po samotný vrchol stromů. V této práci se budeme detailněji zabývat vlivem mechanického poškození báze kmene na anatomickou stavbu jehlic. Jelikož v jehlicích probíhá fotosyntéza a jsou tedy místem přeměny sluneční energie na energii chemickou, poznání anatomických změn na této úrovni nám umožní lépe pochopit vztah mezi příčinou (poškozením) a následkem (odumřením). V praktické části to bude znamenat, úmyslné poškození borovice lesní "kroužkováním" báze kmene v různých termínech a následném odebrání vzorků jehlic, na kterých budeme pozorovat změnu anatomické stavby. V teoretické části získáme obecné informace zabývající se fyziologií dřevin, reakcí dřeviny na mechanické poškození a možnostmi ochrany jedince, či skupin stromů proti mechanickému poškození.

## 2. Cíl práce

Cílem práce je seznámit čtenáře se závažnou problematikou poškození kmenové části dřevin spojené například s využitím mechanizace při výstavbách, nebo při údržbě trávníků, popřípadě chemické poškození zapříčiněné tak nevinnou záležitostí jako je venčení domácího mazlíčka.

Konkrétně půjde o zjištění reakcí jehlic na poškození kmene u borovice lesní. Popsání anatomických změn na této úrovni nám umožní lépe pochopit vztah mezi příčinou (poškozením) a následkem (odumřením).

V teoretické části bude dále rozebráno co může způsobit mechanické poškození kmene a jaké jsou možnosti prevence.

### 3. Literární přehled

#### 3.1. Dřevina

Dřevina je rostlina s takovou formou růstu, jenž každý rok přiroste a může takto růst několik desítek, stovek, výjimečně až tisíce let. Přírůst je v našich podmínkách tvořen cyklickým střídáním vegetačního klidu a aktivního růstu spojený s prodlužováním terminálu souběžně s tloušťnutím stonku. Prodlužování terminálu je zajištěno přezimujícími pupeny, zatímco tloušťnutí způsobují druhotně dělivé meristémy felogen a kambium. Felogen vytváří borku a kambium odděluje směrem dovnitř buňky xylému a směrem odstředivým buňky lýka (Kolařík et al. 2003).

V této práci se budeme detailně zabývat jediným taxonem, který se vyznačuje stromovitou formou růstu z oddělení nahosemenných (*Pinophyta*), třídy jehličnany (*Pinopsida*), řádu borovicotvaré (*Pinales*), čeledi borovicovitých (*Pinaceae*), rodu borovice (*Pinus*), konkrétně druhem borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), (Úradníček et al. 2009).

#### 3.2. Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Borovice lesní je jehličnan známý také pod názvem skotská borovice, nebo také sosna. Přirozený výskyt této borovice je velmi rozmanitý a sahá od severní Británie přes celou Evropu a Asii na východ až do Sibíře, zasahuje však také do jižních krajů Španělska a Portugalska. Borovice lesní tak patří k nejrozšířenějším dřevinám, která dokázala obsadit holou zem po poslední době ledové (Jordan 2013).

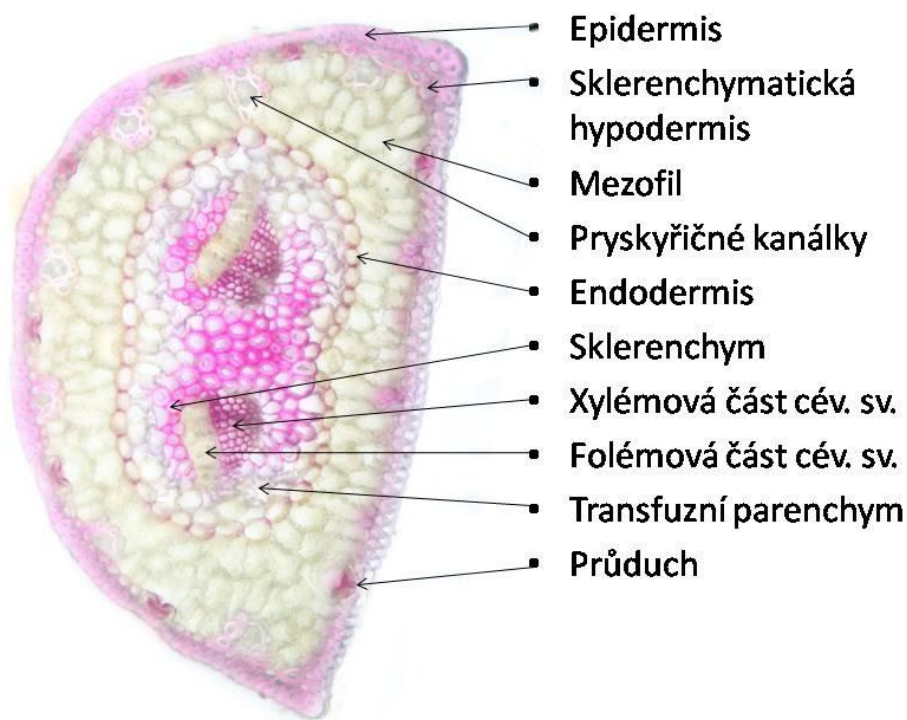
Borovice lesní dorůstá výšky 25 metrů, výjimečně i výše. Jednotlivý exempláře se dožívají i 300 let. V severním okraji areálu roste i v 1000 metrech nad mořem a v jižním okraji areálu i dvakrát výše. Na půdu je velmi nenáročná a typu půdy přizpůsobuje i svůj kořenový systém, který je buď kulový hluboký (písčité půdy) a nebo jen mělce rozvětvený (zamokřené půdy). Strom má otevřený habitus s krátkými mohutnými pokřivenými větvemi. Terminál se u starších jedinců ztrácí a vzniká tak rozčuchané talířovité hnízdo, zvláště u exponovaných jedinců. Borka je u mladých jedinců šedavá, a postupně se mění na červeno hnědou starém dřevě hluboce brázděnou. Jehlice jsou ve svazečcích po dvou zhruba šest centimetrů dlouhé, ovšem záleží na stáří a osvětlení jedince. Z jara se u dospělých jedinců objevují ve stejnou dobu samčí i samičí šištice na jednom stromě, kdy samičí šištice jsou na konci větví. Po opylení

dozrávají samičí šištice dva roky a k uvolnění drobných křídélkatých semen dochází ještě na větvičce. (Úradníček et. al. 2009)

