

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

Ohrožení porostů borovice lesní zvěří – lokalita

Sofronka Plzeň

Bakalářská práce

Autor práce: Marek Bartůněk

Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marek Bartůněk

Myslivost a péče o životní prostředí zvěře

Název práce

Ohrožení porostů borovice lesní zvěří – lokalita Sofronka, Plzeň

Název anglicky

Potential of Damages on Stands of Scots Pine – Locality Sofronka, Plzeň

Cíle práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou ohrožení borovice lesní zvěří, dopadů na postupy pěstování lesa a zhodnocení této problematiky na lokalitě Sofronka, ML Plzeň. Srovnání vlivu ochrany v rámci Arboreta a problematiky škod zvěří mimo vlastní lokalitu. Výsledkem bude:

- přehled problematiky poškozování borovice lesní zvěří, možnosti jejich snížení lesopěstebními opatřeními,
- zhodnocení významu škod zvěří na lokalitě Sofronka – chráněné a nechráněné lokality, význam škod zvěří u ML Plzeň, dopady na pěstování lesů,
- příprava ploch pro další sledování.

Práce bude mít především rešeršní charakter.

Konzultant: doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Metodika

- 1) Zhodnocení literatury vztahující se k tématu poškození borovice lesní zvěří,
- 2) Zhodnocení škod zvěří na daném majetku ML Plzeň,
- 3) Zhodnocení vztahu mezi škodami zvěří a pěstebními opatřeními,
- 4) Kontrola stavu provenienčních ploch s borovicí lesní na území arboreta Sofronka, Plzeň-Bolevec, kvantifikace poškození biotickými faktory.

Časový harmonogram:

Rekognoskace ploch – jaro, léto 2023

Zpracování literární rešerše – listopad 2023

Zhodnocení a měření na jednotlivých plochách – konec vegetační sezony 2023

Zpracování výsledků – leden, únor 2024

Předložení rukopisu BP – březen 2024

Doporučený rozsah práce

min. 30 ns. odborného textu

Klíčová slova

Borovice lesní, škody zvěří, provenience, ML Plzeň

Doporučené zdroje informací

- BALÁŠ, M., BAŽANT, V., BORŮVKA, V., DIMITROVSKÝ, K., FULÍN, M., KUNEŠ, I., KUPKA, I., MELICHAROVÁ, L., MONDEK, J., PODRÁZSKÝ, V., PRKNOVÁ, H., REŠNEROVÁ, K., ŠÁLEK, L., VACEK, O., VACEK, Z., ZEIDLER, A. 2019. Silvicultural, Production and Environmental Potential of the Main Introduced Tree Species in the Czech Republic. *Lesnická práce, vydavatelství a nakladatelství, Kostelec nad ČERNými lesy*: 186 s.
- PODRÁZSKÝ, V., FULÍN, M., PRKNOVÁ, H., BERAN, F., TŘEŠTÍK, M. 2016. Changes of agricultural land characteristics as a result of afforestation using introduced tree species. *Journal of Forest Science*, 62: 72 – 79.
- PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., VACEK, S., VÍTÁMVÁS, J., GALLO, J., PROKŮPKOVÁ, A., D'ANDREA, G. 2020. Production potential and structural variability of pine stands in the Czech Republic: Scots pine (*Pinus silvestris* L.) vs. introduced pines – case study and problem review. *Journal of Forest Science*, 66 (5): 197 – 207.
- VACEK, S., VACEK, Z., ČUKOR, J., PODRÁZSKÝ, V., GALLO, J. 2022: *Pinus contorta* Douglas ex Loudon and climate change: A literatuře review of opportunities, challenges, and risks in European countries. *Journal of Forest Science*, 68 (9), s. 329 – 343.
- VÍTÁMVÁS, J., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., 2020: Arboreta – lesnické laboratoře? Příklad výsadby různých druhů borovic v arboretu FLD ČZU v Kostelci nad Černými lesy. *Lesnická práce*, 99, č. 11, s. 27 – 29.
- WOHLGEMUTH, T., GOSSNER, M. M., CAMPAGNARO, T., MARCHANTE, H., VAN LOO, M., VACCHIANO, G., CASTRO-DIEZ, P., DOBROWOLSKA, D., GAZDA, A., KEREN, S., KEŠERU, Z., KOPROWSKI, M., LA PORTA, N., MAROZAS, V., NYGAARD, P.H., PODRÁZSKÝ, V., PUCHALKA R., REISMAN-BERMAN, O., STRAIGYTE, L., YLIOJA, T., POTZELBERGER, E., SILVA, JS. 2022: Impact of non-native tree species in Europe on soil properties and biodiversity: a review. *NeoBiota*, 78, 45 – 69.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 3. 5. 2023

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Ohrožení porostů borovice lesní zvěří – lokalita Sofronka a ML Plzeň" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4.4.2024

Marek Bartůněk

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc. za vedení bakalářské práce, doc. Ing. Vlastimilu Hartovi Ph. D. za odbornou konzultaci. Ing. Janovi Kaňákovi Ph. D. za pomoc a vymezení svého volného času za účelem výzkumu v lokalitě Sofronka a panu Antonínu Chyškovi za provedení a poskytnutí obsáhlých informací v lokalitě Městských lesů (dále jen ML) Plzeň.

Ohrožení porostů borovice lesní zvěří – lokalita Sofronka, Plzeň

Souhrn

Borovice lesní je silně spjatá s lokalitou severního Plzeňska už po tisíciletí. Od konce 2. světové války však narůstají stavy spárkaté zvěře, která poškozují kultury a nárosty lesních dřevin. Hlavně v místech s vyššími stavy sičí zvěře vzniká určitý fenomén holin, které i přes velké snahy vlastníků nejdou zalesnit. V práci je popsána problematika škod zvěří, metody sběru dat a jejich výsledky na 3 abioticky podobných lokalitách (oplocené arboretum, Městské lesy Plzeň a Plzeň-sever Pernarec) s rozdílnými způsoby ochrany lesních kultur a nárostů a rozdílně vysokými stavy spárkaté zvěře. Při měření a vyhodnocení výsledků byly použity přejaté metody Národní inventarizace lesů. Dendrometrická část práce se zaměřovala na rozdílnost výšek podle poškození jedince. Výsledky byly porovnány mezi sebou kvůli určení nejvhodnějšího způsobu pěstování a ochrany lesních kultur borovice lesní na území severního Plzeňska.

Výsledkem mé práce bylo potvrzení hypotéz několika autorů, kteří dokazují, že poškození borovice lesní nemá přímý vliv na výšku jedince. Nejvíce poškození byli jedinci v lokalitách s vyšším výskytem sičí zvěře (průměrně 67 % stromků slabě nebo silně poškozeno zvěří) a stromky, které se vyskytovaly bez ochrany na velké ploše oploceného arboreta. Pro snížení celkového poškození obnovy je nejvhodnější vybudování maloplošných oplocenek pro přirozenou obnovu pod mateřským porostem, anebo vytvořením holosečí, kde jsou vhodné podmínky pro přirozenou i umělou obnovu borovice lesní, a kde počty jedinců na hektar přesahují počty deseti tisíc a zároveň je v lokalitě dostatek pastevních příležitostí a široká škála druhů dřevin.

Klíčová slova: borovice lesní, škody zvěří, ochrana lesa, vývoj kultur, provenience, ML Plzeň

Potential of Damages on Stands of Scots Pine – Locality Sofronka, Plzeň

Abstract

The Scots pine has been strongly associated with the northern Pilsen region for thousands of years. Since the end of the Second World War, increasing numbers of wild animals have been damaging the young forest stands. Particularly in places with higher numbers of Sika deer, a certain phenomenon of clearcuts has arisen, which, despite the great efforts of the owners, cannot be reforested. My work describes the problem about damage made by game, methods of data collection and their results at 3 abiotic similar sites (fenced arboretum, Pilsen City Forests and Pilsen-North Pernarec) with different methods of protection of forest cultures and stands and differently large numbers of game animals. For the measurement and evaluation of the results, the methods adopted from the National Forest Inventory were used. The dendrometric part of the work focused on the differences in heights to the damage of the individual. The results were compared with each other, to determine the most suitable method of cultivation for the protection of Scots pine in the northern Pilsen region.

The result of my study was the confirmation of the hypotheses of several authors, who claim that the damage of Scots pine does not directly affect the height of the trees. The most damaged individuals were those localities with a higher incidence of sika deer (on average 67 % of trees weakly or strongly damaged by deer) and trees that occurred without protection in a large area of fenced arboretum. To reduce the overall damage to regeneration, it is most appropriate to build small-scale fencing for natural regeneration under the parent stand, or to create clear-cuts where conditions are suitable for natural and artificial regeneration of Scots pine, and where numbers of individuals per hectare exceed ten thousand, and where there are sufficient grazing opportunities and a wide range of tree species on the site.

Keywords: Scots pine, game damages, forest protection, development of young plantation, provenances, Municipality forests Pilsen

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíl práce	11
3 Literární rešerše.....	12
3.1 Borovice jako rod lesních dřevin	12
3.1.1 Nahosemenné rostliny	12
3.1.2 Jehličnany	12
3.1.3 Borovicotvaré.....	13
3.1.4 Borovicovité	13
3.1.4.1 Borovice lesní:	13
3.1.4.2 Rozšíření borovice lesní	14
3.1.4.3 Biologie borovice lesní.....	14
3.1.4.4 Lesnický význam borovice lesní	15
3.2 Význam provenienčního výzkumu.....	16
3.2.1 Význam proveniencí z hlediska lesního hospodářství	16
3.3 Arboretum Sofronka	16
3.3.1 Historie arboreta Sofronka.....	16
3.3.2 Typologické zařazení arboreta.....	17
3.3.3 Arboretum dnes.....	18
3.4 Škody zvěří na borovici lesní.....	19
3.4.1 Charakter poškození	19
3.4.2 Význam škod v lesním hospodářství.....	20
3.4.3 Škody zvěří na lesních porostech v ČR a Plzeňském kraji	21
3.4.4 Druhy škod na lesních porostech	22
3.4.5 Zvěř selektor jednotlivých druhů	23
4 Metodika	24
4.1 Lokality.....	24
4.1.1 Sofronka	24
4.1.2 Městské lesy.....	28
4.1.3 Honitba Pernarec.....	31
4.2 Sběr a zpracování dat.....	33
4.2.1 Výběr zkusných ploch	33
4.2.2 Měřené veličiny	34
4.2.1 Kategorizace poškození.....	34
4.2.2 Zpracování dat	35

5	Výsledky	35
5.1	Porovnání celkového poškození mezi jednotlivými plochami a lokalitami	35
5.1.1	Poškození na jednotlivých plochách	35
5.1.2	Porovnání celkového poškození mezi jednotlivými lokalitami	37
5.2	Průměrné dendrometrické veličiny naměřené na jednotlivých plochách	38
5.2.1	Dendrometrické veličiny na jednotlivých plochách.....	38
5.2.2	Dendrometrické veličiny na jednotlivých lokalitách	39
5.3	Vliv poškození na výšku na jednotlivých lokalitách	40
5.3.1	Celkový vliv věku a poškození na celkovou výšku stromů.....	40
5.3.2	Sofronka	42
5.3.3	Městské lesy	42
5.3.4	Honitba Pernarec.....	43
6	Diskuze	43
6.1	Poškození na lokalitách	43
6.2	Poškození na jednotlivých plochách.....	44
7	Závěr	46
8	Literatura	47

1 Úvod

Borovice lesní je významná dřevina (16% zastoupení z celkové plochy porostní půdy v ČR) (Ministerstvo zemědělství ©2022), její pěstování má význam pro produkci i stabilitu porostů. Význam borovice může narůst v souvislosti s klimatickou změnou v souvislosti s její odolností vůči nepříznivým stanovištním podmínkám (Vacek et. al., 2021). Zvěř je limitující faktor obnovy a někdy i stability porostů, a proto může být má práce přínosná.

Borové lesy a vysoké stavy zvěře nejsou žádnou výjimkou v lokalitě severního Plzeňska, kde borovice lesní tvoří jednu z hlavních produkčních dřevin na kyselých a extrémních stanovištích. Jakožto student kombinovaného studia a zaměstnanec ÚHÚLu s přístupem k nástrojům a postupům Ústavu jsem zvolil zmapování 3 oblastí z lokalit Plzeň – města a Plzeň-severu.

Od lesnické i laické veřejnosti je vytvářen tlak na vlastníky lesa ve směru znovuoobnovení našich lesů po kalamitě lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus*). Mluví se o lesích nové generace, které budou schopné odolávat klimatické změně, ale budou zároveň do určité míry autochtonní. Tyto podmínky nám splňuje jedna z našich domácích dřevin borovice lesní (*Pinus sylvestris*).

Nejzranitelnější věk borovice lesní se podle Gill (1992) pohybuje ve věku od 5 do 16 let, kdy je poškození pro jednotlivé stromy poškození nejfatálnější, a proto je závažným úkolem zmapovat a zaznamenat interakce mezi přemnoženou zvěří a nově založenými borovými porosty.

