

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Bakalářská práce

Invazní šíření kloubnatky smrkové (*Gemmamyces piceae*) v regionu Jizerských hor na podkladě údajů z trvalých výzkumných ploch.

Autor: Jaroslav Pokora

Vedoucí práce: doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Jaroslav Pokora
Studijní program:	Lesnictví
Obor:	Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Vítězslava Pešková, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra ochrany lesa a entomologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Invazní šíření kloubnatky smrkové (<i>Gemmamyces piceae</i>) v regionu Jizerských hor na podkladě údajů z trvalých výzkumných ploch
Název anglicky:	Proliferation of invasive <i>Cucurbitaria</i> Bud Blight of Spruce (<i>Gemmamyces piceae</i>) in the Jizera Mountains region based on data from permanent research plots
Cíle práce:	Cílem bakalářské práce je posoudit vliv stanovištních faktorů na výskyt kloubnatky smrkové (<i>Gemmamyces piceae</i>) na trvalých výzkumných plochách smrku ztepilého v Jizerských horách.
Metodika:	Na trvalých výzkumných plochách v porostech smrku ztepilého v Jizerských horách bude hodnocen rozsah poškození kloubnatkou smrkovou. Hodnocení bude zahrnovat posouzení míry napadení smrků kloubnatkou smrkovou podle stanovené klasifikace (kategorie 0 – 4), dále bude zaznamenáno postavení hodnoceného stromu v porostu: okraj/porostní nitro. V rámci trvalých výzkumných ploch bude instalován datalogger Minikin THi pro zaznamenávání teploty a vlhkosti vzduchu. Na základě získaných dat bude provedena analýza vlivu faktorů prostředí na míru napadení smrku ztepilého patogenem. Ze získaných výsledků budou stanoveny rozdíly v poškození stromů podle uvedených stanovištních podmínek a vyhodnocen jejich vliv infekci patogenem.

Doporučený rozsah práce: 30-40

Klíčová slova: kloubnatka smrková, smrk ztepilý, Jizerské hory, houbový patogen

Doporučené zdroje informací:

1. Balcar V., Vacek S., Henžlík V. 1994. Dynamika poškození lesních porostů v horských oblastech. Stav horských lesů Sudet v České republice. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 73–91.
2. Butin H. 1995. Tree diseases and disorders. Causes, biology and control in forest and amenity trees. Oxford University Press, New York, Tokyo: 252 s.
3. Černý K., Pešková V., Soukup F., Havrdová L., Strnadová V., Zahradník D., Hrabětová M. 2016. *Gemmamyces* bud blight of *Picea pungens*: a sudden disease outbreak in Central Europe. *Plant Pathology*, 65 (8): 1267–1278.
4. Modlinger R., Pešková V. 2017. Aktuální výskyt vybraných škodlivých činitelů v porostech 2016/2017 – Pratická ochrana lesa v současných podmínkách. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017. Zpravodaj ochrany lesa: 60-61.
5. Pešková V., Modlinger R., Soukup F., Ručková J. 2016. Nárůst napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou v Krušných horách. *Lesnická práce* 95 (2): 46-47
6. Petrzik K., Koloniuk I., Sarkisova T., Hrabáková L. Detection and genome sequence of a new betapartitivirus associated with *Cucurbitaria piceae* Borthw. fungus causing bud blight of spruce in the Czech Republic. *Arch Virol Springer-Verlag Wien*. 2016, vol. 161, no. 5: 1405-1409.
7. Soukup F., Pešková V. 2009. *Gemmamyces piceae* (Borthw.) Casagr. kloubnatka smrková. *Lesnická práce*, 88 (12), Příloha: 1-4.
8. Zi-Qing Z., Xue-Wei W. 1995. A taxonomic study of fungi associated with spruce bud blight in China. *Mycotaxon* 53: 371-76.

Předběžný termín 2019/20 LS - FLD
obhajoby:

Elektronicky schváleno: 24. 10. 2019
prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 22. 2. 2020
prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.
Děkan

Čestné prohlášení

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Invazní šíření kloubnatky smrkové (*Gemmomyces piceae*) v regionu Jizerských hor na podkladě údajů z trvalých výzkumných ploch.“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Vítězslavy Peškové, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne:

Jaroslav Pokora

Poděkování

Rád bych velice poděkoval mé vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vítězslavě Peškové, Ph.D. za trpělivost a výjmečné odborné rady. Dále bych rád poděkoval RNDr. Adamu Vélemu, Ph.D. za praktickou pomoc při získávání dat v terénu. Nemohu opomenout LČR, s. p., lesní správu Frýdlant, zejména revírníkovi mému otci Jaroslavu Pokorovi, za významnou spolupráci při výběru zkusných ploch a poskytnutí potřebných dat. Nakonec, ale nikoli v poslední řadě, děkuji celé své rodině za podporu a toleranci mých dosavadních studií, což nebylo vždy jednoduché. Děkuji.

Abstrakt

Jizerské hory byly v sedmdesátých a osmdesátých letech zasaženy imisní a později po oslabení smrkových porostů i kůrovcovou kalamitou. Německé a polské tepelné elektrárny, vypouštěly do ovzduší obrovské množství oxidu siřičitého který byl unášen větrem a při sloučení s atmosférickou vodou došlo ke vzniku tzv. kyselých srážek, které negativně ovlivnily složení půdy a spodní vody, což mělo katastrofální dopad na zde žijící rostlinstvo a živočichy. Jizerské hory po dlouhých čtyřiceti letech opět zregenerovaly. V roce 2009 byl na smrku ztepilém (*Picea abies*), zaznamenán houbový patogen kloubnatka smrková, šířící se ze severozápadní a severní Evropy. Nejprve napadal smrk pichlavý (*Picea pungens*) v Krušných horách, kde následně došlo k degradaci rozsáhlých porostů této nepůvodní dřeviny. V roce 2014 – 2015, byl zaznamenán nárůst počtu napadených jedinců smrku ztepilého. Hlavním cílem této práce, bylo porovnání zjištěných výsledků rozsahu napadení v roce 2019 s rokem 2018 a zhodnocení vlivu přírodních podmínek a porostních faktorů podmínek na potenciálu šíření houby. Na lesní správě LČR s. p. Frýdlant, v regionu Jizerských hor bylo za účelem zjištění invazního šíření kloubnatky smrkové založeno v roce 2018 – 2019, celkem 20, trvalých výzkumných ploch. Celkem bylo zhodnoceno 1029 stromů. Výsledky zjištěné v Jizerských horách ukázaly, že více odolné jsou původní porosty založené z Genofondu smrku ztepilého, naopak nejvyšší napadení bylo zjištěno v imisním pásmu ohrožení B (28 %). Z předchozích výzkumů v Krušných horách vyplývá, že nejvíce napadené porosty smrku ztepilého kloubnatou smrkovou, jsou v 7. lesním vegetačním stupni, v lokalitách neovlivněných vodou.

Klíčová slova

Smrk ztepilý, *Picea abies*, kloubnatka smrková, *Gemammyces piceae*, Jizerské hory, houbový patogen, imise

Abstract

In the 1970s and subsequently in the 1980s, the Jizera Mountains were affected by air pollution and later, after the weakening of spruce stands, by bark beetle calamity. German and Polish thermal power plants released huge amounts of sulfur dioxide into the atmosphere, which was carried by the wind and, when combined with atmospheric water, caused the formation of so-called acid precipitation, which negatively affected the composition of soil and groundwater, which had a catastrophic impact on flora and fauna. The Jizera Mountains regenerated again after forty long years. In 2009, the fungal pathogen bud blight of spruce (*Gemmamyces piceae*), spreading from north-western and northern Europe, was recorded on Norway spruce (*Picea abies*). First, prickly spruce (*Picea pungens*) was attacked in the Ore Mountains, where later stands of this non-native tree were degraded. In 2014 - 2015, there was an increase in the number of infested individuals of Norway spruce. The main goal of this work was to compare the values with the results from the previous year and evaluate the impact of natural and vegetation conditions on the potential for infection. In the forest administration of the Czech Republic of Frýdlant, in the region of the Jizera Mountains, a total of 20 permanent research areas were established in 2018 - 2019 in order to determine the invasive spread of the bud blight of spruce. A total of 1029 trees were evaluated. The results of the evaluation in the Jizera Mountains confirm this, while further showing that the original stands based on the gene pool of Norway spruce are more resistant, on the contrary, the highest infestation was found in the immission zone of threat B (28 %). The previous research in the Ore Mountains shows that the most infested stands of Norway spruce are from the 7th forest vegetation stage.