### 3.3. Anatomická stavba jehlice

Jehlice je zpravidla dlouhý, velmi úzký, téměř čárkovitý druh listu typický pro jehličnaté dřeviny se silně kutinizovanou epidermis (Obr. 1) a četnými průduchy v podélných řadách (Vinter 2009). U většiny našich dřevin je běžné, že jehlice neopadávají každý rok, ale setrvávají na větvičce několik let. U jehlic borovice lesní se pod epidermisem nachází hypodermis (Obr. 1), který je proto tvořen vrstvou buď sklerenchymatických, či kolenchymatických buněk, které zvyšují ochranný účinek epidermisu (Dostál 2004). Dále do středu jehlice můžeme pozorovat mezofyl (tj. asimilační parenchym), který není rozlišen na palisádový a houbový parenchym a je tvořen ramenovitými parenchymatickými buňkami (Obr. 1). Pro tyto buňky jsou typické vychlípeniny buněčných stěn, které směřují do nitra buňky (Vinter 2009). V asimilačním parenchymu jehlice jsou ještě rozmístěny pryskyřičné kanálky (Obr. 1). Pryskyřičné kanálky prostupují mezofylem jehlice jako schizogenní interceluláry. Vnější sklerenchymatická vrstva pryskyřičných kanálků má výstužnou funkci a vnitřní parenchymatická vrstva (epitel) vylučuje pryskyřici (Vinter 2009). Businský (2008) popisuje význam polohy pryskyřičných kanálků při determinaci druhu a dělí je na čtyři kategorie: marginální neboli externální (vnější, okrajové) se nachází blízko hypodermis, mediální (střední) jsou zhruba uprostřed mezofylu, internální (vnitřní) umístěné v blízkosti endodermis a septální (přepážkové) jsou roztáhlé přes celou šířku mezofylu. Ve středu jehlice se nachází střední válec s cévními svazky oddělený od mezofylu endodermisem (Obr. 1). Látkovou výměnu mezi mezofylem a cévními svazky zprostředkovává transfuzní parenchym s transfuzními tracheidami opatřenými dvojtečkami v buněčných stěnách. Zhruba uprostřed středního válce jsou obvykle dva kolaterální cévní svazky složené z xylémové a floémové části. (Vinter 2009)

Pro jehlici borovice je typická anatomická xenomorfní a heliomorfní adaptace pro přežití období sucha a vlivu nadměrné radiace. Příkladem je malá listová plocha, silně kutinizovaná epidermis, sklerenchymatická hypodermis a vnořené průduchy (Vinter 2009).



**Obr. 1** Anatomická stavba jehlice borovice lesní

### 3.3.1. Funkce jehlice

Hlavní funkcí jehlice je **fotosyntéza** a **transpirace** vody.

**Fotosyntézou** je označován jev, kdy je využita přijatá sluneční energie k syntéze energeticky bohatých chemických sloučenin za spoluúčasti  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Jedná se o zřejmě nejdůležitější biochemický proces pro život na Zemi (Karlson 1981).

Převážná většina rostlin patří mezi organismy fotoautotrofní. Fotoautotrofní rostliny získávají svou energii fixací energie záření v procesech fotosyntézy. Tímto způsobem zpřístupní energii nejen pro vlastní metabolismus, ale i pro všechny organismy na celé planetě. Fotosyntéza je často označována jako soubor reakcí vyjádřených jednoduchou (rovnice 1), kdy  $h\nu$  je kvantum zářivé energie. Uvedenou rovnici je třeba chápat jako vyjádření všech reakcí, kdy dochází ke vzniku organických látek a uvolnění molekulárního kyslíku ( $\text{O}_2$ ) z oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Procházka et al. 1998).



Rychlost fotosyntézy ovlivňuje kromě vlastní anatomické stavby (velikost a tloušťkou listu, velikostí a počtem chloroplastů, tvarem buněk, aj.) i mnoho vnějších faktorů (množství světla, CO<sub>2</sub>, teplota, aj.). Mimo jiné každý rostlinný druh a kultivar se vyznačuje různou rychlostí fotosyntézy. Značné rozdíly jsou i mezi stinnými a slunnými listy (Procházka et al. 1998).

**Transpirace** je ztráta vody vypařováním povrchem listu (difuzní proces). Schopnost transpirace je závislá na fyzikálních podmínkách výparu. Vnějšími faktory je schopnost vzduchu přijmout vodu (vlhkost, teplota a pohyb vzduchu) a schopnost rostliny vodu odpařit (zásobování rostliny vodou, druh rostliny a fáze životního cyklu). V rámci jehlice rozlišujeme transpiraci průduchy (stomatární) a výdej pokožkou (kutikulární). Stomatární transpirace je rostlinou relativně rychle regulovatelná uzavřením stomat, kdežto kutikulární transpirace je jev, kdy voda překoná odpor epidermálních buněk a samovolně se odpařuje i když jsou stomata uzavřena. Kutikulární transpirace je u jehličnanů velmi nízká (3 - 10 %) díky silně kutinizované epidermis (viz kapitola 3.3.) (Kolařík et al. 2010).

Transpirace hraje velkou roli při ochlazování. Transpiračním tokem je přiváděna voda a živiny do rostoucích a fotosyntetizujících orgánů a transpirací jsou tyto orgány ochlazovány a chráněny tak před přehřátím a jsou zbaveny přebytečné vody. U většin dřevin lze v teplém letním období pozorovat denní rytmus otvírání průduchů, kdy nejvyšší transpirace dosahuje ráno, v poledne nastane deprese a odpoledne se transpirace opět zvyšuje. Pokud je nedostatek vody, stomata se otvírají jen na krátkou dobu po rozednění. Citlivost na vodní deficit však brzy stomata uzavře. Také poranění rostliny ovlivňuje transpiraci a odříznuté části rostliny v první chvíli zvýší transpiraci, ale ta se následně sníží uzavřením průduchů (Kolařík et al. 2010).

Regulace fotosyntézy a transpirace je pro rostlinu velmi náročná, protože se musí stále rozhodovat zdali vyhladoví nebo uschne. Rozumíme tím, že uzavře-li rostlina stomata, sice neuschne tak rychle, ovšem pozastaví proces fotosyntézy a tím se připraví o energeticky bohaté cukry a škroby získané právě při fotosyntéze.

### **3.4. Poškození kmene**

Poškozením kmene se rozumí narušení funkčního stavu mezi korunou a kořeny, vzniklé působením vnějších faktorů. Při poškození je narušena kompaktnost stavby kmene, povrchová ochrana (kůra, borka) a uzavřenost vnitřního prostředí stromu. O vážnosti poškození rozhoduje zejména rozsah a lokalizace defektu. Dle rozsahu se může jednat o poškození povrchová, jako je stržení borky a lýka, nebo poškození zasahující hlouběji do dřeva. Mluvíme-li o vážném poškození, je zpravidla poškozena větší část kmene o větší ploše. Takové poškození ovlivní zásadně vodivou funkci, kdy při velkém rozsahu může dojít k dysfunkci vodivých cest, současně s otevřením brány vstupu patogenních organismů. Otevřené rány jsou nejlepším vstupem zejména pro spory dřevokazných hub. Také je nutné počítat se ztrátou zasažené části asimilačního aparátu a následně odpovídající částí kořenového systému. Poranění kmene je nebezpečné protože sdružuje veškeré vodivé dráhy mezi kořenovým systémem a korunou stromu do relativně malého prostoru a může tak dojít i absolutnímu přerušení vodivého pletiva (Kolařík et al. 2010).