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval poškození borovice na nejchudších lesních stanovištích, kde je potravní nabídka a rozmanitost druhů nižší než v průměrných lesních porostech. První část práce je zaměřena na rešeršní zhodnocení borovice lesní, zvěř a škody způsobené zvěří. V druhé části je popsána metodika a způsob měřených veličin částečně podle metodiky Národní inventarizace lesů (dále jen NIL) 4 (Kučera et al., 2019). V závěru práce jsou naměřené výsledky diskutovány s výstupy ostatních autorů a navržena doporučení pro lesnickou praxi.

2 Cíl práce

Cílem práce je zpracování literární rešerše s problematikou ohrožení borovice lesní zvěří, dopadů na postupy pěstování lesa a zhodnocení této problematiky na lokalitě Sofronka, ML Plzeň, srovnání vlivu ochrany v rámci Arboreta a problematiky škod zvěří mimo vlastní lokalitu. Výsledkem bude:

- přehled problematiky poškozování borovice lesní zvěří, možnosti jejich snížení lesopěstebními opatřeními,
- zhodnocení významu škod zvěří na lokalitě Sofronka – chráněné a nechráněné lokality, význam škod zvěří u ML Plzeň, dopady na pěstování lesů, příprava ploch pro další sledování.

3 Literární rešerše

3.1 Borovice jako rod lesních dřevin

Borovice jsou významným rodem dřevin, který lze začlenit do klasifikace podle Carla Linné. Začlenění rodu *Pinus* (borovice) podle biologické klasifikace:

Říše: rostliny (*Plantae*)

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení: nahosemenné (*Pinophyta*)

Třída: jehličnany (*Pinopsida*)

Řád: borovicotvaré (*Pinales*)

Čeleď: borovicovité (*Pinaceae*)

Rod: Borovice (*Pinus*)

3.1.1 Nahosemenné rostliny

Toto oddělení je z fylogenetického hlediska velmi stará skupina rostlin, vydělení této skupiny rostlin je datováno do období karbonu (prvohory). Vrchol vývoje těchto rostlin nastal v druhohorách. Mezi nahosemenné rostliny řadíme jinany, cykasy a jehličnany. Pro mou práci je nejdůležitější třetí jmenovaná třída jehličnany. Oddělení se vyznačuje nedokonalou ochranou semen, která jsou většinou volně ložené v plodolistu, z něhož vznikne podpůrná šupina. Rostliny nemají květní obaly ani blizny. Cévní svazky jsou nejčastěji tvořeny tracheidy (cévicemi). Tvorba buněk probíhá v šišticích, nahosemenné rostliny mohou být dvoudomé (některé jehličnany, cykasy a jinany), anebo jednodomé (většina jehličnanů). Nahosemenné rostliny jsou opylovány větrem. Díky činnosti kambia nahosemenné rostliny druhotně tloustnou (Heike, 2019).

3.1.2 Jehličnany

Rostliny keřového (*Pinus mugo*, *Taxus baccata*...), anebo stromového (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*...) růstu. Jehličnany mají listy jehlicovité anebo elipticky šupinovitě povětšinou s jedinou žilkou. Většinou jehlice vytrvávají několik let a pak jsou po částech obnovovány. V jehlicích, a i kmenech se mohou vyskytovat pryskyřičné kanálky, které se u stromů vyvinuly jako mechanismus v evolučním zbrojení ve vztahu producentů a konzumentů prvního řádu v průběhu času (Heike, 2019).

Pryskyřice pak obsahují terpeny, silice a éterické oleje, které u srnčí zvěře pak vyvolávají zánětlivé změny zažívadel a parenchymatózních orgánů, jež vedou buď ke ztrátě vitality poškozených jedinců, nebo k úhynu. S ohledem na toto tvrzení můžeme předpokládat koevoluci mezi býložravci a jehličnany (Hanzal et al., 2017).

Jehličnany v zimním období v podmínkách mírného pásu jsou uzpůsobeny přečkat dobu vegetačního klidu, díky silné voskové vrstvě, která se utvoří na jehlicích a uzavře průduchy. Díky cukernatým látkám v míze je zamezeno promrzání jehlic, ale díky zvýšené koncentraci sacharidů se zvedá i výživová hodnota jehličnatého nehroubí v kombinaci se sníženou potravní nabídkou pro divoké přežvýkavce se vytváří zvýšené riziko poškození stromu spárkatou zvěří (Belova, 2012).

3.1.3 Borovicotvaré

Nejstarší zástupci z řad borovicotvarých se objevují už v čase druhohor. V dnešní době borovicotvaré pokrývají až jednu třetinu lesů světa. Díky malé ploše jehlic je výpar vody ze stromů a keřů nižší. Jehlice nejčastěji vyrůstají z brachyblastů anebo svazků. Období do úplného dozrání semena a následné vypadnutí semene s křídélky z šišky může v závislosti na druhu trvat od jednoho do tří let, výjimku tvoří borovice, které jsou vázané na stanoviště s výskytem požárů (Heike, 2019).

3.1.4 Borovicovité

Stromy a keře s hladkou, šupinovitě odlupčivou anebo zbrázděnou borkou. Stromy jsou jednodomé. Šišky jsou tvrdé a mohou se otevírat ještě na větvích nebo až při extrémních situacích (požáry), anebo rozpadavé (jedle), kdy se zralé šišky rozpadají ještě na větvích a po šiškách zbývá na stromech pouze vřeteno. Semena jsou opatřena takzvaným křídélkem, které pomáhá semenu se rozšiřovat do širšího okolí pomocí větru a vody. Semena mohou roznášet i živočichové (Bitner, 2012).

Výskyt je převážně na severní polokouli. Většinou rostou ve vyšších nadmořských výškách než listnaté dřeviny. V tropech a subtropích se rostliny vyskytují výhradně na horách (Heike, 2019).

3.1.4.1 Borovice lesní:

Borovice lesní je jeden z nejvýznamnějších domácích druhů našich dřevin. Po smrku je to druhá nejpěstovanější dřevina v lesní hospodářství (dále jen LH). Jedná se o do hloubky

prozkoumaný druh, a to díky svému širokému rozšíření, ekonomickému významu a využití při obnově na extrémních a kyselých řadách jako důležitá základní dřevina. Lze předpokládat, že zastoupení borovice lesní bude ještě stoupat, a to kvůli kůrovcové kalamitě, která zasáhla Českou republiku. Na kalamitních plochách jsou totiž vhodné podmínky pro umělou obnovu borovice lesní (Ministerstvo zemědělství ©2022).

V posledních letech se v lesních porostech začalo objevovat více borových souší, než tomu bylo v historii. Hlavní příčinou této zvýšené mortality jsou extrémní teploty a snížený podíl srážek v letních měsících. Oslabené stromy potom následně reagují sníženou obranyschopností na houbová onemocnění a napadení hmyzem. Lze to vyzorovat na zvýšené defoliaci v jednotlivých porostech. Nejohroženějšími porosty jsou extrémní stanoviště s jižní expozicí (Ministerstvo zemědělství ©2022).

3.1.4.2 Rozšíření borovice lesní

Borovice lesní je dřevinou s jedním z největších areálů rozšíření. Roste od pohoří Sierra Nevada v jižním Španělsku až po severské státy Evropy, kde zasahuje až za polární kruh. Borovici lesní může růst od hladiny moře až po 2400 m.n.m. (metrů nad mořem) (na Kavkaze až 2700 m.n.m.) (Obr. 1). Hlavním obdobím rozšíření nastalo během oteplení v pozdním glaciálu a počátkem holocénu, kde se borovice rozšířila z refugií ve střední Evropě, avšak po dalších otepleních se začaly objevovat i další druhy (duby, jilmy, lísky, javory a lípy) díky, kterým se rozšíření borovice přesunulo spíše na extrémní stanoviště (Leugnerová, 2022).



Obr. 1 - Rozšíření borovice lesní. Foto Giovanni Caudullo et al. 2017

3.1.4.3 Biologie borovice lesní

Mezi schopnosti dřeviny patří mrazuvzdornost, pozdní ani rané mrazíky stromy až na výjimky nepoškozuje, dokážou být odolné vůči znečištěnému ovzduší. Díky kulovému

kořenovému systému dokážou stromy odolávat vyšším teplotám a silnějšímu větru, což ale borovice nesnáší dobře jsou zasolené půdy v našich podmínkách vznikajících zimními posypy cest a silnic a v mládí poškození zvěří. Preferuje hlubší písčito-hlinité, mírně vlhké a kyselé půdy. Přizpůsobí se i extrémním stanovištím (skalnaté suché skály, vlhčí až mokřadní stanoviště) (Heike, 2019).

3.1.4.4 Lesnický význam borovice lesní

Borovice lesní je z hlediska národního lesnického hospodářství vysoce významná a ceněná dřevina. Zastoupení v českých lesích činí 16 % (418 530 ha). V roce 2021 se sebralo pro potřeby LH 45 341 kg semenného materiálu z odhadovaných 40 000 potřebných kilogramů. Z lesních školek jsou pak sazenice borovice lesní exportovány jako pátý nejčastější druh. Z hlediska trendů, podíl umělé obnovy borovice lesní klesl za 20 let o 4,4 % (z 11,9 % v roce 2000 na 7,5 % v roce 2021). Vzhledem ke kůrovcové kalamitě v předešlých letech plocha holin zalesněna umělou obnovou borovicí stoupla v roce 2021 z 2597 ha na 3074 ha (Ministerstvo zemědělství ©2022).

Z pohledu budoucnosti lesního hospodářství má borovice lesní neodmyslitelné místo v našich lesích díky svým produkčním schopnostem a nižším nárokům na stanoviště. Tyto schopnosti mohou být v budoucnu využity k vybudování odolnějších lesních komplexů. Vegetační doba se prodlužuje, průměrné teploty stoupají a srážky mění frekvenci, intenzitu nebo období, kdy se dostavují (Zahradníček et al., 2021).

Dřevozpracující průmysl v ČR je zaměřen na zpracování povětšinou jehličnatého dřeva střední až nižší kvality, dále je na vzestupu i bioenergetika. Zvyšující se trend přírodě blízkého hospodaření nahrává jak trhu, tak i zvěři (Podrázský a Remeš, 2006).

Upuštění od holosečného hospodaření umožňuje pěstovat dřeviny pod clonou mateřských porostů a vytváření bohatých a více etážových porostů, které skýtají vyšší podíl potravní nabídky pro býložravce, ale i lepší podmínky krytu (Hanzal et al., 2017).

V Německu se podíl vyrobené elektřiny ze dřeva přibližně rovná energii vyrobené větrnými elektrárnami a podíl tepelné energie vyrobené ze dřeva nebo dřevních produktů tvořil až 65 %. Na nově vzniklých kalamitních holinách nám s problémem tvorby dřevní biomasy může pomoci slunná a částečně sucho tolerantní borovice lesní (Hodboď, 2021).

Borovice lesní společně s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga manziessii*) a modřínem opadavým (*Larix decidua*) podle Vacka et al. (2021) jsou nejodolnějšími jehličnatými dřevinami s vysokou produkcí.

3.2 Význam provenienčního výzkumu

3.2.1 Význam proveniencí z hlediska lesního hospodářství

Výzkum přirozené rezistence jednotlivců ukázal, že genetické variace znaků jsou velmi různorodé. Různorodost znaku je způsobená mírou výskytu sekundárních rostlinných metabolitů (SRM), které ve výsledku snižují podíl poškození jednotlivců. Obsah SRM je z pohledu ochrany lesa trvalejší než většina přípravků na ochranu dřevin. Obsah SRM je geneticky variabilní a má vysoký podíl dědičnosti. Díky výzkumu můžeme tyto hodnoty definovat a rozdělit jednotlivé genotypy podle schopnosti odolávat a zabraňovat poškození způsobené býložravci (Iason et al., 2011).

V minulosti dendrometrická měření prokázala, že rozdíly mezi určitými proveniencemi jsou rozdílné. Za zmínku stojí výzkum borovice černé (*Pinus nigra*) v arboretu Sofronka z roku 2020, kdy provenience Cazorla měla o 6 metrů menší střední výšku, až o 10 centimetrů menší střední výčetní tloušťku oproti provenienci Koekelare. Provenience Koekelare vznikla syntetickou cestou, uměle vytvořenou proveniencí, která nám dokládá důležitost výzkumu a šlechtění v LH. Celková zásoba (m^3/ha) provenience Cazorla byla pětkrát menší a celkový průměrný přírůst ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok$) sedmkrát menší oproti provenienci Les Barres (Podrázský et al., 2022).

3.3 Arboretum Sofronka

3.3.1 Historie arboreta Sofronka

Arboretum založil v roce 1956 Ing. Karel Kaňák, CSc. Z hospodářských lesů nacházejících se v majetku Státních lesů (polesí Bolevec) se po vykácení původních porostů vytvořil prostor pro první výsadby introdukovaných i domácích druhů borovic. V roce 1965 byla do arboreta umístěna meteorologická stanice, která byla v roce 1969 byla začleněna do klimatologické sítě Českého hydrometeorologického ústavu. Od roku 1986 do roku 2022 byl vedoucím arboreta Ing. Jan Kaňák PhD. Současně vznikly srovnávací plochy v Jihočeském a Královohradeckém kraji. Podmínky na srovnávacích plochách jsou podobné podmínkám arboreta Sofronka. Výsadby byly prováděny jako v lesním provozu, a to ve sponech 1x1 (1 m^2 na sazenici) resp. 2x2 (4 m^2 na sazenici). Takto zasázené sazenice byly rozděleny do bloků v podobě čtverců anebo obdélníků po 100-200 sazenicích od každého ze vzorku populací na blok (Kaňák a Kaňák, 2016).