Key words

Ore Mountains, fungal pathogen, bud blight of spruce, *Gemmamyces piceae*, *Picea abies*, air pollution,

Obsah

1 Úvod.....	12
1.1 Cíl práce.....	13
2 Rozbor problematiky	13
2.1 Historický vývoj Jizerských hor.....	13
2.2 Historický vývoj dřevinné skladby v Jizerských horách	14
2.3 Imisní škody v Jizerských horách.....	15
2.4 Vápnění porostů a míra ovlivnění napadení patogeny	19
2.5 Dosavadní výsledky výzkumu kloubnatky smrkové.....	20
2.6 Areál výskytu ve světě.....	22
2.7 Areál výskytu v Česku	22
2.8 Hostitelské dřeviny	23
2.9 Vývoj patogenu a jeho šíření na hostitelských dřevinách	24
3 Popis zájmového území	27
3.1 Klimatické vlivy	27
3.2 Kořenový systém smrku pichlavého a smrku ztepilého v zájmové oblasti .	29
3.3 Obranná opatření	30
4 Metodika.....	31
4.1 Přehled trvalých výzkumných ploch	34
4.2 Rekapitulace výsledků výzkumu z roku 2018.....	38
5 Výsledky.....	39
6 Diskuze	51
7 Závěr	54
8 Seznam literatury	56

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Jednotlivé kategorie hodnocení napadení smrku ztepilého kloubnatou smrkovou.....	32
Tabulka 2:	Popis trvalých výzkumných ploch na LS Frýdlant.	35
Tabulka 3:	Počet napadených jedinců zařazených do kategorií napadení 0 – 3, defoliace a průměrné napadení.	39
Tabulka 4:	Výsledky analýzy rozptylu.	43
Tabulka 5:	Závěrečný model.	44
Tabulka 6:	Porosty původem z Genofondu SM a jejich porovnání s průměrnými měřenými hodnotami.....	45
Tabulka 7:	Porovnání průměrné výčetní tloušťky celé plochy s průměrnou výčetní tloušťkou napadených jedinců.	46

Seznam grafů

Graf 1:	Průměrná roční koncentrace SO ₂ na stanicích Desná-Souš (ČHMÚ) a Jizerka (Zdroj: VÚLHM v. v. i., 2004).....	16
Graf 2:	Podíl napadených / nenapadených stromů v jednotlivých kategoriích podle revírů.	40
Graf 3:	Podíl napadených jedinců SM podle umístění v porostu a kategorií napadení.	41
Graf 4:	Podíl napadených jedinců dle imisního pásma ohrožení a kategorií napadení.	42
Graf 5:	Podíl napadených jedinců dle LVS a kategorií napadení.....	42
Graf 6:	Podíl napadených jedinců v kategoriích napadení dle stanoviště neovlivněného/ovlivněného vodou.	43
Graf 7:	Podíl průměrného napadení SM v závislosti na půdním pH. Porosty jsou seřazeny zleva podle rostoucího pH, které je vždy uvedeno nad sloupcem průměrného napadení.....	44
Graf 8:	Vliv vápnění porostů na podíl napadení smrku ztepilého.....	45
Graf 9:	Srovnání defoliace porostů v letech 2018 – 2019.	47
Graf 10:	Srovnání průměrného napadení SM podle revírů v letech 2018 – 2019.....	47
Graf 11:	Průměrné napadení smrku ztepilého v jednotlivých porostech v letech 2018 – 2019.	48
Graf 12:	Průměrné napadení smrku ztepilého podle jednotlivých LVS v letech 2018 – 2019.	48
Graf 13:	Průměrné napadení smrku ztepilého dle imisního pásma ohrožení v letech 2018 – 2019.....	49
Graf 14:	Celkové průměrné napadení smrku ztepilého podle umístění stromu v porostu v letech 2018 – 2019.	50
Graf 15:	Průměrné napadení smrku ztepilého dle ovlivnění porostu vodou v letech 2018 – 2019.....	50
Graf 16:	Průměrná teplota vzduchu v jednotlivých měsících na měřící stanici ČHMÚ, Desná – Souš (Zdroj: ČHMÚ).	51

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Průměrná pětiletá koncentrace SO ₂ v µg/m ⁻³ v ovzduší v rozmezí let 2013 – 2017, (Zdroj: ČHMÚ).	17
Obrázek 2:	Prostorové rozložení podkorunové depozice síry v oblasti Jizerských hor (Zdroj: Hadaš 2004).	17
Obrázek 3:	Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice dusíku v oblasti Jizerských hor (Zdroj: Hadaš 2004).	18
Obrázek 4:	Habitus napadeného SMP kloubnatou, (Zdroj: J. Pokora).	20
Obrázek 5:	Počáteční napadení smrku ztepilého, (Zdroj: J. Pokora).	21
Obrázek 6:	Napadené rašící pupeny smrku ztepilého kloubnatou smrkovou a jejich vykloubení v případě následného růstu, (Zdroj: J. Pokora).	24
Obrázek 7:	Porost smrku pichlavého na Smědavské hoře v roce 2000, (Zdroj: J. Pokora).	26
Obrázek 8:	Stejný porost po napadení kloubnatou smrkovou v roce 2019, již po částečné rekonstrukci, (Zdroj: J. Pokora).	26
Obrázek 9:	Prostorové rozložení průměrné roční teploty v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš 2004).	28
Obrázek 10:	Prostorové rozložení ročního úhrnu srážek v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš 2004).	28
Obrázek 11:	SM- příklad kořenového systému (Zdroj: Slodičák et al. 2009).	30
Obrázek 12:	Zbytnělá báze kmene SM v por. 318C05a. poškozených stromů. Příčinou může být václavka smrková (Zdroj: J. Pokora).	30
Obrázek 13:	Rekonstrukce porostů SMP je možná bagrem se štěpkovací hlavicí, (Zdroj: LČR, s. p.).	31
Obrázek 14:	Mapový podklad porostu 344F04 (Zdroj: LČR s. p.).	33
Obrázek 15:	Mapový podklad porostní mapy porostu: 331B05 (Zdroj: LČR s. p.).	34
Obrázek 16:	Plocha v por. 346C06a, (Zdroj: J. Pokora).	36
Obrázek 17:	Plocha v por. 366C04c, (Zdroj: J. Pokora).	36
Obrázek 18:	Plocha v por. 352C05b, (Zdroj: J. Pokora).	37
Obrázek 19:	Plocha v por. 371A04a, (Zdroj: J. Pokora).	37
Obrázek 20:	Několikaleté opakované napadení rašících pupenů způsobuje deformaci větví, (Zdroj: J. Pokora).	38

Seznam zkratek

SM	smrk ztepilý
SMP	smrk pichlavý
KOS	kosodřevina
BK	buk lesní
PND	porosty náhradních dřevin
LČR, s. p.	Lesy České republiky, s. p.
PLO	přírodní lesní oblast
LHC	lesní hospodářský celek
LVS	lesní vegetační stupeň
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
VÚLHM v. v. i.	Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v. v. i.

1 Úvod

Smrkové porosty ve vrcholových partiích Jizerských hor byly na konci minulého stolení zasaženy imisní kalamitou, která měla ve spojení s následnou kůrovcovou kalamitou na oslabených porostech za následek plošné odumírání smrku ztepilého. Imisně odolnější porosty náhradních dřevin, které byly založeny v 80. a 90. letech při odstraňování následků imisní kalamity, jsou v posledních letech limitovány biotickými a abiotickými činiteli. Dalším limitním faktorem pro smrkové porosty, bylo neustálé působení kyselých dešťů, které okyselovaly půdu, neboť jejich působením docházelo k vyplavování důležitých kationů z půdního prostředí, jako jsou (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), které nahrazují nutriční formy hliníku (Al^{3+}) (SLODIČÁK et al., 2009). Následně došlo k výraznému oslabení smrkových porostů, a tím k snížené odolnosti vůči biotickým škůdcům jako jsou například kloubnatka smrková, nebo v poslední době kritická a výrazná kůrovcová kalamita. V důsledku působení nepříznivých klimatických a půdních vlivů, docházelo v porostech náhradních dřevin (PND) zejména smrku pichlavého (*Picea pungens Engelm.*) (SMP), k postupnému chřadnutí porostů v Krušných a Jizerských horách (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017). Jednoznačně nejhorší situace byla v Krušných horách. Zde od roku 2009 probíhal intenzivní výzkum v porostech SMP napadených patogenem kloubnatkou smrkovou (*Gemmomyces piceae*, (Borthw.) Casagr.), která zde působí obrovské škody, a způsobuje velkoplošný rozpad PND. Kloubnatka smrková, byla označena jako nejzávažnější patogen v porostech SMP (PEŠKOVÁ et al., 2016). V letech 2009 – 2012, začala tato houba v Krušných horách napadat také porosty autochtonního smrku ztepilého (*Picea abies L. H. Karst*) (SM) (PEŠKOVÁ et MODLINGER, 2015). Smrk ztepilý v Jizerských horách odolával do roku 2017, kdy byl patogen nalezen na několika jedincích v okolí Darské cesty poblíž horské chaty Smědavy. Z výzkumu, realizovaného v Krušných horách, vyplývá, že nejvíce byly poškozovány porosty na lokalitách s vysokou vzdušnou vlhkostí, na území s vysokými srážkami (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009), což o dva roky později potvrdil Pospíšil et Pospíšil (2011). Pokud k těmto vlivům, přičteme ještě nemalé škody zvěří (okus, ohryz, loupání, vytloukání), škody způsobené hlodavci zejména na mladých kulturách, škody způsobené suchem v posledních letech, námrazou z roku 2019, nebo častým bořivým větrem, mohou mít všechny tyto faktory v součtu nedozírné následky na smrkové porosty našich hor. Smrk ztepilý jakožto naše hlavní hospodářská dřevina, bývá v posledních letech hlavním předmětem řady vědeckých výzkumů a proto nové poznatky které kladně ovlivní hospodaření s touto dřevinou, pak mohou být následně přeneseny do lesnické praxe.