#### **3.4.1. Abiotičtí činitelé poškození kmene**

Mechanické poranění kmene se považuje každá deformace vzniklá odřením, či tlakem cizího předmětu na povrchu kmene. Stále více se na změně stanovištních poměrů projevuje lidská činnost. Jedná se především o činnosti spojené se stavbami jejímž důsledkem bývají těžkými stroji odřeny nejčastěji kmenové báze, či kmeny vysoko nad zemí. Opomenout však nelze ani vandalizmus, provoz motorových vozidel a poškození vzniklé údržbou travních ploch. (Kolařík et al. 2003). Především na mladých výsadbách je možné počítat škody způsobené vandalizmem, kdy dochází nejčastěji k vylomení větví často za vzniku velkých zátrhů a nebo ojediněle i se zlomením celého jedince (Smýkal et al. 2008).

Při údržbě trávníků dochází každoročně, někdy i několikrát do roka, k odřeninám báze kmene žací mechanizací, nebo dokonce k sečným ranám žacími nástroji. Zvláštním případem poškození je odření či odseknutí kůry z vystupujících kořenů nad povrch země.

Chemickým poškozením kmene se rozumí odumřelé kambium a nekrotické pruhy či trhliny působením různých chemikálií. V městském prostředí se nejčastěji

setkáváme s poškozením báze kmene močí. Schopnost rostliny odolávat tomuto faktoru je podmíněna druhem a obecně se zvyšuje s věkem jedince (Kolařík et al. 2003).

Korní spála je poškození kmene způsobené slunečním zářením, jenž dopadem slunečních paprsků ohřívá svrchní pletiva natolik, že může způsobit přehřátí a vznik nekrotického kambia přímo na kmeni. Přehřátá kůra popraská, zaschne a později se odlupuje a v pruzích odpadává. S takovým poškozením se setkáváme zejména u mladých čerstvě vysazených jedinců, nebo u starších jedinců čerstvě vystavených přímému záření po náhlém uvolnění. Obecně platí, že dřeviny s hladkou kůrou trpí korní spálou více nežli dřeviny s hluboce brázděnou borkou (Kolařík et al. 2010).

Mrazem vznikají tzv. mrazové kýly a trhliny. Vznikají nejčastěji na silnějších kmenech stromů s širokými dřevnými paprsky prudkým smrštěním běle při náhlém přechlazení. Nejdříve praskne běl často až ke dřevu, na jaře se rána uzavírá a zarůstá hojivými pletivy. Dojde-li v zimě k obnovení trhliny, vznikne podél trhliny hojivé pletivo v podobě lišty (Kolařík et al. 2010).

#### **3.4.2. Biotičtí činitelé poškození kmene**

Mezi biotické činitele patří různí brouci a jejich larvy jenž vyžirají své chodbičky v lýku pod kůrou v kambiu nebo i ve dřevě. Takto napadené stromy může poškozovat dále ptactvo z čeledi datlovitých vyhloubením různě velkých děr zhotovených za účelem získání potravy (larvy a brouci), nebo hnízdění. Spíše v lesních porostech a ve volné krajině podél komunikací a cyklostezek se běžně objevuje poškození vysokou zvěří (okus, loupání, vytloukání paroží), nebo drobnou zvěří z čeledi zajícovitých a řádu hlodavců, kteří škodí ohryzem kmínků mladších jedinců. Zejména u vodních toků se také s návratem bobra evropského stále častěji setkáváme s poškozením báze kmene ohryzem, které je možné přirovnat ke kroužkování, které bylo použito na borovicích v našem experimentu.

Opomenout nelze ani dřevokazné houby rodu *Inonotus*, *Fomes*, *Armillaria* a jiné, které často nebývají prvotním činitelem poškození, ale výrazně ovlivní životaschopnost a stabilitu napadeného jedince.

### **3.5. Prevence před poškozením a ochrana kmene**

Problematika ochrany je velmi často skloňovaným termínem, ovšem v praxi dochází stále k velmi četným poraněním již zmíněnou žací technikou, stavební činností,



nebo zanedbanou péčí o mladé výsadby, kdy je velmi nutné odstranit kotvení, které velmi často zaškrcuje a odírá kmínky mladých stromů. Je třeba si uvědomit, že nejlepší, nejlevnější, nejúčinnější ochrana je prevence.

Poškození vzniklé stavební činností se podařilo redukovat teprve až v posledních letech, kdy se klade podstatně vyšší důraz na ochranu zeleně. V souvislosti s ochranou před poškozením vzniklým stavebními činnostmi byl vyhotoven Agenturou ochrany přírody a krajiny ve spolupráci s Mendelovou univerzitou v Brně standard Ochrana dřevin při stavební činnosti. Tento standard lze bez problému stáhnout z internetových stránek agentury ochrany přírody a může tak každý stavitel zjistit co by měl udělat pro to, aby nedošlo k poškození dřeviny jako takové (AOPK 2014).

Při stavební činnosti musí být minimalizováno riziko poškození nadzemních částí stromu stavební činností a mechanismy. Hrozí li riziko poškození, instaluje se ochrana za kořenovými náběhy. Musí dostatečně pevná aby odolala zvolené mechanizaci a měla by sahat alespoň do výšky dvou metrů, popřípadě do výšky nejspodnějšího patra kosterního větvení. Ochrana kmene nesmí být v kontaktu s kmenem, kořenovými náběhy, ani větví (ochrana by ztrácela význam a stala by se vlastním nástrojem poškození) a proto je nutné vložit mezi konstrukci ochrany a chráněný kmen odpovídající polstrování schopné tlumit případné nárazy. Ochranné prvky by neměly být po dobu výstavby demontovány, poškozeny ani přemístěny. Také je třeba brát v potaz zvýšení expozice kmenů slunečnímu záření především u mladých stromů a taxonů s tenkou borkou. Realizátor stavební činnosti je povinen zajistit a kontrolovat funkčnost ochranných prvků po dobu stavby. V případě ohrožení větví je vhodné vyvázat větve, popřípadě vzít v potaz lokální redukci koruny (AOPK 2014).

Ochrana kmene před korní spálou a zvěří lze zajistit dvěma účinnými způsoby. Nejpoužívanější levnější ovšem náročné na kontrolu je mechanické omotání kmene jutovým obalem nebo rákosem. Nevýhodou takového ošetření je nutná kontrola aby nedošlo k zaškrcení vodivých pletiv. Dražší opatření je nátěr speciálními přípravky, které odráží sluneční paprsky a obsahují pro zvěř odpuzující přípravky (repelenty, písek). Mezi takové patří kupříkladu přípravky arbo-flex, aversol, morsuvin a mnoho dalších. Takto ošetřené stromy není potřeba kontrolovat, jelikož rostou spolu s kmenem a nemůže tak stát, že by došlo k zaškrcení.