V roce 1983 v souvislosti s potřebami výzkumu vznikly výzkumné plochy na území spravující LS Klášterec nad Ohří, jako snaha o řešení obnovy lesa na územích, která byla poškozena imisními spady (Arboretum Sofronka, 2023). Nutno podotknout vysoký potenciál umělé obnovy pomocí borovice pokroucené (*Pinus contorta*), která však nebyla schopna ustát vysoké stavy jelení zvěře v Krušných horách v té době (Kaňák, 2023).

Arboretum se v minulosti nacházelo v majetku Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM), ale kvůli zkracování rozpočtu VÚLHM od 1.1.2010 přešlo Arboretum do majetku města Plzně pod správu veřejných statků. V historii byl celý areál oplocen a zajištěn proti vniknutí zvěře (Kaňák a Kaňák, 2016).

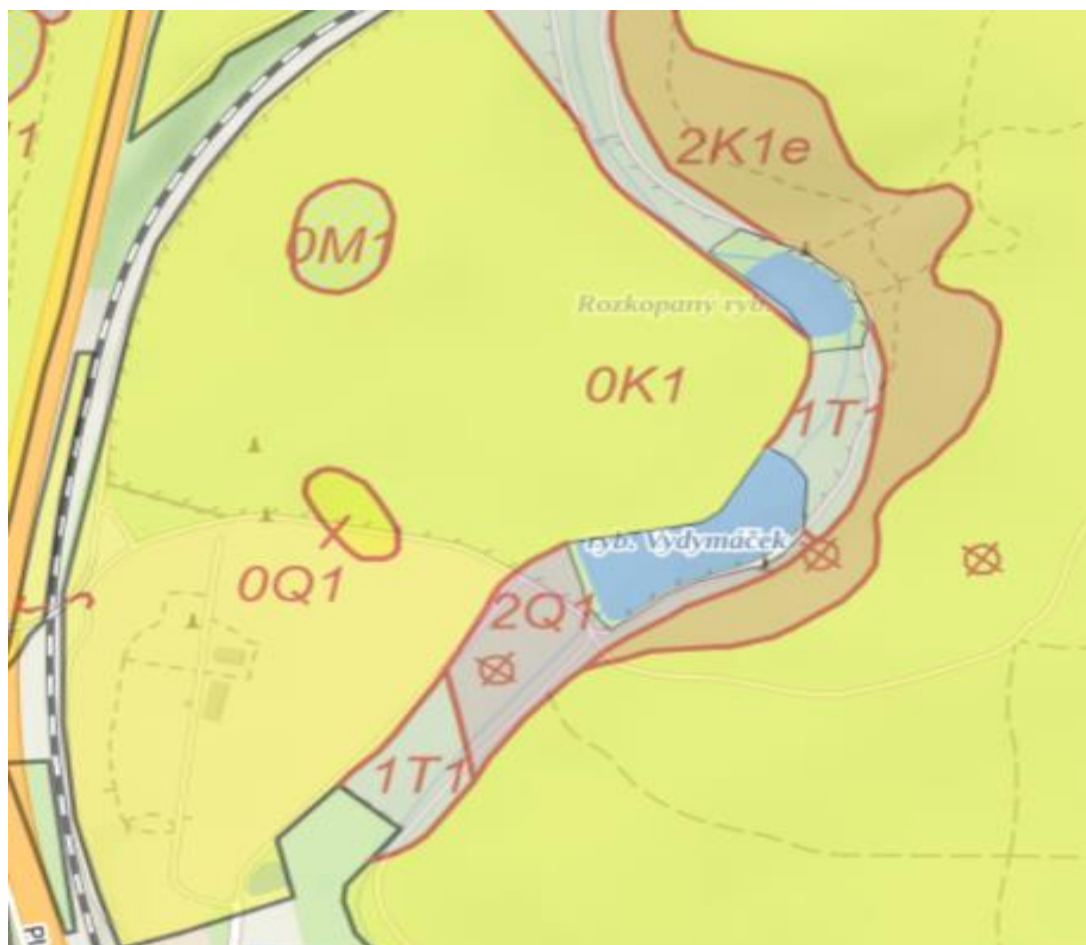
3.3.2 Typologické zařazení arboreta

Na území arboreta se nachází 5 druhů lesních typů (ÚHÚL: Oblastní plány rozvoje lesů© 2022):

1. **0K1** – **dubový bor borůvkový** (*Vaccinium myrtillus* na dystrické kambizemi) - Nejčastěji jsou to podzoly arenické. Typickou hlavní dřevinou na těchto stanovištích je borovice lesní 8-9 s příměsí dubu zimního (*Quercus petraea*) 1, buku lesního (*Fagus sylvatica*) 1. Na stanovišti se může nalézat i bříza bělokorá (*Betula pendula*) +. Riziko pro stanoviště může být degradace půdy a sucho.
2. **0M1** – **chudý (dubový) bor** (*Querceto-Pinetum oligotrophicum*) **vřesový** (*Calluna vulgaris*) – Vyskytuje se na kamenitých půdách pískovců (písečité až šterkovité, shora propustná, vysychavá, silně acidózní půda). Přírozená skladba dřevin je borovice lesní 9-10 s příměsí břízy bělokoré ±1. Ohrožení pro stanoviště nejčastěji bývá z hlediska sucha a degradace na stanovištích
3. **0Q1** – **chudý jedlo-dubový bor** (*Pinetum quercino-abietinum variohumidum oligotrophicum*) **borůvkový** (*Vaccinium myrtillus*) – Půda je se střídavou vlhkostí s vyšším podílem jílu a písku až kaolinická. Typická přírozená skladba dřevin je borovice lesní 7 s příměsí dubu letního (*Quercus robur*) 1, smrku ztepilého, anebo jedle bělokoré (*Abies alba*) 1 a břízy bělokoré 1. bývá nejčastěji ohrožené vysycháním, promrzáním a degradací zeminy.
4. **2Q1** – **chudá jedlová doubrava** (*Quercetum abietinum variohumidum oligotrophicum*) **borůvkový** (*Vaccinium myrtillus*) – Chudé půdy vyskytující se v lokalitách, kde se nachází kyselé horniny. Zem je střídavě vlhká až vysychavá půda, hlinitá až jílovitě hlinitá. Přírozená skladba dřevin je pestrá – dub letní 3, jedle bělokorá 2-4, smrk ztepilý 0-1, borovice lesní ± 3, buk lesní ± 2, bříza bělokorá ± 2, topol osika (*Populus tremula*)

+ Hlavní ohrožení pro stanoviště bývá degradace půdy, vysychání a střední ohrožení zarůstání buřínů.

5. **1T1** – Březová olšina (*Betuleto-Alnetum (paludosum oligotrophicum)*) bezkolencový (*Molinia arundinacea*) – Zem je trvale zamokřená, až bahnitá, minerálně chudší až písčito – jílovitá. Přirozeně dřevinná skladba, která se na lesním typu nachází, je hlediska mé práce minoritní. Půda ohrožená zvýšeným zamokřením, zvýšené zarůstání buřínů a možný výskyt mrazových kotlin (Viewegh, 2003).



Obr. 2 - Typologická mapa arboreta (ÚHÚL: Oblastní plány rozvoje lesů© 2022)

3.3.3 Arboretum dnes

V současné době je Sofronka využívána spíše k rekreačním účelům občanů města Plzně než k lesnickému výzkumu. V zoo koutku je drženo 17 kusů daňka skvrnitého 3 dospělí daňci, 8 daněl a 6 daňčat. V této části arboreta byl výzkum introdukovaných borovic už ukončen. V areálu se nachází školka a často zde probíhá program lesní pedagogiky (Kaňák, 2023).

Na této ploše, jak to bývá v oborách s vysokou populací zvěře, přirozená obnova nemá šanci na odrůstání vlivu zvěře. V důsledku nedostatečné výživy lze pozorovat loupání na

starších stromech. S příjmem kůry je zvěř donucena k vyšší tvorbě slin se zásaditou reakcí, které zvyšují pH v bacheru a tím zabraňují bacherové acidóze (Červený et al., 2019).

V minulosti došlo k několika únikům dančí zvěře, která způsobila nemalé škody na přirozené obnově v arboretu. Zajímavá byla povaha škod, kterou uniklá dančí zvěř způsobila na nedalekém kotlíku mladých dřevin (do 15 let věku, do 3 metrů výšky smíšený porost keřů a stromů). Většina dřevin byla skousnuta v kohoutkové výšce dančí zvěře. O nižší letorosty zvěř neprojevila větší zájem (Obr. 3) (Kaňák, 2023).



Obr. 3 - Poškození dřevin po úniku daňků

Na celém území arboreta se vyskytuje přirozená obnova jak domácích druhů dřevin, tak i dřevin introdukovaných. Do arboreta se většina druhů přeneslo zoochorní anebo anemochorní cestou. Určitý unikát na našem území můžeme vnímat mezidruhové křížení jednotlivých druhů borovic (Kaňák a Kaňák, 2016).

3.4 Škody zvěří na borovici lesní

3.4.1 Charakter poškození

Rostliny a mezi nimi i dřeviny si po celou dobu svého vývoje vyvinuly mechanismy proti poškození býložravci. Odolnost a tolerance jsou hlavními aspekty díky kterým se rostlina proti poškození brání, kdy odolnost uvažujeme jako schopnost rostliny se bránit vzniku poškození a toleranci jako schopnost snížení dopadů na kondici rostliny po vzniku poškození. Tyto vlastnosti vznikají v důsledku selektivních tlaků na jednotlivé organismy v průběhu evoluce. Odolnost i tolerance pak dohromady dávají celkovou obranyschopnost stromu. Rostlina se nemůže spolehnout pouze na jednu obrannou vlastnost, protože by tím nepokryla strategii všech býložravců a patogenů. Nutno zmínit, že u poškozených stromů je vyšší mortalita než u stromů

nepoškozených. Poškozené stromy v následujícím roce mají delší a větší pupeny, avšak tloušťkový přírůst je menší než u nepoškozených stromů (O'Reilly et al., 2014).

V roce 2021 byla pozorována zvýšená mortalita většiny jehličnanů na celém území ČR, způsobená podkorním hmyzem, ale s mírnější intenzitou než v minulých letech. Problém s prosycháním a odumíráním porostů borovice lesní byl v minulých létech významný a nezanedbatelný (Ministerstvo zemědělství ©2022).

Mezi důležitá fakta patří, že tolerance je jen zřídka absolutní. Některé rostliny, které se zotavily z poškození, se dokonce vyznačovaly lepším zdravotním stavem a vyšším přírůstem než jedinci nepoškození. Schopnost rostliny zotavit se může také ukázat jako užitečná strategie ke zmírnění škod. Některé rostliny se plně zotavují z poškození, zatímco jiné dokonce nadměrně kompenzují poškození tím, že dosahují větších přírůstků čisté biomasy než rostliny bez poškození. Procentuálně však poškozené stromy mají horší zdravotní stav a zvýšenou mortalitu (O'Reilly et al., 2014).

Tato tvrzení jsou v rozepři s výzkumem Cukora et al., (2022), který říká, že stromy poškozené povětšinou neztrácejí na výškovém přírůstu, ale na borovicích poškozených loupáním od sičí zvěře znatelně ubývá přírůst průměru kmene, lze pozorovat menší nárůst objemu kmene. Nutno však zmínit, že méně poškozené stromy vykazovaly větší průměrný i maximální přírůst za jedno vegetační období. Lze sledovat, že u stromů s mírným poškozením (poškození $> 1/8$ a $\leq 1/3$ obvodu kmene) nebyl nalezen žádný významný rozdíl v objemovém přírůstu mezi nepoškozenými a mírně poškozenými jedinci borovice lesní.

Býložravce můžeme vnímat jako určité selektory rostlinných druhů, nikoliv však jako selektory mezi jednotlivými proveniencemi stejného druhu, někteří jedinci stejného druhu i proveniencie mohou vykazovat rozdílný obsah SRM. V laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že jelen evropský (*Cervus elaphus*) upřednostňoval při okusu pupeny podle velikosti (větší pupeny častěji, než pupeny menší) před jehličím (Iason et al., 2011).