Předložená práce navazuje na výzkumy kloubnatky smrkové, realizované v Krušných horách a na hodnocení z roku 2018 – 2019 v Jizerských horách.

1.1 Cíl práce

V předkládané práci, bylo hlavním cílem zhodnocení invazní šíření houbového patogenu kloubnatky smrkové (*Gemmamyces piceae*) na smrku ztepilém v zájmovém území regionu Jizerských hor. Intenzita šíření v roce 2019, bude detailně porovnána s výsledky měření z roku 2018, s výsledky z roku 2019. Bude určena míra napadení patogenem a defoliace SM na vápněných plochách v porovnání se srovnávací plochou. Dále bude zhodnocen vliv napadení v porostech založených přirozeným zmlazením z Genofondu SM, v porovnání s plochou v uměle založeném porostu. Bude určena míra napadení kloubnatou smrkovou ve vztahu k lesnímu vegetačnímu stupni (LVS), imisnímu pásmu zatížení, ovlivnění porostů vodou, tloušťkovému stupni a k půdnímu pH.

2 Rozbor problematiky

2.1 Historický vývoj Jizerských hor

Velkou část území LHC Frýdlant tvoří Krkonoško-jizerský žulový masív, sahající v Liberci od Machnína na západě, po Sněžku a Rudawy Janowickie v Polsku na východě, v délce 70 km. V některých částech dosahuje masív tloušťky 4-5 km. Vulkanickou činností vystoupilo žulové magma na povrch v závěru období sudetské fáze variského, (též hercynského) vrásnění, asi před 325 mil. let. V mladších třetihorách došlo k rozčlenění krajiny na hory a nížiny a dnešní podobu Jizerských hor dotvořil v době staršího období čtvrtohor kontinentální ledovec, který v období střídaní dob ledových a meziledových, dvakrát pronikl až k úpatí Jizerských hor (BURDA, 2000). Revíry Smědava a Paličnick se nachází v centrální části Jizerských hor, v geomorfologickém celku krkonoško-jizerského krystalinika, který zahrnuje Jizerskou planinu a Jizerské hřbety, protažené v jihovýchodním směru (Střední jizerský hřeben, Vlašský hřeben, Vysoký jizerský hřeben). Smrk(1 124 m n. m.), Jizera (1 123 m n. m.), Smědavská hora (1 075 m n. m.) a Černá hora (1 084 m n. m.), patří k nejvyšším vrcholům Jizerských hor. Nepříliš zvlněná náhorní plošina se rozprostírá ve výšce 850 – 950 m n. m. (SLODIČÁK et al., 2009). Západní část masivu, buduje na české straně téměř celé Jizerské hory, východní pak hraniční krkonošský hřbet (KARPAŠ, 2016).

Zvlněné svahy viditelné od jihu tvoří předhoří, směřující do Liberecké kotliny, na severu klesají hory příkrými svahy do Frýdlantské pahorkatiny. Nad osadou Jizerka čnící Bukovec (1 005 m n. m.), vznikl mladovulkanickou činností (SLODIČÁK et al., 2009).

Bukovec je tvořen čedičovou horninou terciárního původu. Velký vliv na současný tvar Bukovce měla eroze, která odstranila dávnou sopku, včetně okolních hornin (KARPAŠ, 2016).

Jizerské hory jsou charakteristické četnými rašeliništi, která vznikla na náhorních plošinách, z důvodu nedostatečného odtoku vody. Z této zásobárny pramení nespočet vodních toků, například Bílá Smědá, Hájený potok, Bílý potok, Černá Nisa nebo Černá Desná. Jsou zde vybudovány tři hlavní údolní vodní nádrže Souš, vodní nádrž Josefův Důl a vodní nádrž Bedřichov, jež jsou hlavním zdrojem pitné vody pro Liberec, Jablonec n. N. a široké okolí (SLODIČÁK et al., 2009).

2.2 Historický vývoj dřevinné skladby v Jizerských horách

S postupným osídlováním Jizerských hor se začala postupně měnit původní dřevinná skladba, která byla podle podrobné analýzy pylových zrn odhadnuta na následující podíly zastoupení jednotlivých dřevin: smrk 30 %, kleč 20 %, buk 20 %, jedle 20 % a ostatní dřeviny 10 %. V nejvyšších partiích převládá smrk, kleč pak dominuje na rašeliništích. Kvalita lesa byla v té době zejména na úpatí hor, negativně ovlivněna pastvou dobytka a hrabáním steliva. Na konci 18. století měl na Jizerské hory negativní dopad rozvoj hlavně hutního a sklářského průmyslu. Tzv. toulavé těžby, které byly do té doby běžnou praxí, byly nahrazeny holosečným hospodařením, což mělo na porosty devastační účinky. Tento způsob hospodaření upřednostňoval světlomilné dřeviny zejména pak smrk, který postupně nahrazoval jedli a buk. První doložené údaje o zavádění umělé obnovy, pocházejí z roku 1792 z panství Liberec. Od dvacátých let 19. století se aplikovala v celé oblasti Jizerských hor. V této době měl výraznou převahu smrk před bukem. Buk se zaváděl hlavně do prudších svahů severní expozice, i na další lokality, kde roste i v současnosti. Jedle se udržela pouze na několika málo lokalitách, například podél řeky Smědé nad Bílým Potokem, na Měděném a Sviňském vrchu, ale i na severní straně Černé Studnice. Silné vichřice mezi lety 1962 až 1966, napáchaly velké škody na smrkových porostech i v důsledku nezvyklého jižního, až jihovýchodního směru větru, na které nebyly mýtné, ale ani předmýtné porosty připraveny. Škody na lesích vyvrcholily v sedmdesátých letech zásahem imisní kalamity a silného mrazu. Oslabené smrkové porosty se již nedokázaly ubránit kalamitním škůdcům, v podobě přemnoženého obaleče modřínového, ploskohřbetky

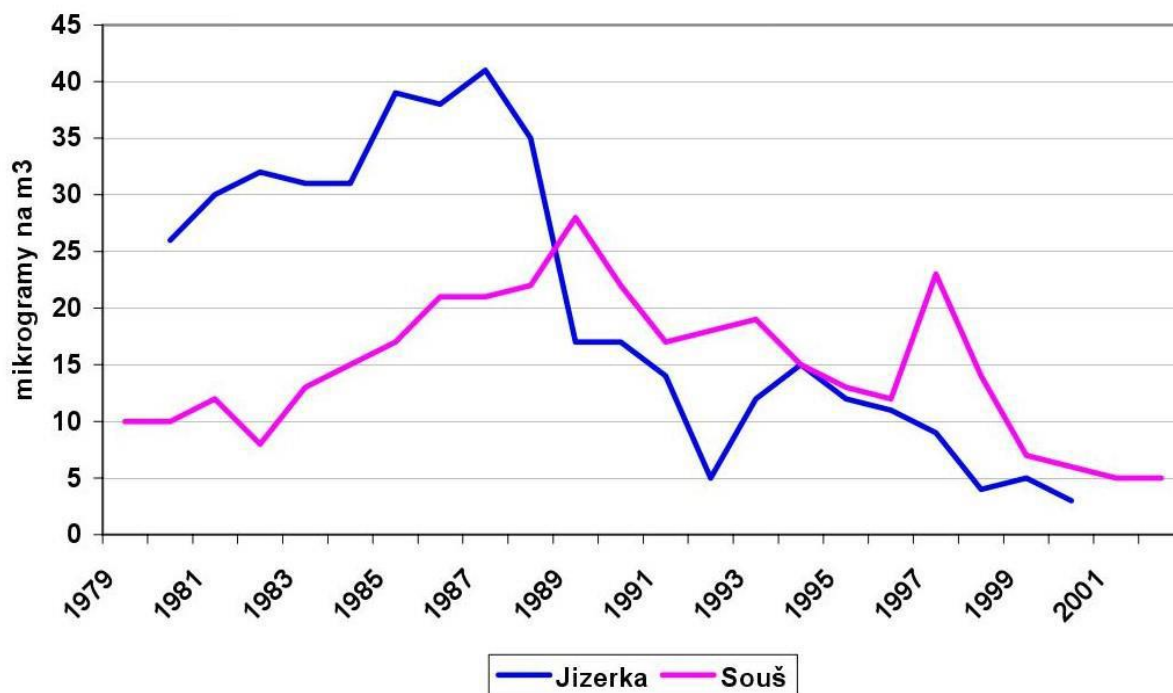
smrkové a lýkožrouta smrkového, který následně zničil i méně imisemi poškozené porosty na úpatí Jizerských hor. Během krátké doby, v průběhu 10 let zmizely hlavně z náhorní plošiny takřka veškeré smrkové porosty. Domácí smrk ztepilý se ukázal jako málo odolný vůči imisnímu zatížení. Z tohoto důvodu se přistoupilo k vysazování nepůvodních druhů, jako je smrk pichlavý (*Picea pungens*) (AOPK ČR, 2019), smrk omorika (*Picea omorika* Pančič Purk.) nebo smrk černý (*Picea mariana*), kosodřevina (*Pinus mugo* Turra) ale i borovice pokroucená (*Pinus contorta*), nebo rychle odrůstající a odolný vůči imisím modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.). Celkem byl smrk nahrazen PND na více jak 3000 ha. Modřínem na 450 ha, břízou a jeřábem na 590 ha. Zbylá plocha byla zalesněna SMP (KARPAŠ, 2014).