Za bezpečnější a komplexnější ochranu před poškozením je možné považovat oplocení jednoho stromu nebo celých skupin. Oplocení jednotlivých stromů je neúčinnější ochrana a bývá využito při stavebních činnostech v podobě dočasných dřevěných plotů, v zoologických zahradách, zvířecích farmách, nebo oborách, ale i ve velmi frekventovaných ulicích města se můžeme setkat s oplocením jednotlivých stromů. Oplocení jedince v ulicích nabývá různých forem, ať už jsou to rozmístěné lavičky kolem kmene, vyvýšený prokořitelný prostor nad úroveň chodníku (tzv. květníky většinou možností sednutí na okraj), nebo ozdobné kované mříže bránící přímému styku s kmenem stromu. Oplocení celých skupin je pak velmi dobře známo v lesních porostech, nebo na otevřených prostorech, kdy je ekonomicky výhodnější komplexně zajistit celou skupinu než se zabývat jednotlivými stromy.

Instalace nízkých plotů může být sanačním opatřením před psí močí. Vhodná je také výsadba trnitých křovin kolem báze kmene, aplikace štěpky, popřípadě zatlučení kolíků na náporové straně kmene (Kolařík et al. 2003).

### **3.6. Sanace a konzervace již vzniklých poškození**

Sanací se rozumí náprava malých povrchových poškození (oděrků, řezných ran) tak, aby došlo k co nejrychlejšímu zacelení vzniklé rány hojivým pletivem. Konzervačním ošetřením je myšleno zvláštní ošetření jehož účelem je snaha o zmírnění a zastavení dalšího rozpadu či rozkladu nosných prvků (kmene, kosterních větví) stromu. Sanační opatření je spíše míněno na mladých perspektivních stromech, kdežto konzervační ošetření bývá u starých senescentních stromů u kterých lze vyloučit úplné zahojení vzniklého poškození.

V případě poškození malého charakteru (drobné oděrky, řezy) především na mladých jedincích ve fázi výchovy je dobré přemýšlet o sanaci vzniklých ran. K tomuto účelu existuje na trhu již celá řada výrobků vhodných k ošetření rány. Jedná se zejména o stromové balzámy, které kromě universálního zeleného-hnědého zbarvení maskující ránu také chrání před nadměrným vysycháním a růstu patogenních hub. Odřeny je dobré předem očistit od vytržených vláken dřeva a lýka ostrým nožikem, aby mohlo hojící pletivo lépe postupovat a poté zatřít přiměřenou vrstvou balzámu.

Konzervační ošetření je již k zachování jedince na daném místě, jedná se velmi často o nákladné řešení a proto se s takovým ošetřením setkáváme spíše u

významnějších stromů v parcích. V ulicích je dobré upřednostnit výměnu jedince za novou perspektivní výsadbu před konzervačním opatřením, jelikož takový strom již nikdy nebude zdravý. Mezi konzervační ošetření patří statické a dynamické vazby, zastřešení dutin a výrazné snížení těžiště stromu sesazením koruny až na takzvaná torza.

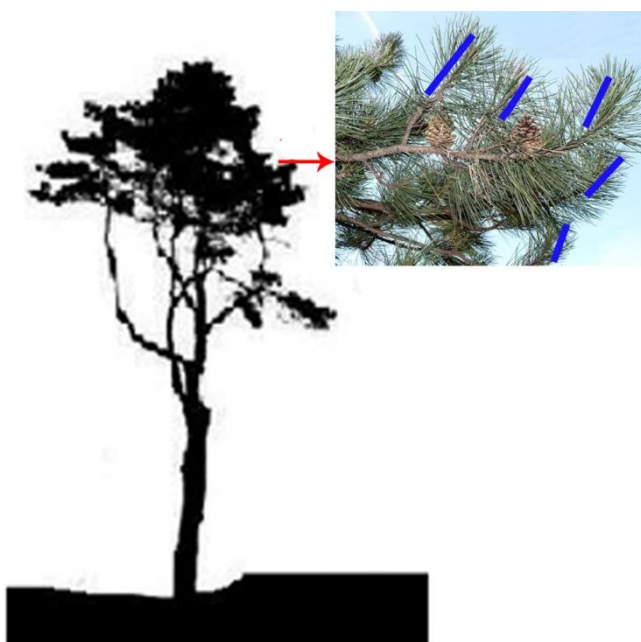
## 4. Metodika práce

### 4.1. Experiment

V březnu 2013 proběhl výběr stromových vzorníků pro následná šetření. Výzkumná plocha se nachází na školním lesním podniku Mendelovy univerzity v Brně, na polesí Vranov, porost 75C9, GPS souřadnice 49°15'39"N, 16°36'20"E. Půdním typem je kambizem typická mezotrofní, lesní typ 2S3. Věk porostu byl 85 let v roce 2013. Zastoupení borovice lesní je vyšší než 70 %. Vlastní výzkumná plocha je rozdělena na dvě subplochy, od sebe vzdálené 200 m, na nichž je uplatňován identický design experimentu. V rámci každé subplochy bylo ze stromů hlavní úrovně vybráno 11 jedinců pro detailní analýzu. Tři stromy jsou kontrolní (C) a dalších 8 je experimentálních. Z experimentálních stromů bylo u čtyř přerušeno floémové propojení koruny a kořenů 15. července 2013 (L) další čtyři byly kroužkovány v lednu 2014 (J).

### 4.2. Odběr vzorků

S cílem zjistit reakci jehlic na poškození kmene (kroužkování) proběhl v září 2014 (tj. v době kdy již byl letošní ročník jehlic plně vyvinut) odběr letošních prýtlů. Z každého stromu se odebralo ze střední a jižně orientované části koruny 5 letošních prýtlů (obr. 2). Takto odebrané prýty byly uloženy v roztoku FineFix pro následné laboratorní zpracování jehlic.



**Obr. 2** Schéma odběru letošních prýtů. Ze střední části jižně orientované koruny se odebralo 5 nejmladších letorostů (modrá čára)

### **4.3. Řez jehlice a mikroskopování**

Řez jehlicemi probíhal v laboratoři Ústavu lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie (MENDELU). K zhotovení řezů bylo zapotřebí žiletek, zkumavek, barviva (pro naše potřeby specifické barvení na lignin roztokem kyseliny chlorovodíkové a fluoroglucinolu namíchané v poměru 1:1), mikroskopových sklíček, glycerolu a kvalitního mikroskopu Olympus BX51 (zvětšení x50, x100 a x200) schopného pořídit dostatečně kvalitní digitální fotografie pomocí kompatibilního fotoaparátu Olympus E-330 a softwaru QuickPhoto Micro 2.3 k následnímu zpracování v počítačových programech.

Pro řez bylo z každého vzorku o pěti větvičkách odebráno 20 svazečků (svazek = 2 jehlice) z nejmladšího letorostu. Jedna jehlice ze svazečku byla použita pro anatomickou analýzu a druhá uchována v roztoku FineFix. V této práci byly použity pouze jehlice pro anatomickou analýzu.

Pro vyhovující kvalitu fotografie s detailem jednotlivých cévních svazků bylo nutné zhotovit co nejkolmější a především nejtenčí řez v blízkosti báze jehlice.