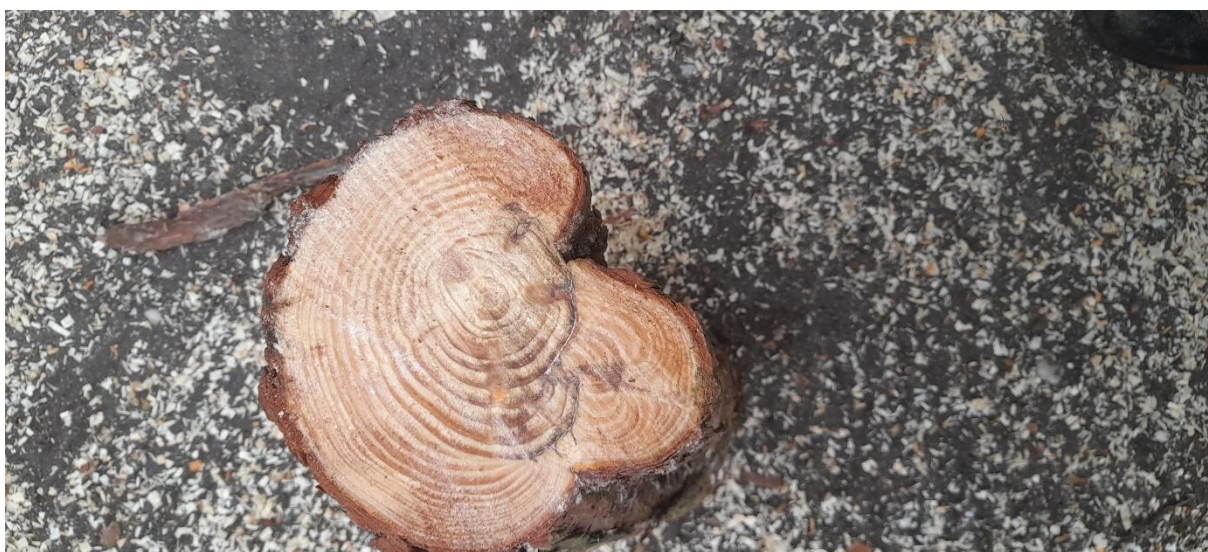
Dusík se v borovici lesní ukládá do jehlic, takže při poškození pupenů může stromek čerpat ze zásoby dusíku právě z asimilačních orgánů (remobilizace) a díky tomu úspěšně tyto pupeny regenerovat, a proto škody zvěří oslabují borovice a snižují schopnost regenerace jedinců (O'Reilly et al., 2014).

3.4.2 Význam škod v lesním hospodářství

Škody v LH mají negativní dopad, jak na ekonomickou, tak i biologickou stránku hospodaření. Z historie už víme, že zvěř (převážně spárkatá) může být selektorem jednotlivých druhů rostlin a silně ovlivňovat jejich rozšíření (Belova, 2012).

Pro správné fungování LH je nutné naslouchat požadavkům společnosti na produkční i mimoprodukční funkci lesů, které se vyvíjejí stejně jako již zmíněná společnost. Mezi tyto požadavky patří masová produkce sortimentů nižší kvality i rozměrů, kam spadají i kmeny v historii poškozené zvěří. Stoupá i poptávka po vláknině a agregátové kulatině (Podrázský a Remeš, 2006).

Produkce biomasy klesá po poškození spárkatou zvěří, tudíž škody zvěří musíme vnímat jako trojitě ekonomické nebezpečí, jednak kvůli zhoršení zdravotního stavu a s tím spojené i snížení kvality dřevní hmoty a následný úbytek objemové produkce, ale i snížení stability lesních porostů (Obr. 4) (Cukor et al., 2022).



Obr. 4 – Příčný řez na kmeni poškozené borovice lesní

3.4.3 Škody zvěří na lesních porostech v ČR a Plzeňském kraji

Podle výsledků NIL 2 nejvyšší zastoupení borovice lesní v obnově je do 400 m.n.m., kdy podíl obnovy dosahoval 6,8 %. S postupně se zvyšující nadmořskou výškou klesá zastoupení borovice lesní jako dřeviny použité v obnově. V polohách nad 700 m.n.m. činí podíl na obnově už jenom 0,3 %.

Škody zvěří však zaujímají opačný trend, kdy podíl poškození jednotlivých dřevin stoupá s nadmořskou výškou. Podíl poškozených jedinců pod 400 m.n.m. činí 3,2 %. V lokalitách nad 700 m.n.m. už je podíl 18,1 % poškozených jedinců z podílu obnovy (Kučera et al., 2019).

Riziko pro borovici lesní tak v tak vysoké míře nepřestavuje jelen evropský, který byl z nižších poloh vytlačen do vyšších nadmořských výšek, ale všude přítomná srnčí zvěř, která

se až na některé výjimky vyskytuje na území celé ČR a zvěř sičí, která je hojně a ve vysokém počtu zastoupena na území Plzeňska (Červený et al., 2019).

3.4.4 Druhy škod na lesních porostech

Mezi nejčastější škody způsobené naší zvěře řadíme vytloukání (Obr. 5), ohryz, loupání a okus (Obr. 5). Až na vytloukání, všechny ostatní významné škody souvisí s potravními potřebami zvěře. V dnešní době intenzivního využívání kultivované půdy, a ještě intenzivnějšího neodborného přikrmování hlavně jádrem a někdy dokonce i zbytky lidských potravin (suché pečivo, prošlé zboží, shnilá zelenina a ovoce...) je přežvýkavá zvěř ohrožována nadměrným požíváním jednoduchých sacharidů. Zvěř potom trpí na acidózy zažívacího traktu, které se snaží řešit rychlým příjmem hrubé vlákniny, která je bohatě obsažená v kůře stromů a keřů (Hanzal et.al., 2017).



Obr. 5 – Vytloukání na borovici

Přežvýkavou zvěř v České republice lze rozdělit do 3 skupin podle potravní specializace na: okusovače (foliavora), spásače (graminivoria) a oportunisty (herbivora). Mezi typické a nejrozšířenější okusovače se řadí srnec obecný (*Capreolus capreolus*), který se soustředí na dvouděložné rostliny a terminální pupeny a výhony stromů a keřů. Mezi spásači můžeme nalézt muflona (*Ovis musimon*) a zubra evropského (*Bison bonasus*), tato zvěř se zaměřuje na spásání tvrdých trav a potravu s vyšším obsahem celulózy. Do poslední kategorie zařazujeme jelena evropského, daňka skvrnitého (*Dama dama*) a zvěř sičí. Oportunisté mohou přijímat potravu jako spásači či okusovači, mohou se zaměřit na byliny jednoděložné i dvouděložné, na mladé výhony a pupeny, ale i na kůru a starší výhony stromů (Červený et al., 2019).

Mezi býložravou zvěř s jednoduchým žaludkem, jenž v našich lesích působí škody na lesních kulturách patří zajíc polní (*Lepus europaeus*). Tito zástupci zajícovitých okusují kůru

v sadech, vinicích a lesích převážně v zimních měsících. Poslední z významných a nejrozšířenějších všežravců s jednodokomorovým žaludkem patří prase divoké (*Sus scrofa*). Prasata přijímají až 90 % potravy rostlinného původu. Škody nalézáme převážně na kultivované půdě a trvalých travních porostech. V LH mluvíme o škodách černou zvěří v souvislosti s vyrýváním sazenic. Jinak prasata mají i pozitivní vliv na hospodaření v lesích požíráním škůdců, hlavně pak hlodavců a bezobratlých (Červený et al., 2016).



Obr. 6 – Okus na javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) poblíž plotu arboreta

3.4.5 Zvěř selektor jednotlivých druhů

Už v historii se ukázalo, že zvířata mohou být určitými selektory jednotlivých druhů. Tento fakt o to více platí v případě vztahů mezi velkými býložravými kopytníky a rostlinami. Zvěř většinou upřednostňuje listnaté dřeviny, které mohou konkurovat jehličnatým dřevinám, nebo je ze stanoviště úplně vytlačit. Plak zvěře pak v přirozených podmínkách selektuje jednotlivé druhy dřevin. Mnohem výraznější poškození dřevin na stanovištích vzniká, pokud není přítomna bylinná vegetace (Stokely a Betts, 2019).

Dlouhodobou rovnováhu narušují invazivní druhy, které se do lokalit mohou dostat buď přirozenou cestou, anebo s pomocí člověka. Mezi deseti nejinvazivnějšími evropskými druhy je i jelen sika (*Cervus nippon*) a nutrie říční (*Myocastor coypus*). První jmenovaný druh v našich lesích funguje jako silný selektor jednotlivých druhů. Na místech s vysokou populační hustotou jelen sika vytlačuje listnaté dřeviny, jedli bělokorou i douglasku tisolistou. Běžné

hospodářské jehličnany a pionýrské dřeviny pak silně poškozuje silným okusem a loupáním (Gallardo, 2014).

4 Metodika

4.1 Lokality

Na jednotlivých stanovištích byly určeny podmínky obnovy borovice lesní: expozice, sklon, zastoupení clonné plochy a světlostní podmínky jakožto limitující faktor pro růst borovice lesní. Dále byl určen soubor lesních typů, druh půdy a vlhkost půdy, která úzce souvisí s dřevinnou skladbou a podmínkami na stanovišti. V tabulkách je i popsán typ ochrany obnovy. Celé to shrnuje vhodnost podmínek (Tabulka 1.-8.).

4.1.1 Sofronka

Výzkum probíhal na severu města Plzeň v městské části Plzeň-Bolevec. Arboretum Sofronka se nachází na značně chudých, písčítých stanovištích s nízkým podílem humusu. Zem je písčítá, propustná, vysýchavá. Arboretum bylo založeno na jižní expozici v nadmořské výšce 330 až 350 m.n.m. Z hlediska lesního vegetačního stupně se lokalita nachází ve 2. (bukodubový) stupni a PLO 6 (Západočeská pahorkatina. Průměrná roční teplota byla naměřena na 7,3 stupně Celsia (od roku 1998). V lokalitě průměrně spadne okolo 525 mm srážek. Délka slunečního svitu byla průměrně naměřena na 1260 hodin ročně. Permokarbonské hlinité písky a arkózy s malou tepelnou akumulací, a proto je půda náchylná na brzké a pozdní mrazy (Arboretum Sofronka Plzeň, 2022).

Výzkumné plochy byly zakládány v 1x1 metrovém sponu. Sadební materiál na zakládání ploch byl vypěstován ve vlastní školce arboreta. Arboretum je oploceno dvoumetrovým čtyřhranným pletivem po celém obvodu arboreta. Jako vstupy slouží brány, které se pravidelně zamykají (Kaňák a Kaňák, 2016).

V arboretu Sofronka je minimální výskyt zvěře. Občas se zde vyskytne kus samčí srnčí zvěře, která nejčastěji poškozuje listnaté dřeviny okusem a většinu dřeviny do určitého průměru vytloukáním anebo pokud se poškodí ohradník ze zoo koutku s dančí zvěří, vbíhá dančí zvěř do porostů arboreta a konzumuje zde z bylinného patra, které je však na chudých a kyselých borových stanovištích zastoupen jen málo druhů, a tak dančí zvěř vyhledává mladé dřeviny, zejména listnaté (Obr. 6 a 7). (Kaňák, 2023).



Obr. 7 - Silně poškozené listnáče okusem v lokalitě ML Plzeň

Zkoumaní jedinci jsou výsledkem samovolného křížení mezi jednotlivými proveniencemi borovice lesní. Po celé ploše se vyskytuje brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), které pokrývají až 60 % bylinného patra. Území arboreta bylo rozděleno na tři porosty rozdílného typu, na kterých bylo provedeno měření:

1. Přirozená obnova (PO) na okraji porostu (Obr. 8):

Situace v krajině ČR je taková, že povětšinou kategorie les navazuje na nelesní pozemky (kultivovaná půda, travní porosty, sídla) a tím vzniká ekotonální efekt, který vytváří rozdílné podmínky než ty, ve vnitru porostu. Zde se jedná o plochu, která navazuje na edukativní plochu pro děti, kde je dostatek světla. Kvůli úpravě pozemku pro zlepšení pohybu dětí zde proběhlo shrnutí půdního krytu a stržení humusových horizontů. Plocha s nadprůměrným počtem jedinců

místy až 100 000 ks/ha. Povětšinou stejná věková struktura. Výskyt vícero druhů borovic, převážně borovice lesní, ale i borovice pokroucené, borovice černé, borovice Banksova (*Pinus Banksiana*) (Kaňák,2023).



Obr. 8 – Ekotonální stanoviště na okraji Arboreta Sofronka

Tab. 1 - Podmínky na ekotonálním stanovišti

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
J Porost směrem na jih otevřen	3° (plošiny)	OK1	písčitá	Vhodné podmínky k obnově	Oplocení arboreta, funkční plot do 2 metrů	Světlé stanoviště	Suché	Do 10 %

2. Přirozená obnova pod porostem introdukovaných borovic:

Typická plocha pro arboretum, která se vyskytuje na území arboreta. U některých druhů introdukovaných borovic byl výzkum ukončen z důvodu rozpadu těchto plošek (povětšinou kvůli neschopnosti jednotlivých druhů se přizpůsobit abiotickým faktorům ČR). Na těchto světlejších stanovištích s částečnou clonou mateřského porostu si borovice našla své místo jako pionýrská dřevina (Obr. 9). Narušení půdního krytu, humusových forem a odcloněním mateřského dalo za vznik vhodným podmínkám pro obnovu. Vytvoření ideálních podmínek pro borovici lesní. Výskyt přirozené obnovy do 1000 ks/ha. Obnova roztroušeně s vyšším věkovým rozdílem.