2.3 Imisní škody v Jizerských horách

Imisní škody v Jizerských horách byly patrné již na přelomu 50. a 60. let minulého století. V roce 1957 bylo do ovzduší vypuštěno 45 tis. t emisí (SO_2), kdy v roce 1980 bylo emisní zatížení až 500 tis. t, což znamená, že se během dvaceti let objem emisí SO_2 v ovzduší, více jak zdesetinásobil (SLODIČÁK et al., 2009).

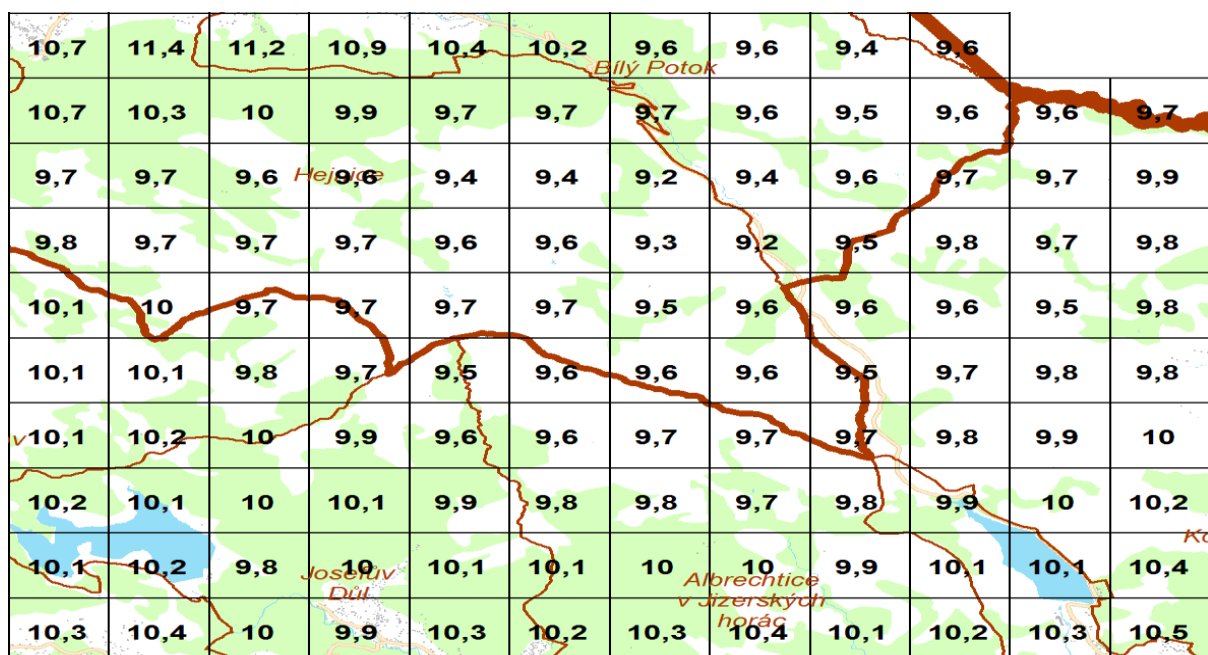
Hlavní podíl na znečištění ovzduší měly tepelné elektrárny Hagenwerder I, II a III, s 279 tis. t SO_2 /rok, Hirschfelde a Boxberg s až 400 tis. t SO_2 /rok v Německu, a Turozsów se 150 tis. t SO_2 /rok v Polsku. V České republice byly hlavním zdrojem znečištění tepelné elektrárny na Mělnicku a další menší zdroje, které však na celkové znečištění v Jizerských horách neměly tak významný vliv. Právě v osmdesátých letech, kdy bylo emisní zatížení ovzduší nejvyšší, došlo v Jizerských horách nejprve k imisní a následně ke kůrovcové kalamitě, která měla za následek zničení smrkových porostů na několik dalších desítek let (KARPAŠ, 2014).

Průměrné roční koncentrace SO₂



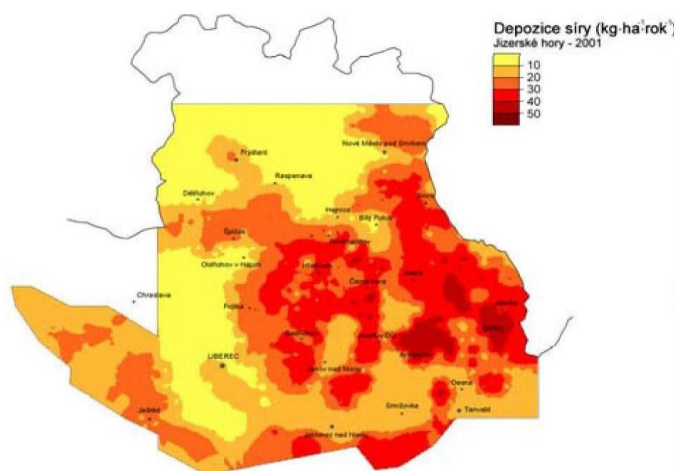
Graf 1: Průměrná roční koncentrace SO₂ na stanicích Desná-Souš (ČHMÚ) a Jizerka (Zdroj: VÚLHM v. v. i., 2004)

Pro lesní ekosystémy je za kritickou koncentrací SO₂ v ovzduší považováno množství 20 µg SO₂ m⁻³ (ČHMÚ 2000), která byla v letech 1979 až 1990 výrazně překonána na měřící stanici Desná – Souš (ČHMÚ) a Jizerka (VÚLHM v. v. i.). Nejvyšší krátkodobé koncentrace SO₂, naměřené při inverzních podmínkách, přesahovaly i 2200 µg SO₂ m⁻³ (Poleno, Vacek, 2007). Po snížení koncentrace SO₂ pod kritickou mez byl provoz měřící stanice Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v. v. i. (VÚLHM, v. v. i) Jizerka, ukončen. Ani po výrazném poklesu emisního zatížení SO₂ v ovzduší v devadesátých letech, až o 87 %, se zdravotní stav smrkových porostů stále nezlepšuje (SLODIČÁK et al., 2009).

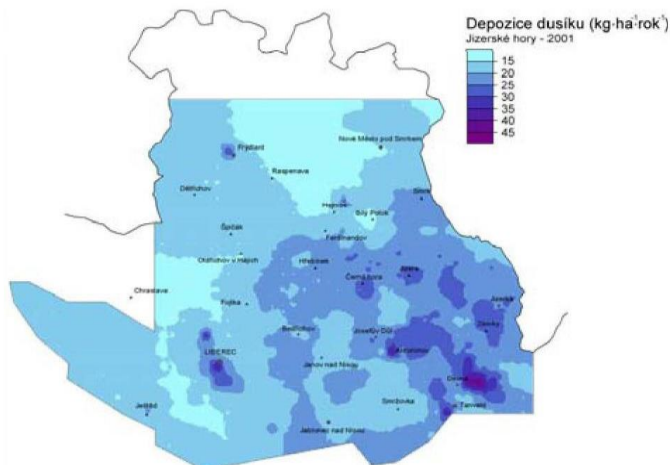


Obrázek 1: Průměrná pětiletá koncentrace SO₂ v µg/m³ v ovzduší v rozmezí let 2013 – 2017, (Zdroj.: ČHMÚ).