### **4.4. Měření řezu jehlic**

Měření jehlic probíhalo ve volně šiřitelném programu ImageJ (ImageJ 1.48v, Wayne Rasband National Institutes of Health, USA), který dokáže na základě fotografie opatřené měřítkem, převést pixely fotografie na potřebnou hodnotu a vypočítat základní veličiny.

Na řezech jehlicemi byly měřeny: plocha celého řezu, plocha středního válce včetně endodermisu, délka a šířka jehlice.

### **4.5. Statistická analýza**

Příprava výsledků pro vyhodnocení statistických analýz byla provedena v programu MS Office Excel a konkrétní statistické analýzy jsou vyhodnoceny programem R statistical program (R Development Core Team 2010).

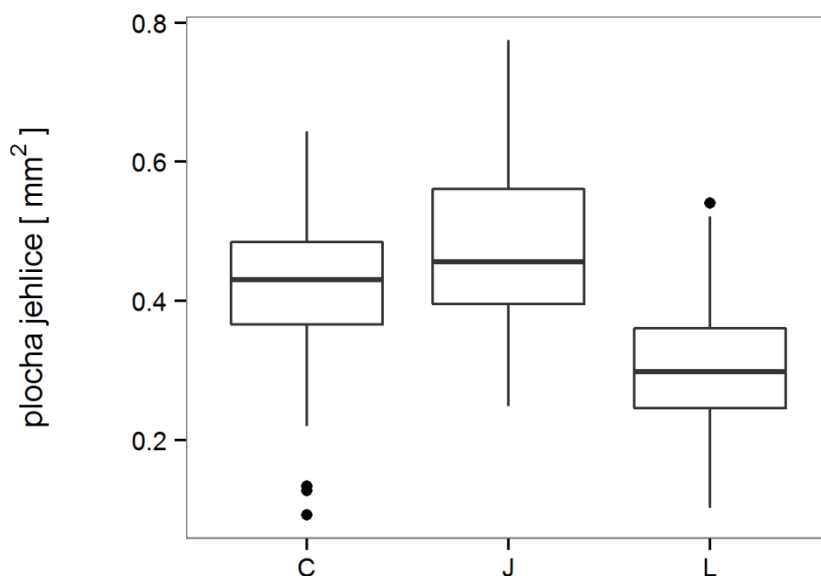
V Excelových tabulkách byly seřazeny výsledky měření plochy řezu, plocha středního válce, šířka a výška jehlice, podle stromů a typu experimentu (kontrola, jarní a letní kroužkování). Takto rozdělené výsledky byly následně vyhodnoceny a vykresleny v grafech programem R statistical. Pro zjištění shody a významnosti mezi jednotlivými daty byla vyhotovena jedno-faktorová ANOVA bez opakování s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ . Pro vyobrazení hodnot byly použity krabicové grafy, které disponují hodnotami: minimum, maximum, 1. a 3. kvantil, medián a vzdálené hodnoty (outliers).

## 5. Výsledky

### 5.1. Plocha příčného řezu jehlicí

Výsledky vlivu poškození kmene na plochu jehlice v příčném řezu jsou vyobrazeny v krabicovém grafu (Obr. 3). Medián plochy jehlic v příčném řezu je pro kontrolní stromy (C)  $0,431 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,045 \text{ mm}^2$ . Pro stromy kroužkované na jaře (J) je medián plochy jehlic v příčném řezu  $0,462 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,080 \text{ mm}^2$ . Stromy kroužkované v létě (L) mají medián plochy příčného řezu jehlic  $0,289 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,046 \text{ mm}^2$ .

Na krabicovém grafu (Obr. 3) lze pozorovat statisticky významné rozdíly mezi plochami řezu jehlic. Pro rozdíly plochy řezu jehlic mezi všemi odběry (C - J, C - L, J - L) platí hodnota  $p < 0,001$ . Plocha řezu jehlic z kontrolního odběru je oproti jarnímu kroužkování o bezmála 7% menší, ale oproti letnímu kroužkování je o 49 % větší (počítáno z hodnot mediánů). Plocha řezu jehlic kroužkovaných na jaře je větší o téměř 60% než plocha jehlic kroužkovaných v létě (počítáno z hodnot mediánů).

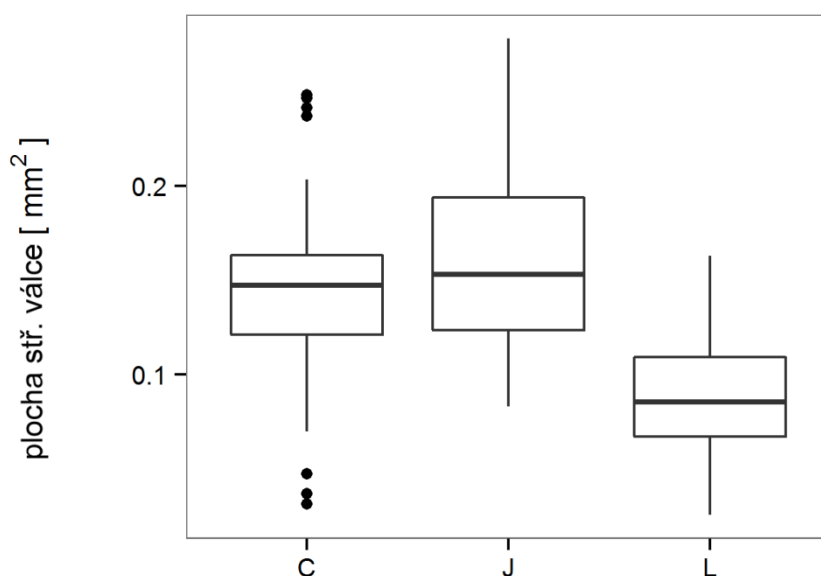


**Obr. 3** Krabicový graf rozdílu plochy jehlic [mm<sup>2</sup>] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)

## 5.2. Plocha středního válce jehlice

Výsledky vlivu poškození kmene na plochu středního válce jehlice jsou vyobrazeny v krabicovém grafu (Obr. 4). Medián plochy středního válce jehlic je pro kontrolní stromy (C)  $0,146 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,018 \text{ mm}^2$ . Pro stromy kroužkované na jaře (J) je medián plochy středního válce jehlic  $0,158 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,032 \text{ mm}^2$ . Stromy kroužkované v létě (L) mají medián plochy středního válce jehlic  $0,086 \text{ mm}^2$  se směrodatnou odchylkou  $0,017 \text{ mm}^2$ .

Na krabicovém grafu (Obr. 4) lze pozorovat statisticky významné rozdíly mezi plochami středních válců jehlice. Pro rozdíly mezi odběry C - L, J - L platí hodnota  $p < 0,001$  a pro rozdíl mezi C - J platí hodnota  $p = 0,002$ . Plocha středního válce jehlic z kontrolního odběru je oproti jarnímu kroužkování o bezmála 8% menší, ale oproti letnímu kroužkování je o téměř 71 % větší (počítáno z hodnot mediánů). Plocha středního válce jehlic kroužkovaných na jaře je větší o téměř 85% oproti ploše středního válce jehlic kroužkovaných v létě (počítáno z hodnot mediánu).