Obr. 9 – Zajištěná přirozená obnova na zkusné ploše, kde byl výzkum introdukovaných jehličnanů už ukončen

Tabulka 2 - Podmínky pod porosty introdukovaných borovic v Arboretu Sofronka

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
	Průměrně 4° (plošiny)	OK1 OM1	písčité	Částečně vhodné podmínky k obnově	Oplocení arboreta, funkční plot do 2 metrů	Světlé až částečně světlé	Suché	20 % v ředinách, až 60 % v zapojených porostech

3. Přirozená obnova pod plně zapojenými porosty borovice lesní:

Nejméně vhodné podmínky pod plně zapojeným porostem, mladé stromky jsou limitovány světlostními podmínkami pod mateřským porostem. Přirozená obnova byla volně roztroušena po celé horní části arboreta. V areálu arboreta se vyskytuje i mnoho jiných zástupců druhů než borovicovitých. Mezi časté druhy zde patří dub letní (*Quercus robur*), dub zimní, javor mleč, javor klen, jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), bříza bělokorá a buk lesní. Obnova roztroušeně s vyšším věkovým rozdílem. Po celé ploše pokrývá vegetace 80 až 90 % (Obr. 10).



Obr. 10 – Typické prostředí v Arboretu Sofronka na zkušných plochách borovice lesní s výskytem brusnice borůvky a brusnice brusinky

Tabulka 3. – Podmínky pod porosty borovice lesní v Arboretu Sofronka

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského o porostu
J V	Průměrně 5° (svahy)	OK1 OM1	písčítá	Méně vhodné až nevhodné podmínky k obnově	Oplocení arboreta, funkční plot do 2 metrů	Částečně zastíněné	Suché	60 až 70 %

4.1.2 Městské lesy

V lokalitě ML Plzeň se nachází zvěř černá, srnčí, a občas i zvěř sičí. Nejpočetnější zvěř v minulosti byla zvěř srnčí, která se v lokalitě vyskytovala mezi minimálními a normovanými stavy. Zvěř sičí, která je z hlediska škod mnohem výraznějším činitelem, se v lokalitách vyskytuje pod minimálními stavy a spíše se do blízkosti Plzně zatoulá z prostředí Plzně-Severu. Zvěř černá je z hlediska škod na borovici lesní zanedbatelný škůdce (Chyška, 2023).

Podmínky abiotické jsou podobné jako v arboretu Sofronka. Navíc se zde vyskytuje SLT – 2Q1 – chudá jedlová doubrava (*Quercetum abietinum variohumidum oligotrophicum*) Rozšíření: na chudých hlínách plošin a mírných svahů v úvalech, pánvích i pahorkatinách; v obvodech kyselých hornin. Půda je střídavě vlhká, vysychavá, hlinitá až jílovitohlinitá, vespod ulehlá (Viewegh, 2003).

Trendem v lokalitě je odkládání výchovných zásahů, absence prostřihávek a výchovné zásahy s nižší intenzitou, ale větším počtem za decennium. Pověšinou se v lokalitě pěstuje borovice lesní, smrk ztepilý, modřín opadavý, duby letní i zimní a pionýrské dřeviny osídlující extrémní stanoviště. Nutno zmínit, že bonity v této lokalitě jsou podprůměrné. V některých lokalitách převládají mimoprodukční funkce lesa, kdy příměstské lokality jsou neustále navštěvovány občany Plzně. V posledních letech je snaha o listnatou a jedlovou umělou obnovu. Borovice se většinou pěstuje podrostrním způsobem hospodaření, kdy se při prvních obnovných sečích snižuje zakmenění odstraněním geneticky nevhodných jedinců (Chyška, 2023). Na lokalitě byly vytvořeny 3 plochy po 50 vzorcích:

1. Přírozená obnova v oplocence poblíž rybníku Kamenného rybníku:

Lokalita s vysokým výskytem lidí (koupání, cyklistika, různé další sporty). Přírozená obnova se nachází pod mateřským porostem (140 let, zakmenění 0,5-0,7) borovice lesní. Je trendem v ML provádět obnovní zásahy s nižší intenzitou (Chyška, 2023).

Oplocenka s různověkou obnovou byla poškozena činností veřejnosti, následně do poškozené oplocenky vnikla zvěř. Mezi borovicí lesní se vyskytují i jedinci dubu zimního, javoru mleče (*Acer platanoides*) a vrby jívy (*Salix caprea*) (Obr. 11).



Obr. 11 - Rozdílná výška mezi jedinci v oplocence a mimo oplocení

Tabulka 4 – Podmínky pod porostem v oplocence u Kamenného rybníka

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
J	Průměrně 8° (svahy)	OK1	písčítá	Méně vhodné	Oplocenka 1,6 m (nefunkční)	Částečně zastíněné	Suché	40 až 50 %

2. Přirozená obnova na holosečích bez ochrany:

Nově vzniklá nezajištěná kultura na pasece veliké 0,85 ha. Obnova je zde bez ochrany, ale ve vysokém počtu s vysokou hustotou a nízkou věkovou diverzitou. Častý výskyt lidí a lidské činnosti (převládání mimoprodukčních funkcí lesa). Převážný výskyt borovice lesní na podílu obnovy (Obr. 12). Dále se vyskytující dřeviny jeřáb ptačí a bříza bělokorá. Ideální podmínky pro přirozenou obnovu světlomilných dřevin (Heike,2019).



Obr. 12 – Vysoký počet jedinců přirozené obnovy na holoseči

Tabulka 5 – Podmínky na holoseči na území ML Plzeň

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
Z	Průměrně 6° (svahy)	OM1	písčítá	Vhodné	Bez ochrany	Světlé stanoviště	Suché	Do 10 % (spíše boční zástín)

3. Umělá obnova na holosečích s individuální ochranou:

Zde se jednalo o dosadbu mezer mezi přirozenou obnovou na holoseči vedle zkusných ploch z 2. skupiny (Přirozená obnova na holoseči bez ochrany). Častý výskyt lidí a lidské činnosti (převládání mimoprodukčních funkcí lesa). Mezi umělou obnovou se místy vyskytovala i přirozená obnova borovice lesní, jeřábu ptačího a břízy bělokoré. Stejnověcí jedinci mají pravidelným sponem (Obr. 13).



Obr. 13 – Kultura po obnově na velkoplošné seči v majetku ML

Tabulka 6 – Podmínky pro umělou obnovu na holoseči

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínek	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
	Průměrně 4° (plošiny)	OM1	písčité	Vhodné	Individuální ochrana (nátěr proti okusu)	Světlé stanoviště	Suché	Do 10 % (spíše boční zástín)

4.1.3 Honitba Pernarec

Plochy byly porovnány s lokalitou s o něco vyšší bonitou i úživností, ale i s vyššími stavy spárkaté zvěře, kde je však stejný důraz na pěstování borovice lesní. V lokalitě jsou lesy často využívány k rekreaci lidí. Jedná se o honitbu s vysokými počty sičí zvěře (průměrný odlov 186 ks ročně) a srnčí zvěře (lov a srážky s auty okolo 50 ks/ročně). Vysoké stavy spárkaté zvěře způsobily, že se začaly plotit i smrkové a borové kultury z důvodu vysokého poškození.

V honitbě kromě intenzivního lovu a rekreaci lidí nedochází do takové míry k rušení zvěře. V lokalitě je vícero druhů vlastníků (LČR s.p, VLS s.p, Obecní lesy Pernarec).

Z hlediska abiotických podmínek je honitba oproti lokalitě poblíž Plzně chladnější (průměrná roční teplota 7,1 °C), s vyšší nadmořskou výškou (v rozmezí od 420 až 526 m.n.m) a s větším úhrnem srážek (528 mm/ročně) (InMeteo, 2023).

Půdní podmínky jsou příbuzné jako v arboretu, vyskytují se povětšinou stanoviště chudší na živiny (K, I, M) anebo ovlivněna vodou (Q, P) v druhém lesním vegetačním stupni (ÚHÚL: Oblastní plány rozvoje lesů© 2022). V oblasti byly vybrány 2 lokality po 50 stromcích:

1. Převaha umělé obnovy vylepšené přirozenou obnovou na holoseči

Kalamitní paseka (0,65ha), na které proběhla umělá obnova sazenicemi 1-1, borovými sazenicemi po roce pasečného klidu. Na ploše rostou velmi agresivní druhy buřeně v převaze s třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*) (Obr. 14), která komplikuje zajištění dané kultury na těchto pozemcích. Stoprocentní zastoupení borovice lesní bylo zjištěno na celé ploše kultury.



Obr. 14 – Kultura borovice lesní s částečnou příměsí přirozené obnovy v honitbě Pernarec

Tabulka 7 – Podmínky na uměle založené kultuře po kůrovcové kalamitě

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínky	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
	Průměrně 3° (plošiny)	2K4	Jílovitě-hlinitá	Vhodné	Individuální ochrana (nátěr proti okusu)	Světlé stanoviště	Sušší	Do 10 % (spíše boční zástin)

2. Přirozená obnova s vylepšením umělé obnovy:

Mezernatá přirozená obnova doplněna dosadbou borovice lesní. Nezajištěná kultura se nachází vedle přechodu pole-les. Po celé ploše se vyskytuje třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), ve které se zdržuje spárkatá zvěř. Obnova je poškozená i z předchozích ožinů. Podle rostlinného pokryvu je paseka chudšího a suššího rázu (Obr. 15).



Obr. 15 - Kultura borovice lesní s výraznou příměsí přirozené obnovy v honitbě Pernarec

Tabulka 8 - Podmínky na uměle založené kultuře po kůrovcové kalamitě s výraznou příměsí přirozené obnovy

Expozice	Sklon	Lesní typ	Půda	Vhodnost podmínky	Ochrana	Světlostní podmínky	Vlhkostní podmínky	Clonná plocha mateřského porostu
	Průměrně 3° (plošiny)	2M1	Jílovitě-hlinitá	Vhodné	Individuální ochrana (nátěr proti okusu)	Světlé stanoviště	Sušší	Do 10 % (spíše boční zástin)

4.2 Sběr a zpracování dat

4.2.1 Výběr zkusných ploch

Plochy v arboretu, ML Plzeň a honitby Pernarec byly náhodně vybrány pomocí QGISu, kdy byly vygenerovány body do míst s výskytem borovice lesní do stádia tyčovin (dbh (výčetní tloušťka) 1,3 < 7 cm) většinou se jednalo o stromky do 2,5 metrů výšky. Plošky byly ve tvaru kružnice o poloměru 3 metry (7,1 m²) (plošky vymezeny pásmem), takto byly na zkusných plochách sbírána data o jedincích, dokud počet jedinců nedosáhl 50 vzorků, jen v arboretu pod

porosty borovice lesní byl limit vzorků navýšen na 100 vzorků z důvodu vyššího procentuálního zastoupení na území arboreta.

4.2.2 Měřené veličiny

Na zkusných plochách byl zaznamenán druh dřeviny, věk, výška, druh poškození a přibližný čas vzniku škody. U borovice lesní je věk snadno určitelný. Počet přeslenů plus jeden rok během prvního roku života stromu. Výška byla měřena pomocí zavinovacího metru a Laser technology Forest Pro MapStar (Obr. 16) přesně na centimetry na začátku vegetačního období roku 2023 od paty kmínku až po terminální pupen. Zaznamenané poškození bylo rozděleno do 4 kategorií loupání, vytloukání, ohryz a okus u kterého byl zaznamenáván rok vzniku poškození. Dané metody byly částečně převzaty z metodiky NIL (Kučera et al., 2019). Ohryz se na zkusných plochách nevyskytoval.



Obr. 16 – Laserový výškoměr

4.2.1 Kategorizace poškození

Stromy byly rozděleny na stromy nepoškozené (stromky bez okusu, vytloukání a loupání), stromy slabě poškozené (okus jen do 30% celkové zelené plochy stromku, bez vytloukání a loupání) a stromy silně poškozené, u kterých díky vytloukání anebo loupání bylo narušeno lýko, díky kterému se do organismu dostanou patogeny hnilob, anebo stromky silně poškozené okusem (okus nad 30 %), čímž stromy ztrácejí schopnost intenzivněji reagovat na abiotické stresory (Cukor et al., 2022). Ohryz se na zkusných plochách nevyskytoval.

4.2.2 Zpracování dat

Data ze všech ploch byly vyhodnoceny v programech Statistica 14 a Microsoft Excel. Následně byly porovnány jednotlivé plochy mezi sebou a následně i jednotlivé lokality. Zpětným přepočtem byly určeny průměrná výška a výškové přírůsty. Následně pak byly zhodnoceny i průměrné hodnoty podle poškození jednotlivých jedinců a tyto údaje byly porovnány mezi sebou. Poškození bylo kategorizováno podle předchozí kapitoly.

V programu Statistica 14 byly plochy zadány z tabulek naměřených hodnot. Rozčleněny podle druhu poškození a následně byly porovnány hodnoty v rozmezí mezi 25 % až 75 % všech naměřených výšek a zvýrazněny odlehlé hodnoty a medián.