Dle POLENO et VACEK, (2007) dochází v důsledku spadu imisí k zakyselování lesních půd, hromadění iontů hliníku a k výraznému úbytku důležitých bází, hlavně hořčíku a hliníku, což je pravděpodobným důvodem nelepšícího se stavu smrkových porostů. Toto potvrzují HRUŠKA et HOFMEISTER, (2004), kteří se zabývají působením kritického zatížení lesních ekosystémů sírou a dusíkem. Zejména náhorní plošina Jizerských hor je ve vyšší nadmořské výšce i dnes silně ovlivněna spadem okyselujících sloučenin s vysokým obsahem nutričního dusíku obsažených v kyselém dešti (HRUŠKA et HOFMEISTER, 2004; SLODIČÁK et al., 2009). Defoliace zdejších smrkových porostů od roku 2015 po delší stagnaci opět stoupá (ZELENÁ ZPRÁVA, 2018).



Obrázek 2: Prostorové rozložení podkorunové depozice síry v oblasti Jizerských hor (Zdroj: Hadaš 2004).



Obrázek 3: Prostorové rozložení potenciální podkorunové depozice dusíku v oblasti Jizerských hor (Zdroj: Hadaš 2004).

Imisní pásma ohrožení lesních porostů

Pro přesné sledování imisního zatížení, dynamiky a dalšího vývoje poškozených porostů byla vytvořena mapa pásem imisního ohrožení, která byla rozčleněna do čtyř stupňů A, B, C, D, kdy se vycházelo z údajů o poznatcích závislosti koncentrace imisí, klimatických podmínek, expozice porostů a nadmořské výšky (KARPAŠ, 2014).

Dle vyhlášky Mze č. 78/1996 Sb. o stanovení pásem ohrožených lesů pod vlivem imisí, se dle § 1 odst. 3 se rozumí:

Podle dynamiky zhoršování zdravotního stavu se lesy zařazují do těchto pásem ohrožení:

- a)** do pásma ohrožení A se řadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během pěti let, (ročně odumře 20 % původního počtu stromů),
- b)** do pásma ohrožení B se řadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením v příznivějších podmínkách, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během šesti až deseti let, (ročně odumře 10 – 20 % původního počtu stromů),
- c)** do pásma ohrožení C se řadí lesní pozemky s imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 11 až 15 let, (ročně odumře 2 – 10 % původního počtu stromů),
- d)** do pásma ohrožení D se řadí lesní pozemky s porosty s nižším imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 16 až 20 let. Do tohoto pásma se zahrnují i takové lesní pozemky s porosty, kde je vliv

imisi patrný, ale dynamiku zhoršování zdravotního stavu lesních porostů zatím nelze přesně definovat, (ročně odumře do 2 % původního počtu stromů).

Pro představu revír Smědava, na kterém bylo založeno mnou studovaných 16 trvale výzkumných ploch, je do pásma ohrožení A zařazeno 452,72 ha (22,8 % rozlohy), do pásma ohrožení B zařazeno 1326,25 ha (65,23 % rozlohy), a do pásma ohrožení C zařazeno 260,06 ha což je 12,69 % z celkové výměry revíru (TEXTOVÁ ČÁST LHP).

2.4 Vápnění porostů a míra ovlivnění napadení patogeny

V 50. letech se hodnoty pH v humusové vrstvě ve vyšších oblastech Jizerských hor pohybovaly v rozmezí 3,86 – 4,18 pH. Do roku 1980 došlo vlivem přibývajících imisí ke kyselosti až na hodnoty v rozmezí 3,57 – 3,86 pH. Rovněž svrchní minerální horizont dosahoval v 50. letech vyšších hodnot pH než humusové vrstvy. V roce 1980 se hodnoty pH minerálního a humusového horizontu téměř vyrovnaly (SLODIČÁK et al., 2009). V 80. letech bylo ve vyšších polohách Jizerských hor realizováno letecké vápnění porostů z důvodu velkého imisního zatížení, jako způsob chemické meliorace. Stejným způsobem proběhlo vápnění například v Krušných horách, Orlických horách nebo Krkonoších (PODRÁZSKÝ et ULBRICHOVÁ et REMEŠ, 2001). Od roku 1982 do roku 1989 bylo na lesní správě Frýdlant provedeno vápnění dolomitickým vápencem s hrubší frakcí do 0,4 mm s delší dobou rozkladu na ploše (6 220 ha). Cílem bylo snížit kyselost půd po imisní kalamitě. Na hektar se aplikovalo cca 2,5 t i toto menší množství stačilo ke zvýšení hodnoty pH o 0,3 – 0,5. Okyselování půd má negativně ovlivňuje životní prostředí zejména tím, že dochází ke zvýšení koncentrace dusičnanů, čímž dochází k vyluhování stopových kovů, nahrazování kationtů vápníku a hořčíku nežádoucím hliníkem (KARPAŠ, 2014). Výsledky vápnění prokázaly, že se v lesních půdách zvýšil obsah fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku, což potvrzuje i odborný posudek na vyhodnocení pokusu „pozemní ruční aplikace dolomitu“ aplikovaném na dvou lokalitách revíru Smědava a jedné lokalitě revíru Paličnick (NOVOTNÝ et LOMSKÝ, 2016). Právě nedostatkem hořčíku v lesních půdách pravděpodobně dochází ke žloutnutí a následnému chřadnutí SM porostů. Některé studie hovoří o negativním vlivu vápnění projevující se tím, že se zhoršuje kvalita humusových forem a dochází ke ztrátám draslíku a dusíku. Ztrátou dusíku z koloběhu živin dochází k degradacím prostředí lesních půd a vodních zdrojů. Toto je zvláště nebezpečné na holinách, kde při chybějícím funkčním krytu lesních dřevin, dochází k vyplavování dusíku z půdního prostředí (SLODIČÁK et al., 2009). Vápnění porostů je stále prováděno v rámci projektů chemické meliorace lesních půd. Cílem tohoto vápnění je doplnění podlimitních prvků

(vápník, hořčík) do lesních ekosystémů. V roce 2018 bylo na devíti lokalitách v Krušných horách aplikováno vápnění porostů dolomitickým vápencem na rozloze (4 385 ha) dávkou (3 t/ha). V Jizerských horách plošné vápnění není v současnosti prováděno (ZELENÁ ZPRÁVA, 2018).

2.5 Dosavadní výsledky výzkumu kloubnatky smrkové

V roce 2007 byla kloubnatka smrková zjištěna na několika jedincích v Krušných horách. První nález podle ústního sdělení učinil Jiří Pospíšil z Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem ve spolupráci s lesním správcem LS Litvínov Ing. Alešem Kilbem (LČR, s. p.). Od roku 2009 začala kloubnatka smrková působit značné škody v PND smrku pichlavého v Krušných horách, kde poškození dosahovalo až 40 % (PEŠKOVÁ et al., 2009). Postupně proto začala rekonstrukce porostů o celkové rozloze (8000 ha), které vykazují napadení v průměru až 75 % (ČERNÝ et al., 2016). Kloubnatka smrková se postupně rozšířila v Jizerských horách, Orlických horách, v masívu Kralického Sněžníku a v oblasti Lysé hory v Moravskoslezských Beskydech (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009). V roce 2013 byly nalezeny první napadení jedinci smrku ztepilého v Krušných horách, kde první větší škody napáchala kloubnatka v roce 2015 (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017). Z roku 2017 pocházejí první informace o napadení smrku ztepilého v Jizerských horách, v okolí Darské silnice, poblíž horské chaty Smědavy (IDNES, 2018). Infekce byla v Krušných horách objevena i na jiných PND např. na smrku sivém, smrku sitce, smrku omorika (Soukup, Pešková, 2009).



Obrázek 4: Habitus napadeného SMP kloubnatou, (Zdroj: J. Pokora).

V roce 2015 se vlivem sucha rozrostl problém s václavkou smrkovou (*Armillaria ostoyae*), která by mohla mít vliv na oslabení stromu, a tím větší náchylnosti na infekci kloubnatkou smrkovou (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017). Další testy ukázaly, že přímý vliv na klíčení patogenu má snížení obsahu síry v ovzduší (ČERNÝ et al., 2017), k čemuž v Jizerských horách došlo odsířením tepelných elektráren v Německu a Polsku.

Při porovnání faktorů ovlivňující prostředí, bylo zjištěno, že více náchylné jsou stromy na porostním okraji a starší porosty (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017)



Obrázek 5: Počáteční napadení smrku ztepilého, (Zdroj: J. Pokora).

2.6 Areál výskytu ve světě

V roce 1909 byla kloubnatka smrková poprvé platně popsána ve Skotsku. A. W. BORTHWICK, ji zařadil do rodu *Cucurbitaria* Gray (1821), pod jménem *Cucurbitaria piceae* Borthw. (SOUKUP et PEŠKOVÁ: LESNICKÁ PRÁCE, 12/2009). Původní ohnisko šíření, bylo pravděpodobně z pohoří Ťan-šan ve východní Asii (Ujgursko, Čína), kde byly popsány dva patogeny rodu *Gemmamices*, druh *G. piceae* a *G. piceicola*. Hostitelskou dřevinou byl smrk Schrenkův (*Picea schrenkiana*) (YANG & WANG, 1995). Odtud se rozšířila do Čínské lidové republiky, v severní a severozápadní Evropě nejprve do chladnějších oblastí Skotska a Velké Británie, následně do Německa, Dánska, Finska, Ruska, ze střední a jižní Evropy byly hlášeny nálezy především z vyšších horských poloh z České republiky, Rakouska, Švýcarska a Itálie (ČERNÝ et al., 2016). Napadení smrku pichlavého bylo v roce 2013, zaznamenáno na Aljašce (WINTON, 2017).