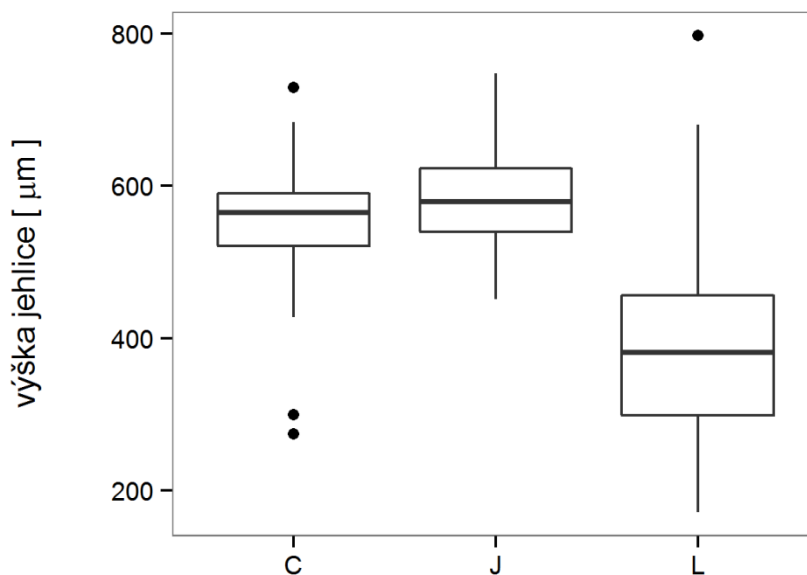
**Obr. 4** Krabicový graf rozdílu plochy středního válce včetně endodermis [mm<sup>2</sup>] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)



### 5.3. Výška jehlice

Výsledky vlivu poškození kmene na výšku jehlice jsou vyobrazeny v krabicovém grafu (Obr. 4). Medián výšky jehlic je pro kontrolní stromy (C) 554  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 33  $\mu\text{m}$ . Pro stromy kroužkované na jaře (J) je medián výšky jehlic 576  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 37  $\mu\text{m}$ . Stromy kroužkované v létě (L) mají medián výšky jehlic 357  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 74  $\mu\text{m}$ .

Na krabicovém grafu (Obr. 4) lze pozorovat statisticky významné rozdíly mezi výškami jehlic. Pro rozdíly mezi odběry C - L, J - L platí hodnota  $p < 0,001$  a pro rozdíl mezi C - J platí hodnota  $p = 0,001$ . Výška jehlice z kontrolního odběru je oproti jarnímu kroužkování o 4% menší, ale oproti letnímu kroužkování je o 55 % větší (počítáno z hodnot mediánů). Výška jehlic kroužkovaných na jaře je větší o 61% oproti výšce jehlic kroužkovaných v létě (počítáno z hodnot mediánu).

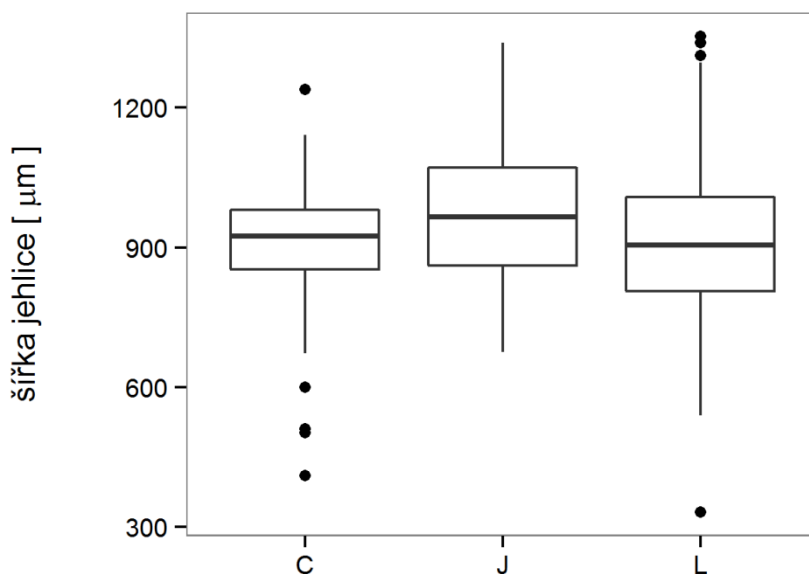


**Obr. 5** Krabicový graf rozdílů výšky jehlice [ $\mu\text{m}$ ] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)

## 5.4. Šířka jehlice

Výsledky vlivu poškození kmene šířku jehlice jsou vyobrazeny v krabicovém grafu (Obr. 6). Medián šířky jehlic je pro kontrolní stromy (C) 921  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 47  $\mu\text{m}$ . Pro stromy kroužkované na jaře (J) je medián šířky jehlic 977  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 97  $\mu\text{m}$ . Stromy kroužkované v létě (L) mají medián šířky jehlic 895  $\mu\text{m}$  se směrodatnou odchylkou 118  $\mu\text{m}$ .

Na krabicovém grafu (Obr. 6) lze pozorovat statisticky významné rozdíly mezi šířkami jehlic v odběrech C - J, J - L pro které platí hodnota  $p < 0,001$  a pro rozdíl mezi C - L platí hodnota  $p = 0,711$  (není statisticky významné). Šířka jehlic z kontrolního odběru je oproti jarnímu kroužkování o bezmála 6% menší (počítáno z hodnot mediánů). Šířka jehlic kroužkovaných na jaře je větší o 9% oproti šířce jehlic kroužkovaných v létě (počítáno z hodnot mediánu).



**Obr. 6** Krabicový graf rozdílů šířky jehlice [ $\mu\text{m}$ ] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)

## 5.5. Shrnutí výsledků

Z výsledků je patrné, že největší rozdíly nastaly mezi jehlicemi kroužkovanými na jaře a v létě, zde můžeme sledovat velikostní rozdíly až o 85% (plocha středního válce). Velké změny můžeme pozorovat u všech sledovaných parametrů. Ve všech měřených veličinách byly jehlice borovic kroužkovaných na jaře o něco větší než jehlice z kontrolních stromů a jehlice borovic kroužkovaných v létě (tj. 1 rok před odběrem vzorků) výrazněji menší než jehlice kontrolních borovic.

Na fotografiích (Obr. 7, 8) je vidět výrazný rozdíl jehlic kroužkovaných na jaře tj. asi půl roku před odběrem (vpravo), které jsou životaschopné, kdežto jehlice borovic kroužkovaných v létě tj. 1 rok před odběrem (vlevo), které jsou prakticky mrtvé, uschlé a napadené sypavkou borovou.



**Obr. 7** Vlevo je příčný řez jehlicí borovice kroužkované v létě 2013 (tj. 1 rok před odběrem vzorků). Na řezu jsou vidět velké buňky nacházející se pod endodermisem vedle xylémových skupin a dvě konidie vzniklé po napadení sypavkou borovou (*Lophodermium seeditiosum*).