Dále byly jednotlivé skupiny poškození rozděleny do tříd po 5 letech (0-5, 6-10...). Za pomoci využití analýzy rozptylu (ANOVA) bylo zjištěno, zda má poškození vliv na výšku stromu (Tabulka 12). Významnost je interpretována na základě p-hodnot. Hladiny významnosti jsou obvykle stanoveny na 0,05, takže hodnoty menší než 0,05 jsou považovány za významné.

5 Výsledky

5.1 Porovnání celkového poškození mezi jednotlivými plochami a lokalitami

5.1.1 Poškození na jednotlivých plochách

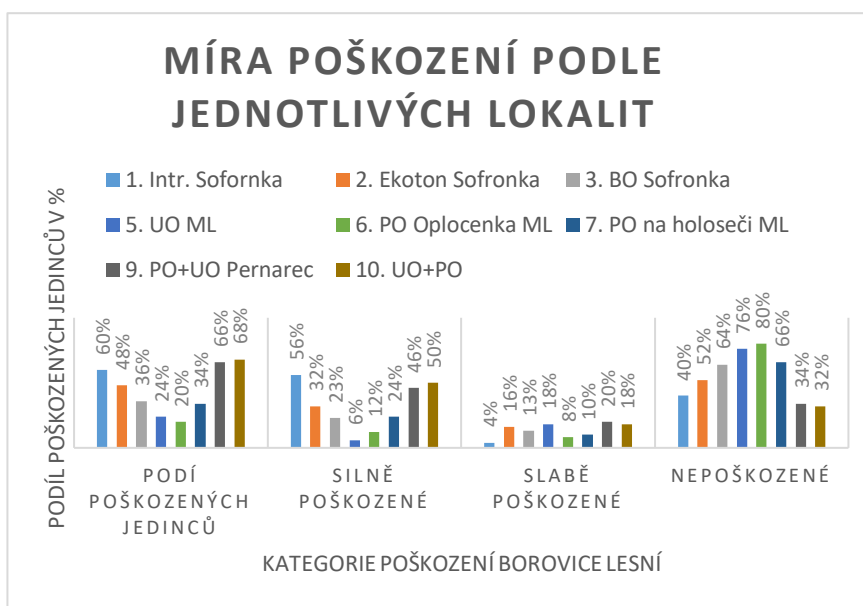
Nejmenší míra poškození byla zjištěna v ML Plzeň. Nejmenší míru poškození vykazovala přirozená, různověká obnova pod mateřským porostem, která byla částečně chráněna oplocenkou. Nutno však podotknout, že se v této lokalitě pohybuje velké množství lidí. Druhá plocha s nejnižší mírou poškození byla stejnověká kultura borovice lesní s individuální ochranou (nátěr proti okusu), avšak zde převládalo spíše slabší poškození v důsledku slabého okusu. Třetí nejméně poškozená plocha se také vyskytovala na lokalitě ML Plzeň, a to mírně různověká přirozená obnova na holoseči, kde převládalo silné poškození v důsledku vytloukání.

Mezi středně silně poškozené lokality patřil areál Arboreta Sofronka, kde nejméně byla poškozená zkusná plocha, jenž byly pod porostem borovice lesní, kde obnova byla volně roztroušená po celém území, kde se zkoumali jednotlivé provenience naší nejrozšířenější domácí borovice (Tabulka 9). Dále byly středně silně poškození jedinci, kteří si vyskytovali na ekotonálním stanovišti s přimísením introdukovaných borovic, kde převládalo poškození

z důsledku vytloukání srnčí zvěře. Nejpoškozenější zkusné plochy byly mladí jedinci pod porosty introdukovaných borovic, které byly prořídle po částečném rozpadu.

Nejvíce poškozená byla lokalita s poměrně stejnými abiotickými faktory, ale s vyšším počtem spárkaté zvěře, kde byly poškozeny dvě třetiny ze všech zaznamenaných jedinců bylo v honitbě Pernarec. Navíc 71 % ze všech poškozených jedinců bylo poškozeno loupáním, vytloukáním anebo silným okusem (Obrázek 17 a 18).

Podle těchto potravních strategií vzniká i charakter poškození. Na plochách v mé práci škody vznikly v důsledku vytloukání, které je typické pro jelenovitě. Charakter poškození naznačoval výskytu srnčí zvěře, která upřednostňuje nižší pozici na kmínku mladších stromků, oproti jelení zvěři, která vytloukán na starších stromech ve vyšší části kmene než zvěř srnčí. Toto značení teritoria má dvojitý rozsah, optický a pachový. Druhý zmíněný rozsah je dán tím, že samčí srnčí zvěř má mezi parůžky pachovou žlázu (Červený et al., 2019).



Obr. 17 -Poměr poškozených jedinců na jednotlivých plochách



Obr. 18 – Podíl jedinců s poškozeným lýkem

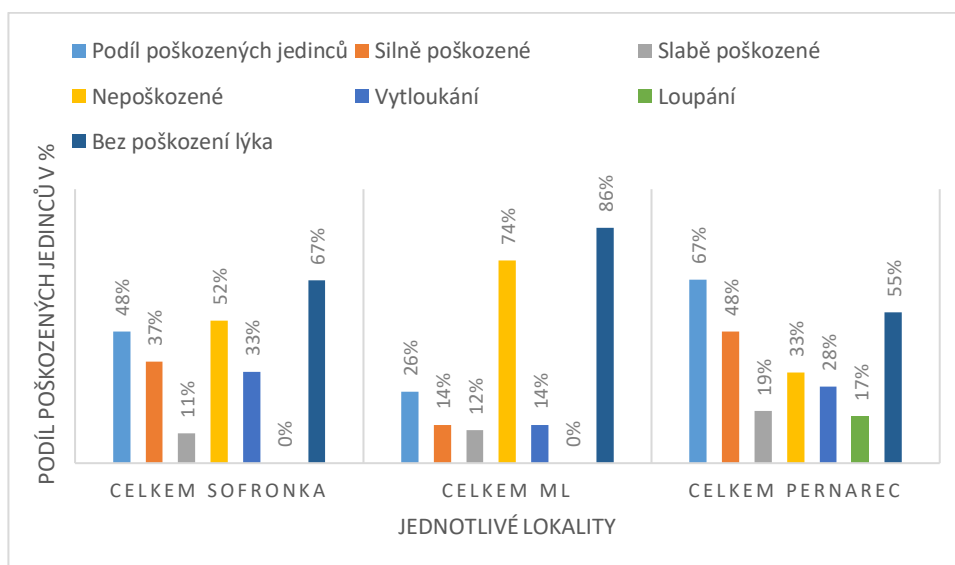
Tabulka 9 – Poměr poškozených jedinců a podíl druhu poškození

	KATEGORIE	Podíl poškozených jedinců		Nepoškozené	Vytloukání	Loupání	Bez poškození lýka
		Silně poškozené	Slabě poškozené				
SOFRONKA	INTR. SOFRONKA	56 %	4 %	40 %	52 %	0 %	48 %
	EKOTON SOFRONKA	32 %	16 %	52 %	26 %	0 %	74 %
	BO SOFRONKA	23 %	13 %	64 %	22 %	0 %	78 %
ML	UM.OBN ML	6 %	18 %	76 %	6 %	0 %	94 %
	PO OPLOCENKA ML	12 %	8 %	80 %	12 %	0 %	88 %
	PO NA HOLO ML	24 %	10 %	66 %	24 %	0 %	76 %
PERNAREC	PO+UO PERNAREC	46 %	20 %	34 %	28 %	22 %	50 %
	UO+PO	50 %	18 %	32 %	28 %	12 %	60 %

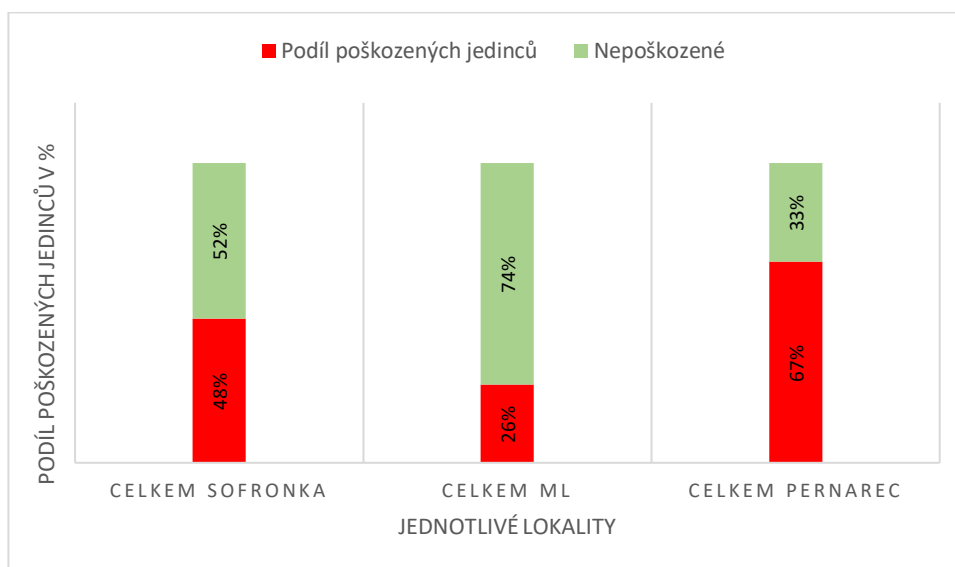
5.1.2 Porovnání celkového poškození mezi jednotlivými lokalitami

Za nejvíce poškozenou lokalitu podle poměru poškozených a zdravých jedinců byla vyhodnocena lokalita honitba Pernarec, kde nepoškozena byla pouze 1/3 ze všech vyhodnocených jedinců (Obrázek 20). Bylo zde jako na jediné lokalitě zaměřené loupání jako druh silného poškození, pokud dosahovalo více jak 1/8 celkového obvodu kmene (až na jeden

případ všechny). Vytloukání bylo vždy bráno jako silné poškození. V případě vytloukání a loupání, tak stromy byly zařazeny do kategorie s poškozením lýka (Obrázek 19).



Obr. 19. – Porovnání lokalit



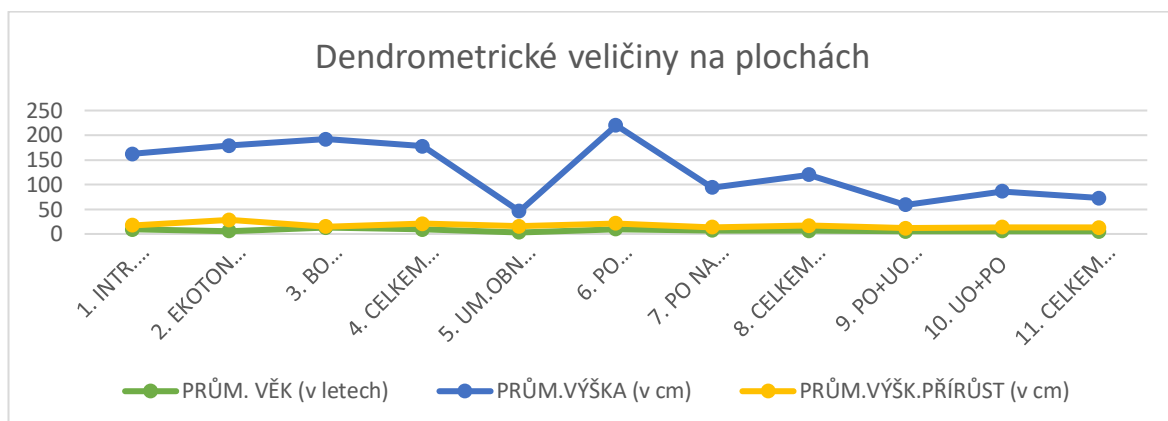
Obr. 20. - Podíl poškozených jedinců podle lokalit

5.2 Průměrné dendrometrické veličiny naměřené na jednotlivých plochách

5.2.1 Dendrometrické veličiny na jednotlivých plochách

Naměřené veličiny nasvědčovaly, že volně křížené provenience z celého světa i přes vyšší míru poškození dosahovaly v průměru vyšších průměrných výškových přírůstků. Na kraji porostů měly průměrnou výšku až dvojnásobně vyšší, než měla přirozená obnova na holoseči ve vlastnictví ML Plzeň v porovnání s obnovou v arboretu, kde jsou výškové bonity mnohem nižší než v honitbě Pernarec (Viewegh, 2003). Výška obnovy dosahovala v honitbě Pernarec

nižší průměrný výškový přírůst (místo až o polovinu menší než v arboretu) (Obrázek 21). Lze to přisuzovat vyšší míře poškození v důsledku škod zvířít.



Obr. 21 – Hodnoty naměřené na jednotlivých lokalitách

Nejvyšší průměrný věk i výška byly naměřeny pod porosty borovice lesní v arboretu. Nejnižší věk a výška byly naměřeny na umělé obnově na holoseči v lokalitě ML Plzeň (Tabulka 10).