2.7 Areál výskytu v Česku

V České republice byla poprvé kloubnatka smrková popsána v roce 1918, kdy o ní informoval KÖCK (1918) a uvedl, že již v roce 1909 byly pozorovány podobné příznaky na dřevinách z okolí loveckého zámečku Kladská. Jednalo se teprve o druhý celosvětový nález. Pravděpodobně se patogen do České republiky rozšířil z Německa a Nizozemí (KÖCK, 1918 in ČERNÝ et al., 2016). Poslední, kdo se o výskytu patogenu v té době zmiňuje, je v roce 1919 Tubeuf (TUBEUF, 1919). Střední Evropa je považována za centrum šíření patogenu, ačkoliv se další nález, datuje až do roku 2000, kdy se kloubnatku smrkovou podařilo objevit na velkém množství lokalit, kde byl jako náhradní dřevina použit SMP, zejména pak v Krušných a Jizerských horách (ZÝKA et al, 2018). To potvrzuje závěry práce (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009), kteří lokalizovaly nejvíce postiženou LS Klášterec nad Ohří a LS Litvínov, kde bylo ve 49 porostech náhodně vybráno 30 stromů, celkem 1427 jedinců. Napadeno bylo 48% sledovaných stromů a situace byla vyhodnocena jako vážná. Od února 2019 je kloubnatka smrková evidována v Krkonoších v okolí Dvoraček. Zajímavostí této lokality je, že se v okolí nenacházejí žádné porosty SMP, které mohou být zdrojem infekce (PEŠKOVÁ et al, 2019).

2.8 Hostitelské dřeviny

Kloubnatka smrková je významný houbový škůdce, napadající několik druhů smrků, a výjimečně i jedle. Mezi hlavní hostitelské dřeviny patří především SMP, SM, smrk sivý (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009), dále se vyskytuje také na smrku sitka, méně často pak na jedli bělokoré a jedli kavkazské (LESNICKÁ PRÁCE 3/2015), smrku Engelmannovu, smrku štětinatém, smrku černém a smrku Schrenkově (ZÝKA et al., 2018).

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.)): Strom je 30 – 60 m vysoký, kmen průběžný, větve přeslenovité, borka hnědočervená, šupinovitě odlupčivá, pupeny suché nesmolnaté, jehlice dvouřadě uspořádané, k vrcholu vyrůstají do všech stran. Samčí květy červené kulovité, samičí přisedlé 60 mm dlouhé červené nebo zelené, šišky dozrávají prvním rokem a opadávají v celku (VĚTVIČKA, 1999). Podle různých morfologických znaků jehlic a šišek rozeznáváme 2 podrody dělící se do 4 sekcí (SCHMIDT, 1991).

Smrk pichlavý (*Picea pungens* Engelm.): Strom je 30 – 50 m vysoký, větve v přeslenech, borka šedohnědá odlupčivá, pupeny nepryskyřičné, ohnuté šupiny. Jehlice čtyřhranné, tuhé, ostře pichlavé, ze čtyř stran pásek průduchů, výrazná stříbrná barva, šišky světle béžové až 10 cm (VĚTVIČKA, 1999).

Smrk sivý (*Picea glauca* (Moench.) Voss.): Strom je až 50 m vysoký, šedohnědá tence šupinatá borka, jehlice dlouhé, modrozelené, špičaté, po rozemnutí ostře páchnou. Šišky až 5 cm dlouhé, řídké, ohebné plodné šupiny (VĚTVIČKA, 2017).

Smrk sitka (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.): Strom je 30 – 60 m vysoký, široce kuželovitá koruna, větve v přeslenech, borka červenohnědá, šupinovitě se odlupující, pupeny smolnaté. Jehlice dlouhé, úzké, zploštělé, jemně pichlavé, na spodu s dvěma bílými proužky. Šišky až (10 cm), papírově slabé na konci zubaté šupiny (VĚTVIČKA, 1999).

Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.): Strom je 30 – 65 m vysoký, válcovitá, tupě zakončená koruna, borka bělošedá, hladká, podélně rozpukaná, větve odstávají, horní míří šikmo vzhůru. Pupeny vejčité, nepryskyřičnaté. Samčí šištice žluté, samičí zelené, později dřevnatějící šupiny, šišky vzpřímené až (20 cm) dlouhé, po dozrání se rozpadají (VĚTVIČKA, 1999).

Jedle kavkazská (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach): Strom je 30 – 50 m vysoký, větve pravidelně přeslenité, borka hnědošedá, podélně rozpukaná. Pupeny vejčité, červenohnědé bez pryskyřice, jehlice rostou do všech stran, na špici vykrojené, leskle tmavě zelené. Samčí šištice červené, šišky tmavohnědé, pryskyřičnaté 15 cm dlouhé, rozpadavé (VĚTVIČKA, 1999).

2.9 Vývoj patogenu a jeho šíření na hostitelských dřevinách

Kloubnatka smrková je vřeckovýtrusná houba, řádu Pleosporales, čeledi Cucurbitariaceae. Houba napadá hostitelskou dřevinu především ve vegetačním období. V místě rašícího pupenu se vytváří černošedý povlak (bazální stroma), kterým pupen není schopen prorůst a dojde tak při vyrašení k charakteristickému „vykloubení“, rašícího výhonu do strany, čímž je poškozen jeho normální růst. Pokud je pupen zcela pokryt bazálním stromatem, může dojít k jeho odumření (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017). Na napadeném pupenu se vytvářejí plodnice konidiového stádia, tzv. pyknidy, které jsou kulovité, tmavé, nespojitě o průměru 500 µm, s kulovitým otvorem. Výtrusy (konidie) mají vláknitý tvar, jsou mnohobuněčné s přepážkami. Vyrůstají jednotlivě z konidioforů. Perithecia (pohlavní stádium houby) vyrůstají teprve poté. Jsou podobných rozměrů jako pyknidy, přisedlé s krátkým stonkem. Vřečka obsahují 8 askospor. Jsou protáhle kuželovité, někdy ve středu zaškrčené, mají 5 -8 přepážek příčných a jednu podélnou.



Obrázek 6: Napadené rašící pupeny smrku ztepilého kloubnatou smrkovou a jejich vykloubení v případě následného růstu, (Zdroj: J. Pokora).

Perithecia a pyknidy se vyskytují na odumřelých pupenech celou vegetační sezónu (jsou již sterilní, zašedlé, porostlé epifytickými řasami). Celkový vývoj patogenu je dvouletý. Produkce askospor je koncem léta a na podzim. Oba druhy výtrusů jsou schopné napadat rašící pupeny (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009).

Patogen pravděpodobně přežívá ve formě mycelia v pletivech nebo za šupinami pupenů. K šíření infekce na napadeném jedinci a k přenosu na jiného hostitele dochází pravděpodobně díky stékající srážkové vlhkosti a nitkovitě prohnutého tvaru a malé velikosti konidií. Z tohoto důvodu je nevhodný hustý zápoj v napadeném porostu (ČERNÝ et al. 2016). Kloubnatka smrková je mimořádně chladnomilný organismus schopný růstu i při teplotě 0 °C, kdy optimální teplota pro její vývoj se pohybuje v rozmezí 13 až 18 °C (ZÝKA et al, 2018).

V případě napadení velkého počtu rašících pupenů se postupně změní celý habitus napadeného stromu, který je díky tomu v porostu dobře rozpoznatelný. V případě opakovaného napadení více než 75 % celkového počtu rašících pupenů, po několik let, dojde k vyrašení spících pupenů. Ty jsou okamžitě infikovány, strom neobnovuje asimilační orgány, přestane rašit a do 2 – 3 let odumírá (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009). Napadený strom je charakteristický kostrbatým či klikatým vzhledem větvení (ZÝKA et al, 2018).

Další druhotná poškození stromů může způsobit například sypavka smrková (*Lirula macrospora*), nebo houba *Sirococcus conigenus*, která podobně jako kloubnatka napadá výhony a způsobuje jejich kroucení a odumírání. Na odumírání nejméně jedné třetiny jedinců se podílí václavka smrková (*Armillaria ostoyae*) (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2018). Dalšími možnými škůdci, se kterými se napadení kloubnatkou smrkovou, může zaměnit je korovnice smrková (*Sacchiphantes abietis*) nebo korovnice zelená (*Sacchiphantes viridis*), které vytvářejí na rašících pupenech charakteristické hálky. Tito hmyzí škůdci však nezpůsobují významné hospodářské škody.



Obrázek 7: Porost smrku pichlavého na Smědavské hoře v roce 2000, (Zdroj: J. Pokora).