**Obr. 8** Vpravo je příčný řez jehlicí borovice kroužkované na jaře 2014 (tj. půl roku před odběrem vzorků). Na tomto řezu lze také pozorovat velké buňky pod endodermisem, ovšem jehlice je v dobré kondici a není zde přítomné napadení houbou.

## 6. Diskuze

Anatomie rostlin je vždy velmi úzce propojena s rostlinnými druhy, jejich kultivary a funkcemi jednotlivých částí. V ideálních podmínkách by každý rostlinný druh vypadal velmi podobně až skoro stejně. S ovlivněním vnějších faktorů je každá rostlina nucena adaptovat se podmínkám, ve kterých roste a pokud to nezvládne tak zahyne, jelikož nemá možnost přesunu do výhodnějších podmínek jako živočichové. V rámci adaptace se sledujeme s různými růstovými změnami (obří, bonsaje, různé zbarvení, světelné adaptace, atd.) až skoro deformacemi.

S poškozením kmenové části dřeviny se setkáváme běžně a téměř každá dřevina se musela někdy vyrovnat s poškozením různého charakteru. Reakci na poškození zásadně ovlivní rozsah a charakter poškození, ontogenetická fáze rostliny, druh, vitalita, a mnoho dalších faktorů.

V této práci bylo zjištěno, že poranění kmene po celém obvodu mělo podstatný vliv na anatomickou stavbu jehlice borovice lesní. Ve všech měřených veličinách byly jehlice borovic kroužkovaných na jaře o něco větší než jehlice z kontrolních stromů a naopak jehlice borovic kroužkovaných v létě výrazněji menší než jehlice kontrolních borovic. Předpokládáme, že zabránění toku asimilátů ke kořenům způsobilo jejich nahromadění v nadzemní části a tento nadbytek vedl v prvotní fázi k zvýšenému růstu jehlic. Nedostatek asimilátů v podzemní části pak způsobil zastavení růstu kořenů, omezení příjmu vody a tím i jeho nedostatek v nadzemní části. To následně způsobilo uzavírání průduchů a zastavení fotosyntézy. Tím dochází ke ztrátě vitality stromu, k sníženému růstu a k napadení sypavkou borovou. V rámci této práce bylo pozorováno, že většina stromů odumřela již rok po kroužkování.

Průměrná šířka (0,38-0,58 mm) a výška (0,92 - 0,98 mm) jehlice zjištěná v této práci byla na dolním okraji hodnot uváděných jinými autory pro šířku (0,4 - 0,72 mm) a výšku (1,13 - 1,32 mm) borových jehlic u dospělých porostů (Lin et al. 2002; Loumala et al. 2005; Lukjanova a Mandre 2008). Klimatické podmínky stejně jako věk stromů hraje důležitou roli také pro plochu jehlice na příčném řezu. Plocha příčného řezu jehlice v této práci (0,31 - 0,48 mm<sup>2</sup>) byla podobná jako u borovic rostoucích na dunách v JZ Estonsku (Lukjanova a Mandre 2008). Na druhou stranu dvakrát větší plocha příčného řezu byla zjištěna u sazenic borovice lesní rostoucí v příznivých kontrolovaných podmínkách skleníku (Lin et al. 2001).

Je třeba vzít v potaz, že rozhodujícím faktorem pro reakce stromu na poškození je velikost poranění, hloubka a charakter vzniklého poranění. Při poškození vodivých pletiv okolo celého stromu, je zřejmé, že dojde k výrazným změnám v celém stromě (nejen v anatomické stavbě jehlice).

Náš experiment, ve kterém došlo k poškození kmene kroužkováním, je modelovým příkladem a ve skutečnosti k tak extrémnímu poškození dochází jen málokdy. Můžeme se s ním setkat například při aktivní činnosti bobra, nebo abnormální poškození vzniklé divokou zvěří (vytloukání, loupání, odírání). Dá se předpokládat, že vliv částečného poranění kmene na selhání funkce jehlic nebude tak výrazný a dřevina je schopna nahradit poškozenou část vybočením toku látek mimo poškozená místa. Přesto i v tomto případě je třeba mít na zřeteli, že dochází k narušení stability stromu a dochází zde ke vstupu patogenů do struktury kmene. Při větším poškození dochází k odumření příslušné části koruny a kořenů. Obecně platí, že pokud nedojde k poškození celého kmene, strom může bez problémů žít i s ránou, kterou nedokáže zacelit za celý svůj život. Zde je důležité v jakém prostředí strom roste a zdali nemá poškození zásadní vliv na stabilitu.

### **Návrh opatření ve městě**

Vhodným opatřením proti poškození by měla být prevence. Největší škody je možné počítat na mladých stromech, kdy dochází neustále k poškození žací technikou a zanedbaní péče o mladé výsadby (neodstranění kotvení, zanedbaná výchova). Zde je nutné si uvědomit skutečnost, že čerstvě vysazený strom ve městě začne plnit svoji funkci (snížení prašnosti, hluková bariéra, zlepšení ovzduší, atd.) zhruba po patnácti letech. Do té doby je jeho prospěšný význam velmi malý. Strom v prvních letech života stojí mnoho finančních prostředků a přitom neplní očekávanou funkci. Když do té doby zahyne a výsadba se musí obnovit, je vynaloženo mnoho finančních prostředků a sil tíženého výsledku. Bylo by tedy dobré si uvědomit, že jedině řádná péče a ochrana mladých výsadeb může přinést očekávané výsledky mimo produkčních funkcí stromu a seznámit s touto skutečností i širší veřejnost.

V této době již existuje široká škála různých opatření proti poškození. Při výběru ochrany je potřeba si zvážit několik zásadních parametrů: před čím budeme chránit, kde chráníme a jak dlouho chceme chránit, a podle toho pak zvolit správný druh ochrany. Dobrou volbou ochrany dřevin v ulicích města je zvýšený prokořeňující

prostor (květináče). Jde o ochranu finančně náročnější a složitější na výstavbu, ale je zaručena ochrana dřeviny po celou dobu růstu před odřením kmene, psí močí, udusání zeminy a jiné. Také je možné zkombinovat tento druh ochrany s umístěním míst k sezení po okrajích květináče. Jednodušším řešením jsou kované mříže, které brání přímému styku s kmenem stromu a ušlapávání kořenových náběhů.

Takový způsob ochrany je vyloučený v městských parcích, tam by měla postačit ochrana mladých výsadeb před korní spálou nebo výjimečně před drobnou zvěří. Proti vandalismu je možné použití vzrostlejších sazenic, ovšem ani to nemůže zaručit stoprocentní ochranu.

Při plošných výsadbách je vhodné zvážit, zdali je efektivnější chránit jednotlivé dřeviny zvlášť a nebo přistoupit k plošné ochraně oplocením.