Tabulka 10 – Průměrné hodnoty na jednotlivých stanovištích (věk uvedený v letech, prům. výška v cm a prům. Přírůst v cm za rok)

	KATEGORIE	PRŮM. VĚK (roky)	PRŮM. VÝŠKA (cm)	PRŮM. PŘÍRŮST (cm/rok)
SOFRONKA	1. INTR. SOFRONKA	9	162 cm	17,81
	2. EKOTON SOFRONKA	6	179 cm	28,55
	3. BO SOFRONKA	13	192 cm	15,18
ML	5. UM.OBN ML	3	46 cm	15,34
	6. PO OPLOCENKA ML	10	220 cm	21,12
	7. PO NA HOLO ML	7	94 cm	13,69
PERNAREC	9. PO+UO PERNAREC	5	59 cm	12
	10. UO+PO	6	86 cm	13,66

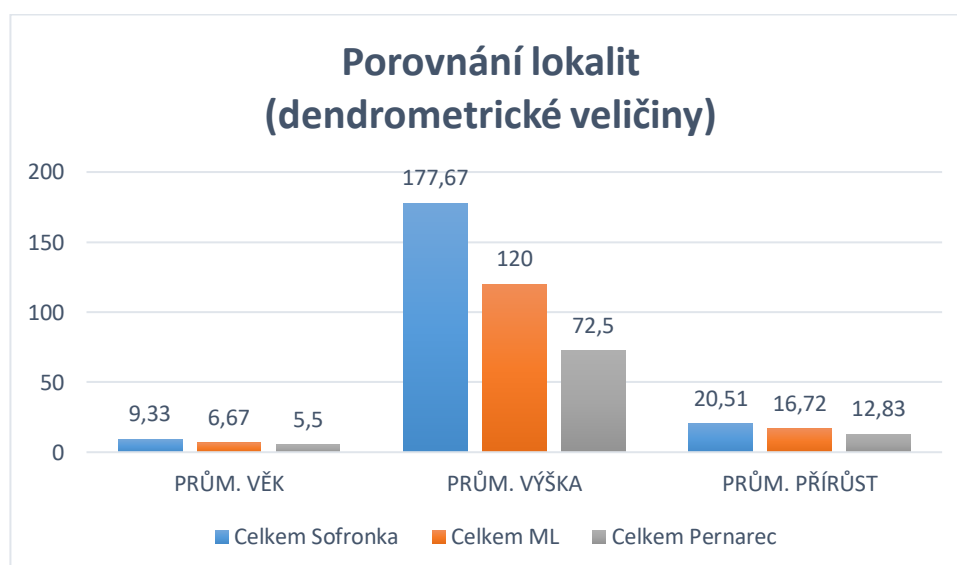
5.2.2 Dendrometrické veličiny na jednotlivých lokalitách

Z naměřených výsledků lze usoudit, že poškození na jednotlivých lokalitách mělo vliv na výškový přírůst a celkovou výšku obnovy. Jedinci poškození loupáním vytloukáním, anebo silným okusem vykazovali menší přírůst i celkovou výšku. Nejméně poškozená lokalita však nevykazovala nejvyšší průměrné hodnoty.

Tabulka 11 – Průměrné hodnoty na jednotlivých lokalitách

	PRŮM. VĚK	PRŮM. VÝŠKA	PRŮM. PŘÍRŮST
Celkem Sofronka	9,33	177,67 cm	20,51 cm
Celkem ML	6,67	120 cm	16,72 cm
Celkem Pernarec	5,5	72,5 cm	12,83 cm

Nejvyšší přírůst, věk i průměrná výška, byly naměřené v arboretu, kde je celoročně vysoká návštěvnost a celoplošné oplocení (Obrázek 21 a 22). Menší hodnoty vykazovaly ML, kde byla nejvyšší počty jedinců na hektar, ale vyšší stavy zvěře než v arboretu. ML většinou borovici lesní chrání proti škodám zvěří nátěry proti okusu. Nejmenší průměrné hodnoty byly zjištěny v lokalitě s vysokými stavy zvěře a s nižší koncentrací jedinců na hektar a nižším věkem jedincům. Díky menšímu průměrnému věku stromu, byly menší i hodnoty průměrného přírůstu, kvůli kulminaci růstu, která u borovic nastává až pozdějších letech (Kaňák a Kaňák, 2016) (Tabulka 11).



Obr. 22 – Porovnání lokalit (výška a přírůst měřen v centimetrech)

5.3 Vliv poškození na výšku na jednotlivých lokalitách

5.3.1 Celkový vliv věku a poškození na celkovou výšku stromů

Stromy byly rozděleny do věkových tříd a následně byly provedena analýza rozptylu (ANOVA). Byla stanovena H_0 (nelze očekávat rozdíly mezi jednotlivými skupinami). Odlehlé hodnoty nebyly zahrnuty do výpočtu. Výšky ze všech stanovišť byly rozděleny do 3 kategorií

podle poškození. Z věkových tříd byly vybrány ty, které splňovali výskyt mezi 25 % až 75 % všech naměřených dat. Kategorizace podle SLT nebyla pro výraznou podobnost zohledněna.

V tomto případě je poškození statisticky významné což naznačuje, že existují rozdíly v průměrných výškách stromů mezi různými úrovněmi poškození. Nulová hypotéza H_0 byla stanovena, tak že výška mezi jednotlivými kategoriemi poškození by neměla, být rozdílná. Nulová hypotéza byla vyvrácena a byla nastolena alternativní hypotéza, která díky výpočtu vyšla, že $p < 0,05$, tudíž byly nalezeny výrazné rozdíly. Věk zde vstupoval jako výrazný faktor. Interakce mezi věkem a poškozením není výrazná (Tabulka 12).

Tabulka 12 – Výsledky analýzy rozptylu výšek

Univariate Tests of Significance for Výška (Spreadsheet1)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	512881€	1	512881€	286,173€	0,00000€
Poškození	144503€	2	72252€	4,0314	0,01839€
Error	801115€	447	17922		

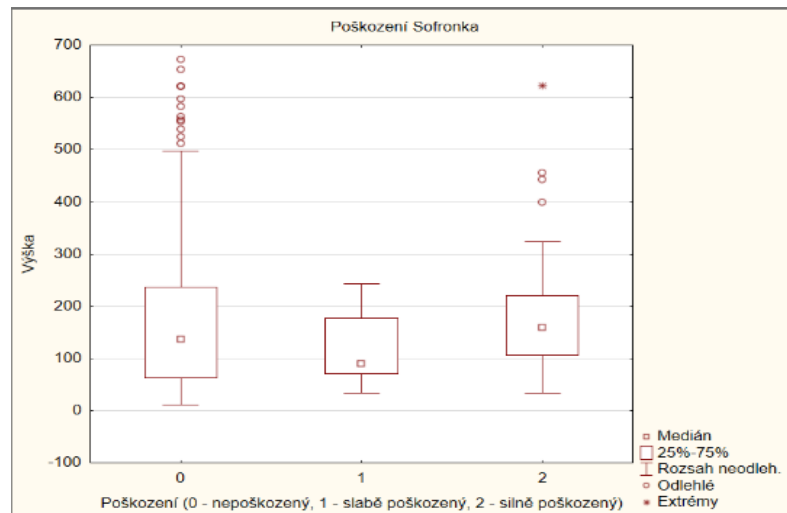
Tabulka 13 – Rozptyl hodnot podle poškození

Poškození; LS Means (Spreadsheet1)						
Current effect: F(2, 447)=4,0314, p=,01840						
Effective hypothesis decomposition						
Cell No.	Poškození	Výška Mean	Výška Std.Err.	Výška -95,00%	Výška +95,00%	N
1	0	146,588€	8,41654	130,048€	163,129€	239
2	1	92,4262	17,14071	58,739€	126,112€	51
3	2	137,8971	11,47954	115,336€	160,457€	125

Data byla porovnána po rozdělení do 3 skupin (0 - bez poškození, 1 - slabě poškozené, 2 - silně poškozené) ze všech lokalit dohromady, odlehlá data nebyla do porovnání zařazena. Po předchozím zařazení do věkových tříd. Z věkových tříd byly vybrány ty, které splňovali výskyt mezi 25 % až 75 % všech naměřených dat. Následně výšky z tohoto sektoru byly porovnávány. Z dat získaných na lokalitách lze usoudit, že nejvyšší výšky dosahovaly stromy nepoškozené. Druhou nejvyšší skupinou byly stromy silně poškozené (loupání, terminální okus, silný boční okus). A nejmenší hodnoty byly naměřeny na stromech se slabším poškozením (boční okus nepřesahující 1/3 asimilační plochy) (Tabulka 13).

5.3.2 Sofronka

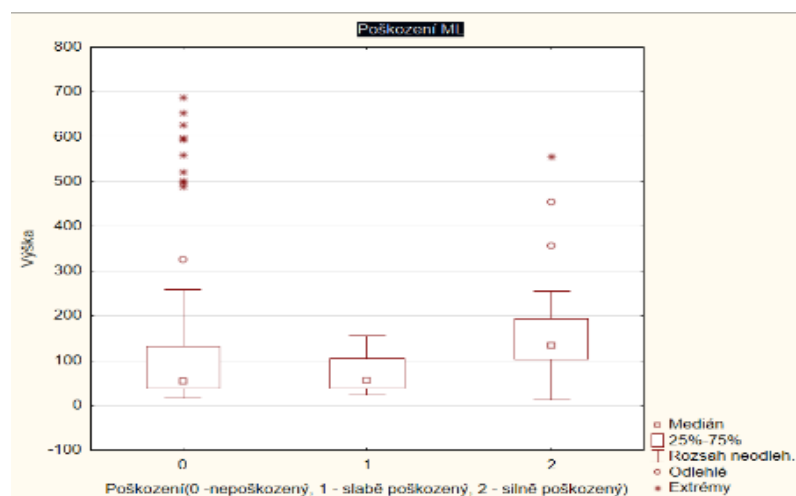
Z grafického vyhodnocení výsledků vyplývá, že slabě poškození jedinci vykazovali nejnižší výšky s nejmenším rozptylem. Naopak silně poškozené stromy vykazovaly hodnoty, kdy jsou hodnoty výšky srovnatelné se stromy nepoškozenými. Bylo zde naměřeno největší rozmezí výšek ze všech 3 stanovišť (Obr. 23).



Obr. 23 – Porovnání výšek podle poškození na území Arboreta Sofronka

5.3.3 Městské lesy

V Městských lesích Plzeň byl trend podobný, kdy slabě poškozené stromy vykazují nižší výšku. Silně poškozené stromy dokonce vykazovaly vyšší hodnoty než stromy bez poškození (Obrázek 24).

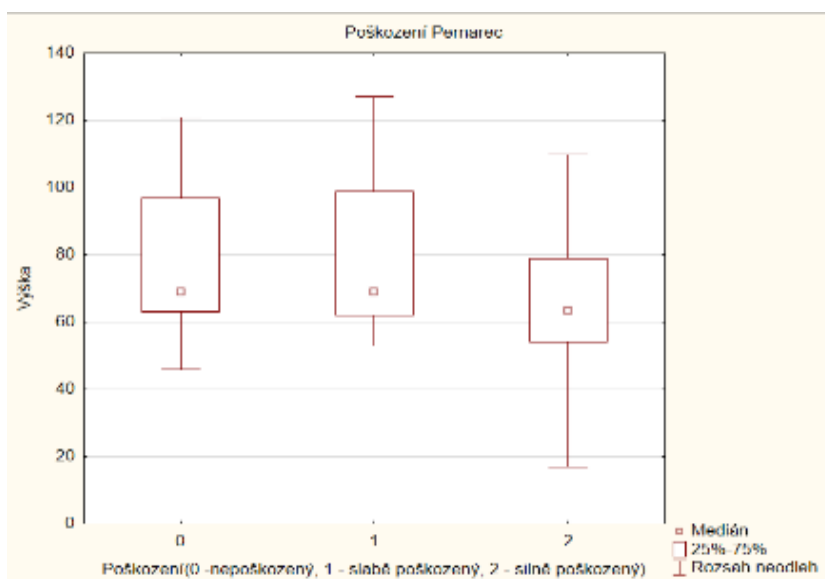


Obr. 24 – Porovnání výšek podle poškození na území ML Plzeň

5.3.4 Honitba Pernarec

V tomto případě je poškození statisticky významné což naznačuje, že existují rozdíly v průměrných výškách stromů mezi různými úrovněmi poškození. Věk zde vstupoval jako méně významnější faktor. Interakce mezi věkem a poškozením není výrazná.

V lokalitě honitby Pernarec, vyšli data rozdílná. Nepoškozené a slabě poškozené stromky nevykazují významný rozdíl na výškové škále. Silně poškozené stromky měli nižší naměřené hodnoty (Obrázek 25). Na jako jediné lokalitě nevznikaly odlehle hodnoty výšek.



Obr. 25 – Porovnání výšek podle poškození na území honitby Pernarec

6 Diskuze

6.1 Poškození na lokalitách

Z výsledků mého měření, lze odvodit, že na lokalitách s výskytem srnčí zvěře a nízkými stavy zvěře sičí, kde škody nedosahují tak vysokého rozsahu, není výrazný výškový rozdíl mezi jedinci nepoškozenými a silně poškozenými. Tato fakta uvádí i Cukor et. al. (2022), který ve svém výzkumu uvedl, že i silně poškození jedinci borovice lesní nevykazují rozdíl ve výšce oproti slabě poškozeným stromům. Zajímavým zjištěním byl rozsah výšek u slabě poškozených stromů bočním okusem. Tyto stromy v průměru vykazovaly nižší vzrůst než jedinci nepoškození nebo silně poškození (Obrázek 23-25) (Tabulka 12 a 13).