Obrázek 8: Stejný porost po napadení kloubnatou smrkovou v roce 2019, již po částečné rekonstrukci, (Zdroj: J. Pokora).

3 Popis zájmového území

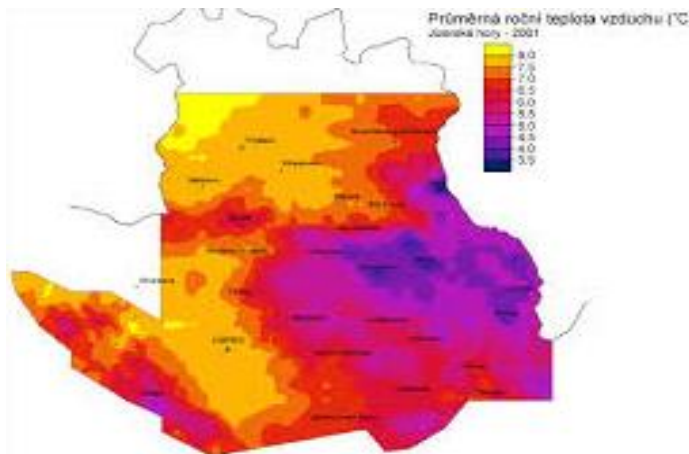
V roce 1997 vznikla spojením dvou lesních správ Dětrichov a Nové Město pod Smrkem lesní správa Frýdlant, rozkládající se v celém Frýdlantském výběžku a severní části Jizerských hor. Nejvyšším bodem je hora Smrk (1.124 m n. m) a nejnižším bodem je koryto řeky Smědé (230 m n. m) na státní hranici s Polskem. Katastrální výměra LS Frýdlant je 37.147 ha, kdy rozloha státních lesů je 17.822 ha. Celkem je rozdělena do deseti revírů, trvalé výzkumné plochy byly založeny na revíru Smědava (2.062 ha) a Paličnick (1.767 ha) lesních pozemků. Nachází se zde dvě přírodní lesní oblasti PLO 20 – Lužická pahorkatina a PLO 21 – Jizerské hory a Ještěd. Největšími toky jsou Jizera, Smědá, Černý a Bílý Štolpich. Jsou zde četná vrcholová skaliska, gravitační balvanová moře a na náhorní plošině jsou četná rašeliniště. Nalézají se tu lesy ochranné, zařazené do národní přírodní rezervace Jizerskohorské bučiny a od roku 2019 také Jizerskohorské smrčiny, I. zóny CHKO, přírodních rezervací a přírodních památek, lesy se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodochrannou, klimatickou nebo krajinnou. Do částí revírů zasahuje Ptačí oblast Jizerské hory, která je soustavou chráněných území NATURA 2000.

Revír Paličnick je rozložen od 5. do nejvíce zastoupeného 8. LVS (1078,89 ha). Z dřevinné skladby je nejvíce zastoupen SM (64,31 %), buk lesní (BK) (15,34 %), SMP (11,54 %) a kosodřevina (KOS) (3,59 %), ostatní dřeviny nepřevyšují zastoupení do 2 % (TEXTOVÁ ČÁST LHP)

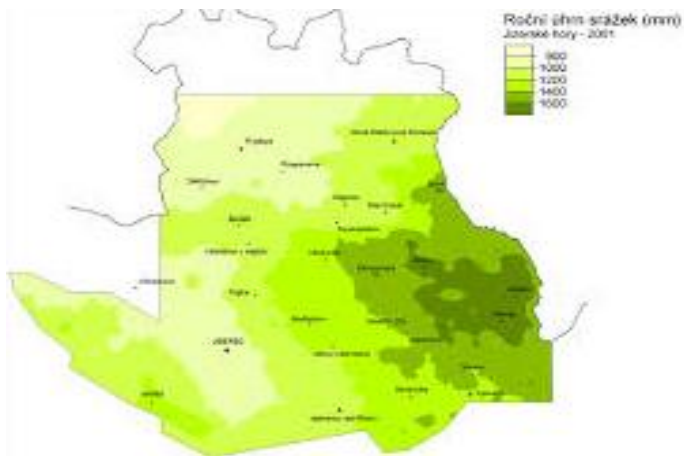
Revír Smědava je rozložen od 3. do nejvíce zastoupeného 8. LVS (938,93 ha). Z dřevinné skladby je zde nejvíce zastoupen SM (67,18 %), BK (13,65 %), SMP (10,04 %) a KOS (4,39 %), ostatní dřeviny nepřevyšují zastoupení do 2 % (TEXTOVÁ ČÁST LHP).

3.1 Klimatické vlivy

Oblast Jizerských hor patří v celorepublikovém měřítku mezi území s nejvyšším úhrnem srážek a mírně chladnými teplotami. Počet vegetačních dnů v 8. LVS je méně než 100. Průměrný roční úhrn srážek všech tří horských stanic (Jizerka, Desná – Souš, Bedřichov), se pohybuje kolem 1 300 mm, v 6. LVS je to 1 300 – 1 350 mm, v 7. LVS 1 350 – 1 400 mm a v 8. LVS do 1 450 mm (Slodičák et al., 2009). V poslední době dochází k poklesu množství spadlých srážek například v roce 2018, kdy za rok spadlo v Libereckém kraji v průměru 508 mm, což je oproti dlouhodobému normálu, který činí 860 mm, pouhých 65 % (PORTÁL ČHMÚ).



Obrázek 9: Prostorové rozložení průměrné roční teploty v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš 2004).



Obrázek 10: Prostorové rozložení ročního úhrnu srážek v oblasti Jizerských hor v roce 2001 (Zdroj: Hadaš 2004).

Průměrná roční teplota je 5,8 °C, od max. 5,5 °C v 6. LVS, do méně než 4 °C v 8. LVS. Průměrná roční teplota ve vegetačním období od dubna do září je 10,8 °C. Dlouhodobé průměrné teploty nasvědčují mírnému oteplení o zhruba 0,2 °C (ŠLODIČÁK et al., 2009). V roce 2018 činila průměrná roční teplota v Libereckém kraji 9 °C, což je oproti dlouhodobému normálu, který činí 6,4 °C, nárůst o 2,6 °C (PORTÁL ČHMÚ). Mezi další klimatické vlivy, které výrazně ovlivňují smrkové porosty patří námraza, která zejména v roce 2019 způsobila značné škody vrcholovými zlomy. Negativně se na stavu porostů podepisují pozdní mrazy, které způsobují omrzání narašených výhonů, bořivý vítr dosahující síly orkánů, který v roce 2007 způsobil polomy v rozsahu 10. mil. m³ dřeva. Vytrvalý déšť v srpnu roku 2010, kdy spadlo v průměru 290 mm srážek, což odpovídá 326 % dlouhodobého normálu (PORTÁL ČHMÚ), způsobil sesuv podmáčené půdy, na několika místech severního svahu Smědavské hory.

3.2 Kořenový systém smrku pichlavého a smrku ztepilého v zájmové oblasti

Rhizologické analýzy u lesních dřevin jsou velice pracné a časově náročné, proto jim často není věnována taková pozornost (SLODIČÁK et al., 2009). Po imisní kalamitě byl jako náhradní dřevina k zalesnění imisních holin použit SMP. SMP byl vyhodnocen jako odolnější vůči imisím a zároveň dobře snášející klimatické podmínky extrémních poloh. V Jizerských horách byl vysazen na ploše 1639 ha, což je asi 15 % celkové plochy. V posledních letech však docházelo k chřadnutí těchto porostů, projevující se žloutnutím asimilačních orgánů a ztrátě starších ročníků jehlic. V letech 2003 – 2004 byla vypracována studie kořenového systému SMP a SM v Jizerských horách (MAUER et PALÁTOVÁ et RYCHNOVSKÁ, 2003). Do studie byly vybrány porosty na kyselém stanovišti, v 7. a 8. LVS ve stáří 13 – 22 let. Bylo zjištěno, že kotevní kořeny sahaly do hloubky cca 40 cm, ale nikdy neprorůstaly do minerálních horizontů. Hodnocené stromy byly rozděleny na zdravé a poškozené (poškození asimilačních orgánů 30 – 60 %). U všech pozorovaných jedinců, zdravých i poškozených, bylo zjištěno nejzávažnější poškození kořenových systémů – strbouly. U hodnocených jedinců bylo speciální analýzou zjištěno napadení václavkou smrkovou téměř ze 100 % (SLODIČÁK et al., 2009). V roce 2009 byla v Jizerských horách na rašících pupenech SMP objevena kloubnatka smrková na porostech v oblasti Kristiánova. V roce 2019 již byly porosty SMP napadeny ze 100 % a postupně dochází k odumírání celých porostů, které jsou ze strany LČR, s. p. rekonstruovány a SMP je nahrazován SM, BK, javorem klenem (KL) nebo jeřábem ptačím (JR).