## 7. Závěr

Cílem práce bylo zjistit vliv poškození kmene na anatomickou stavbu jehlic borovice lesní. Bylo vybráno 22 reprezentativních borovic na kterých jsme provedli experiment, spočívající v simulaci poškození kmene (kroužkováním obvodu kmene) a následně na odebraných vzorcích (jarní, letní kroužkování a kontrolní odběr prýtů), byly sledovány anatomické změny jehlice.

V závěru lze říci, že poškození kmene má vliv na anatomickou stavbu jehlice. Z výsledků vyplývá, že zásadními změnami prošly jehlice s letním kroužkováním ( tj. 1 rok před odběrem), kdy byly borovice téměř nebo zcela odumřelé. Jehlice kroužkované na jaře mírně zvětšily svou velikost oproti jehlicím kontrolních borovic, což lze přirovnat k hromadění asimilátů, které vedlo k nárůstu jehlic. K zásadním změnám došlo v ploše příčného řezu jehlic, ploše středního válce a výšce jehlice. Naopak téměř neprokazatelné rozdíly byly u šířky jehlice. Pro všechny výsledky platí, že nejmenší hodnoty byly naměřeny u jehlic z borovic kroužkovaných v létě (tj. 1 rok před odběrem) a největší hodnoty byly naměřeny u jehlic ze stromů kroužkovaných na jaře (tj. půl roku před odběrem).

Poškození dřeviny tedy má vliv na anatomickou stavbu jehlice, která je úzce propojena s životními funkcemi celé dřeviny a proto je třeba nepodceňovat prevenci před poškozením. Dobré by bylo zajistit stav, kdy k poškození nebude docházet vůbec.

## 8. Summary

The trees are an integral part of our surroundings. We often search the oasis of them for a short-term escape from the stressful environment of our urban life. Its way of live and growth often survive us people and therefore it is wise and important to look after them well, so they will be preserved for future generations. Yet they are way too often getting unnecessarily damaged, which significantly reduces their viability.

The theoretical part contains a general information about the physiology of the trees, their response to mechanical damage and the possibilities of prevention against it. In the practical part, An experiments were conducted to investigate the effect of damage of the trunk on the anatomical structure of the scots pine leaves ('needles'). For the experiment 22 mature pine trees were selected , where the damage was simulated by ringing of the trunks. Six trees were left as a comparison samples, 8 pines were ringed in the summer of 2013 and the 8 remaining trees were ringed in the spring of 2014. 20 needles from this year's shoots were subjected to anatomical analysis. Needles were measured following values: sectional area, the central cylinder area, width and height of the needles. The results of this experiment are structured by the observed parameters and displayed in a box graphs depending on the date of retrieval.

It was found that the summer ringing has reduced the observed anatomical parameters to a comparison samples. In contrast, in spring ringing was detected increase of monitored parameters over controls. In contrast, from the spring ringing, it was detected that there was an increase of monitored parameters over comparison samples. We assume that the prevention of the flow of assimilates to the roots has caused their accumulation in the aboveground parts, which resulted in an increased growth of needles and subsequently necrosis of the tree led to a reduction in the anatomic parameters of needles. Damage to the trunk thus affects the anatomical structure of the needles and has therefore as expected an impact on vital functions of the tree.



## 9. Seznam použité literatury:

- AOPK ČR, MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, Standardy péče o přírodu a krajinu: Ochrana dřevin při stavební činnosti, SPPKA01 002: 2014
- BUSINSKÝ, R. The genus *Pinus* L., Pines: contribution to knowledge. : Acta Pruhoniana, Průhonice, 2008.
- DOSTÁL, P., Anatomie a morfologie rostlin v pojmech a nákresech. UK v Praze, 2004. 122 s.
- JORDAN, M. Krása stromů. : 1. vyd. Knižní klub: 2013. 224 s.
- KARLSON, P. Základy biochemie. : Academia Praha, 1981. S. 323.
- KOLAŘÍK, J. a kol. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. : 1. díl.2. vyd. Vlašim: ČSOP, 2003. 334 s.
- KOLAŘÍK, J. a kol. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. : 2. díl. 3. vyd. Vlašim: ČSOP, 2010. 696 s.
- LIN, J. X., SANPSON, D. A., CEULEMANS, R. (2001) The effect of crown position and tree age on resin canal density in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. Can J Bot 79:1257–1261
- LIN, J., SAMPSON, D. A., DECKMYN, G., CEULEMANS R. (2002) Significant overestimation of needle surface area estimated based on needle dimensions in Scots pine (*Pinus sylvestris*). Can J Bot 80:927–932.
- LUKJANOVA, A., MANDRE M. (2008) Anatomical structure and localisation of lignin in needles and shoots of Scots pine (*Pinus sylvestris*) growing in a habitat with varying environmental characteristics. Metsanduslikud Uurim For Stud 49:37–46
- LUOMALA, E. M., LAITINEN, K., SUTINEN, S., KELLOMÄKI, S., VAPAAVUORI, E. (2005) Stomatal density, anatomy and nutrient concentrations of Scots pine needles are affected by elevated CO<sub>2</sub> and temperature. Plant Cell Environ 28:733-749
- PROCHÁZKA, S. a kol., Botanika. Morfologie a fyziologie rostlin. : MZLU v Brně, 2002. 242 s.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J., a kol., Fyziologie rostlin : vydání 1., Academia Praha, 1998. 484s.
- SMÝKAL, F. a kolektiv Arboristika IV. : VOŠ Za a SZaŠ Mělník, 2008. 182 s.

- ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., TICHÁ, S., KOBLÍŽEK, J. Dřeviny České republiky. : MZLU v Brně, 2009. 367 s.
- VINTER, V. Rostliny pod mikroskopem. : 2. dopl. vyd. Olomouc, 2009. 200 s.

## 10. Seznam obrázků

- **Obr. 1** Anatomická stavba jehlice borovice lesní
- **Obr. 2** Schéma odběru letošních prýtů. Ze střední části jižně orientované koruny se odebralo 5 nejmladších letorostů (modrá čára)
- **Obr. 3** Krabicový graf rozdílů plochy jehlic [mm<sup>2</sup>] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)
- **Obr. 4** Krabicový graf rozdílů plochy středního válce včetně endodermis [mm<sup>2</sup>] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)
- **Obr. 5** Krabicový graf rozdílů výšky jehlice [μm] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)
- **Obr. 6** Krabicový graf rozdílů šířky jehlice [μm] mezi odběry bez kroužkování (kontrola - C) a okroužkované na jaře (J) a v létě (L)
- **Obr. 7** Vlevo je příčný řez jehlicí borovice kroužkované v létě 2013 (tj. 1 rok před odběrem vzorků). Na řezu jsou vidět velké buňky nacházející se pod endodermisem vedle xylémových skupin a dvě konidie vzniklé po napadení sypavkou borovou (*Lophodermium seeditiosum*).
- **Obr. 8** Vpravo je příčný řez jehlicí borovice kroužkované na jaře 2014 (tj. půl roku před odběrem vzorků). Na tomto řezu lze také pozorovat velké buňky pod endodermisem, ovšem jehlice je v dobré kondici a není zde přítomné napadení houbou.