Nejméně poškozenou lokalitou byly Městské lesy Plzeň, kde průměrný podíl nepoškozených jedinců dosáhl 74 % (Obrázek 17.-19.). V lokalitě ML Plzeň se neprovádí intenzivní ochrana kultur proti buření, a tak zvěř má širší potravní nabídku. V důsledku toho nevzniká tak výrazný tlak na jehličnatou dřevinnou vegetaci. Zvěř poškozují okusem hlavně

dřeviny listnaté. Tyto fakta potvrzují i Stokely a Betts (2019), kteří tvrdí, že přítomnost bylinné a travinné vegetace snižuje míru poškození jednotlivých stromů.

V uzavřeném areálu Arboreta Sofronka, trvale škodí zvěř srnčí a nárazově zvěř dančí po úniku ze zoo koutku. To se promítlo na škodách v arboretu, kdy nejčastějším poškozením bylo vytloukání na mladých borovicích (Tabulka 9), kterým si značí teritorium samčí srnčí zvěř. Těchto značek může být až 100 na hektar (Červený et. al., 2019). Jinak zvěř okusem spíše poškozovala vzácnější dřeviny a listnaté dřeviny. Tyto informace byly zjištěny i v NIL 2, kde Kučera et. al. (2019) hodnotili preferenci srnčí zvěře dřevin, které jsou v lokalitě méně zastoupené.

6.2 Poškození na jednotlivých plochách

Výsledky se na jednotlivých plochách se lišili v závislosti na lokalitě. Přírozená i umělá obnova byla poškozována v průměru ve stejně vysokých hodnotách. Hlavním faktorem míry poškození, byl výskyt sičí a srnčí zvěře a zvolený způsob ochrany. Jako méně efektivní se ukázalo velkoplošné oplocení celého areálu arboreta. U ML Plzeň se nátěry proti okusu ukázaly jako dostatečná ochrana před poškozením. Naproti tomu nátěr na plochách Pernarec, byl nedostatečnou ochranou, jak přírozená, tak umělá obnova vykazovalo podobnou míru poškození. Nejméně byla poškozena přírozená obnova pod mateřským porostem ochráněna oplocenkou do 0,2 ha (Obrázek 17).

Nejvyšší přírůst byl naměřen na plochách v arboretu, kde obnova vykazovala i vyšší věk. Díky výzkumům v Arboretu Sofronka už dnes víme, že Kaňák a Kaňák (2016) dokázali zpětnými měřeními, že výškový přírůst u vyšších sazenic borovic může kulminovat v nižším věku a tím pádem zaujímá spíše strategii pionýrské dřeviny. Na rozdíl od sazenic, které mají nižší počáteční výšku v raném věku výškový růst kulminuje v pozdějším věku a stromky mohou být mnohem hodnotnější. Takže ve výsledku může být náhled na velikost sazenic z pohledu kvality budoucího porostu pěstební činnosti jiný, než je tomu z hlediska potřeby rychlé zajištění kultury., U svých výsledků bych rád zmínil (Tabulka 10), že počáteční vysoký výškový přírůst samovolně křížených jedinců proveniencí borovice lesní ze všech oblastí jejího rozšíření nemusí být rozhodující pro mytní výšku porostu. Z celého měření, však nelze vyvodit budoucí kvalitu dřeva, která by však podle dedukce měla být menší.

Nejmenší vzrůst vykazovala kombinace umělé obnovy s obnovou přírozenou na plochách v Pernarci, kde však stromy byly silně poškozovány zvěří. Tyto jediné 2 plochy z celkových 8 odporují výsledkům Cukora et. al. (2022) a O'Reillyho et al., 2014, o vlivu

poškození zvěří na výšku stromu, kteří tvrdí, že poškozená rostlina by měla zareagovat na poškození buď neutrálně anebo pozitivním zvýšením přírůstu.

Z hlediska LH a trvale udržitelného hospodářství je nutné udržet lesy v České republice v dobrém zdravotním stavu. Do budoucna se s borovicí lesní počítá jako s dřevinnou, která je méně náchylná na klimatické změny a na intenzivní výkyvy počasí. Limitujícím faktorem jsou srážky a sluneční záření. Snížením množství asimilačního aparátu rostliny se snižuje i schopnost odolávat klimatickým vlivům. Je zde však do určité míry schopnost obnovy zelené plochy stromů (Vacek et al., 2017).

7 Závěr

Podle výsledků naměřených na všech třech lokalitách se lze dobrat k několika závěrům. Porosty umělé obnovy ponechány bez dostatečné ochrany v místech s vysokými stavy spárkaté zvěře a nízkou potravní nabídkou, jsou devastovány potravním i teritoriálním chováním divokých přežvýkavců. V lokalitách, kde se nevyskytovaly tak vysoké stavy sičí zvěře, byly ochranné nátěry dostatečnou ochranou proti výraznějším škodám způsobené loupáním a okusem. V místech, kde byly kultury oploceny maloplošnými oplocenkami, byla mnohem menší míra poškození než na plochá bez ochrany anebo pouze s nátěrem proti okusu. Velkoplošně oplocené areály, také nejsou zárukou zamezení škod.

Zvěř srnčí do arboreta proniká při poškození oplocení, nebo při dlouhodobém otevření brány a následně pak vzniká opačný efekt, kdy je zvěř v areálu lapena a následně pak při snaze pokrýt své potravní nároky, zvěř ve vyšší míře poškozuje dřevinnou vegetaci. Během potravního chování, zvěř vyhledává převážně vzácně se vyskytující listnáče, které poškozuje okusem. Následně pak samčí zvěř při značení teritoria, poškozuje mladé stromky vytloukáním.

Dostatečná potravní nabídka i na těch nejchudších stanovištích (0K1, 0M1) a správné zásady příkrmování zvěře podle mého šetření zmírnila poškození okusem a loupáním. Pokud jsou však v lokalitě vysoké stavy býložravé zvěře, tak jsou porosty i přes vysokou potravní nabídku poškozovány.

Další přínos v mé práci můžu shledat v tom, že i silně poškozené stromy nevykazovaly nižší průměrnou výšku, a proto by tyto stromy mohli být ponechány v porostech kvůli výchovným zásahům (nutnost zápoje) o něco delší dobu. Lze však očekávat zvýšenou mortalitu a snížení tloušťkového přírůstu u takto poškozených borovic. Poškozené stromy jsou nevhodné z hlediska pilařského zpracování, ale mohou být zpracovány jako dříví nižší kvality.

8 Literatura

Arboretum Sofronka Plzeň. O nás. Sofronka.cz [online]. ©2011-2023 [vid. 2023a-03-05].
Dostupné z: <https://www.sofronka.cz/>

BELOVA, O., 2012. The Impact of Herbivorous Mammals on Woody Vegetation at the Different Stages of Forest Succession. *Baltic forestry*. **1**(18), 100–110. ISSN 1392-1355.

BITNER, R., 2012. *Jehličnany: kapesní atlas*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub. ISBN 978-80-242-3139-6.

CAUDULLO, G., WELK, E., SAN-MIGUEL-AYANZ, J., Rozšíření borovice lesní [foto]. ScienceDirect 2017. *ScienceDirect*[online]. Dostupné z: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5113954>

CUKOR, J., VACEK, Z., LINDA, R., VACEK, S., ŠIMŮNEK, V., MACHÁČEK, Z., BRICHTA J., PROKŮPKOVÁ, A., 2022. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) demonstrates a high resistance against bark stripping damage. *Forest Ecology and Management* [online]. **513**, 120182. ISSN 0378-1127. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foreco.2022.120182

ČERVENÝ, J., ŠTASTNÝ K., KOUBEK P., 2016. *Zvěř: Ottova encyklopedie*. Praha: Ottovo nakladatelství. ISBN 978-80-7451-521-7.

ČERVENÝ, J., KRAMLER, J., KHOLOVÁ, H., KOUBEK, P., MARTÍNKOVÁ, N., 2019. *Ottova encyklopedie myslivosti*. Praha 3: OTTOVO NAKLADATELSTVÍ, s.r.o. ISBN 978-80-7360-895-8.

GALLARDO B., *Europe's top10 invasive species: relative importance of climatic, habitat and socio-economic factors. Ethology Ecology & Evolution*, 2014. 26 (2–3), 130–151, <http://dx.doi.org/10.1080/03949370.2014.896417>

HANZAL, V., HINTNAUS, J., LIBOSVÁR, F., JANISZEWSKI, P., 2017. *Péče o zvěř a životní prostředí*. I. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo, spol. s r.o. ISBN 978-80-213-2805-1.

HEIKE, K., 2019. *Encyklopedie Jehličnatých stromů a keřů*. 2. vydání, Brno: Cpress. ISBN 978-80-264-2461-1.

HODBOŇ, J., 2021. Dřevo jako obnovitelný zdroj tepla nelze snadno nahradit. *TZB-info* [online] [vid. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/22027-drevo-jako-obnovitelny-zdroj-tepla-nelze-snadno-nahradit>

CHYŠKA, A., 2023. Rozhovor s Antonínem Chyškou o stavech zvěře a hospodaření v revíru Bolevec. Plzeň, 24.4.2023

IASON, G., JULIANNE M., O'REILLY, W., BREWER G., SUMMERS R., MOORE B., 2011. Do multiple herbivores maintain chemical diversity of Scots pine monoterpenes? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. **2011**(1569 363), 1337–1345.

InMeteo s.r.o, [online]. *Meteostanice – Stříbro, aktuální teplota a počasí, archiv, rekordy | In-pocasi* [online] ©2010 [vid. 2023-10-15]. Dostupné z: https://www.in-pocasi.cz/archiv/stribro/?&typ=srazky&historie_bar_mesic=12&historie_bar_rok=2022#mont_hly_graph

KAŇÁK, J., 2023. Rozhovor s Ing. Janem Kaňákem PhD o stavech zvěře v arboretu. Plzeň, 16.3.2023.

KAŇÁK, J., KAŇÁK, K., 2016. *Arboretum Sofronka: 1956-2016*. Vyd. 1. Plzeň: RAMAP. ISBN 978-80-906648-0-7.

KUČERA, M., ADOLT, R., EDS. Národní inventarizace lesů v České republice výsledky druhého cyklu 2011-2015. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 209. ISBN 978-80-88184-23-2.

LEUGNEROVÁ, G., 2022. *PINUS SYLVESTRIS L. – borovice lesní (sosna) / borovica lesná / BOTANY.cz* [online]. [vid. 2023-07-28]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/pinus-sylvestris/>

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2022. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021*. Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-669-9

O'REILLY, W., MOORE, D., BREWER, M., BEATON, J., SIM, D., WIGGINS, N., IASON, G., 2014. *Pinus sylvestris sapling growth and recovery from mammalian browsing. Forest Ecology and Management.* (325), 18–25. ISSN 0378-1127.

PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ J., 2006. *Aspekty pěstování lesů a lesnictví v ČR v budoucím období. Lesnická práce.* **85** (12), 19-22. ISSN 0322-9254

PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., KAŇÁK, J., NOVOTNÝ, S., 2022. *Nové poznatky ve výzkumu introdukovaných dřevin: sborník příspěvků: 28.6.2022, Zámek ... Kostelec nad Černými lesy*. 1. vydání. Praha: Česká lesnická společnost, z.s. ISBN 978-80-02-02981-6.

GILL, R. M. A. A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Volume 65, Issue 2, 1992, Pages 145–169, <https://doi.org/10.1093/forestry/65.2.145>

STOKELY, D. T., BETTS M. G., 2019. *Deer-mediated ecosystem service versus disservice depends on forest management intensity. Journal of Applied Ecology.* 57 (1), 31-42.

ÚHÚL: *Oblastní plány rozvoje lesů. Mapy a data* [online]. ©2011-2023 [vid. 2023b-03-05]. Dostupné z: <https://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyOprl.html>

VIEWEGH, J., 2003. *Klasifikace lesních rostlinných společenstev: (se zaměřením na Typologický systém ÚHÚL)*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-1061-2.

VACEK, S., VACEK, Z., REMEŠ, J. *et al.* Citlivost neobhospodařovaných reliktních borů v České republice na změnu klimatu a znečištění ovzduší. *Stromy* **31**, 1599–1617 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1572-0>

VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., LINDA, R., PROKŮPKOVÁ, A., PODRÁZSKÝ, V., GALLO, J., VACEK, O., ŠIMŮNEK, V., DRÁBEK, O., HÁJEK, V., SPASIC, M., BRICHTA, J., 2021. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *Eur. J. For. Res.* 140, 1243–1266. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01392-x>.

ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., 2021. Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology* [online]. **41**(2), 1211–1229. ISSN 1097-0088. Dostupné z: [doi:10.1002/joc.6791](https://doi.org/10.1002/joc.6791)