Podobná studie (MAUER et PALÁTOVÁ et RYCHNOVSKÁ, 2004) byla vytvořena na kořenovém systému SM. Za ideálních podmínek SM vytváří povrchový, pravidelný kořenový systém s odlišenými horizontálními a kotevními kořeny, které prokořeňují minerální horizont. Pokud je kořenový systém stresován, vytváří těsně pod nadzemní částí tzv. adventní kořeny, které doplňují disproporci mezi nadzemní a podzemní částí stromu. Do studie byly zahrnuty SM porosty na kyselém stanovišti, v 7. a 8. LVS, ve stáří 5 – 96 let, se stejným zakmeněním. Stromy byly rozděleny na zdravé a poškozené, které vykazovaly poškození asimilačních orgánů 30 – 60 %. Bylo zjištěno, že poškození kořenového systému má spojitost s prokořeněním. V pozorovaných porostech byly určeny dva půdní typy: podzol, kryptopodzol. Poškozené stromy tyto horizonty nikdy neprokořeňují a mají vždy menší počet kosterních kořenů. Vývin kořenů zaostává za vývinem nadzemní části. U zdravých stromů byl zjištěn častý strboul, u poškozených byl zjištěn téměř u 100 % jedinců. Tvorba strboulů má přímou vazbu na tvorbu hniloby kořenů a kmene, kdy ve 100% případech je primární příčinou

václavka smrková. Limitou individuální odolnosti stromů je kvalita jejich kořenového systému.



Obrázek 11: SM- příklad kořenového systému (Zdroj: Slodičák et al. 2009).



Obrázek 12: Zbytnělá báze kmene SM v por. 318C05a. poškozených stromů. Příčinou může být václavka smrková (Zdroj: J. Pokora).

3.3 Obranná opatření

Je nutné si uvědomit rozdíl v obraně při napadení okrasných dřevin v zahradnictví, v lesních školkách, jednotlivých stromů v parcích a zahradách, plantážích vánočních stromků, nebo obraně lesních porostů ve stádiu kultur, mlazin i dospívajících a dospělých kmenovin.

V prvním případě je možné silně napadené jedince eliminovat, důkladně odstranit jednotlivé napadené větve, na kterých jsou infikované či odumřelé pupeny. V případě většího infekčního napadení je možný preventivní postřik fungicidním přípravkem

(SOUKUP et PEŠKOVÁ 2009). Ten je nutné provést opakovaně 3 až 4 krát v intervalech po 14 dnech. Postřik používáme v případě hrozícího vážného a opakovaného poškození napadených dřevin (PEŠKOVÁ et ČÍŽKOVÁ, 2015).

Ve druhém případě dochází k plošnému napadení porostů náchylných k infikaci zpravidla s vysokým podílem zastoupení nevhodných dřevin. Zde je nutné odstranit nejvíce napadené jedince do začátku vegetační sezony, tedy nejlépe do konce března před vyrašením nových pupenů, aby nedošlo k infekci čerstvých pupenů (PEŠKOVÁ et MODLINGER, 2019).



Obrázek 13: Rekonstrukce porostů SMP je možná bagrem se štěpkovací hlavicí, (Zdroj: LČR, s. p.).

Postřik fungicidem je v oblasti rozsáhlých vodních zdrojů nereálný. V takovém případě je nutné důkladné posouzení porostu a určení stupně napadení. V lesním hospodářství se v posledních letech přistupuje k rekonstrukcím celých porostů SMP, při kterých je vhodná výsadba více druhů vhodných dřevin (SOUKUP et PEŠKOVÁ, 2009).

4 Metodika

V regionu Jizerských hor na lesní správě LČR, s. p., Frýdlant, na revírech Smědava a Paličnick bylo pro účely monitoringu invazního šíření houbového patogenu kloubnatky smrkové založeno v roce 2018 celkem 13 trvalých výzkumných ploch. V roce 2019 bylo k původnímu počtu založeno dalších 7 ploch, přičemž dvě plochy byly záměrně

vybrány v porostech, v nichž probíhala „pozemní ruční aplikace dolomitu“ v rámci probíhajícího pokusu VÚLHM v. v. i. a v porostech původem z Genofondu SM.

Na trvalých plochách čtvercového nebo obdélníkového tvaru bylo vyznačeno minimálně 50 životaschopných jedinců. U každého z nich byla pomocí dalekohledu Meopta 10 x 50 hodnocena defoliace podle vizuálního posouzení stavu asimilačních orgánů (jehličí) v koruně každého jedince, vyjádřené procentem ztráty asimilačních orgánů k normálu. Zdravotní stav byl hodnocen podle hodnotící škály v pěti kategoriích vycházejících (Tabulka 1). Do kategorie 4. nebyl zařazen žádný jedinec, proto ve výsledcích není dále uváděna. Zároveň byly z hospodářské knihy převzaty vybrané údaje (věk porostu, věková kategorie, imise, LVS a ovlivnění vodou) které byly následně využity ke statistické analýze získaných dat.

Ve dvou hodnocených porostech byl umístěn datalogger Minikin THi pro měření teploty vzduchu. Z plochy v porostu 371 A 04b bylo zařízení v průběhu roku odcizeno a v porostu 369 A 04 přestalo pracovat. Proto data pro stanovení průměrné teploty vzduchu byla získána z měřicí stanice ČHMÚ, Desná – Souš.

Tabulka 1: Jednotlivé kategorie hodnocení napadení smrku ztepilého kloubnatou smrkovou.

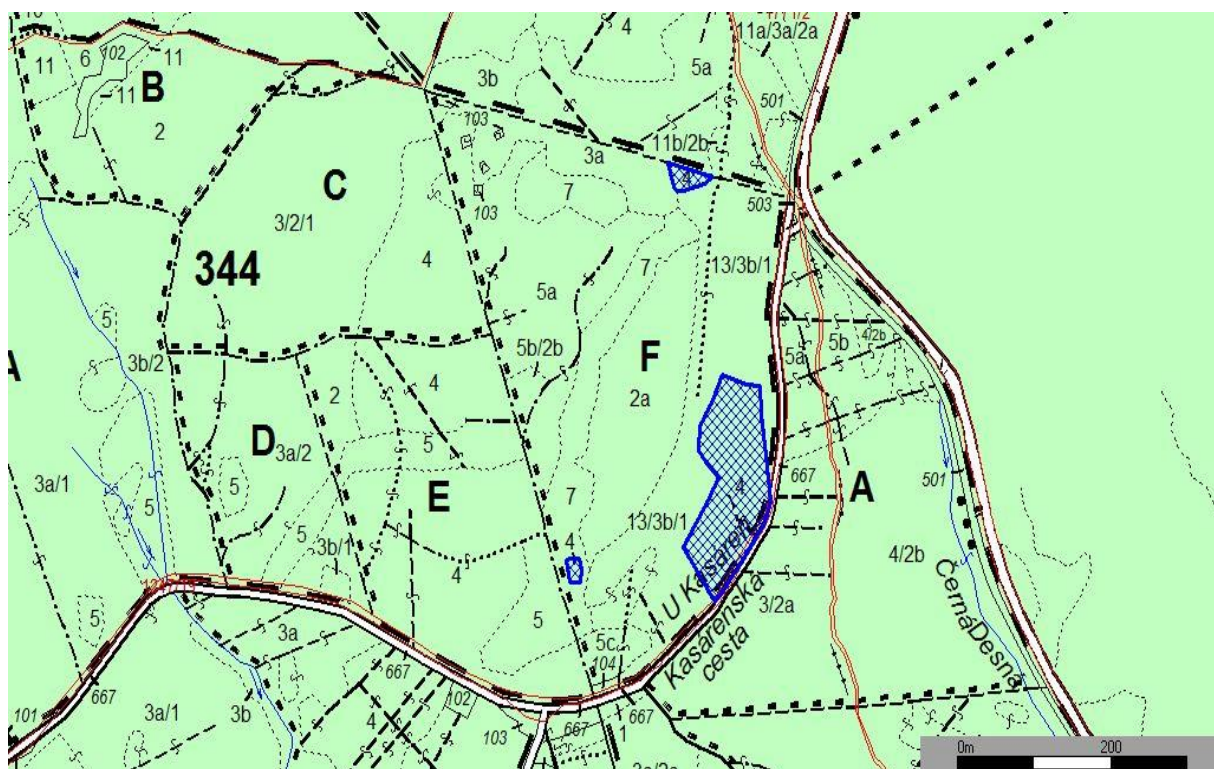
Kategorie	Popis poškození
0	Bez napadených pupenů
1	Napadeny jednotlivé pupeny nebo max. jednotlivé větve
2	Napadení více větví, max. do 1/3 koruny
3	Napadení více jak 1/3 koruny do max. 2/3 koruny
4	Strom napaden z více jak 2/3. Počínající defoliace (proředění korun vlivem opakovaného víceletého napadení pupenů kloubnatou smrkovou)

Na nejvíce napadených plochách bylo navíc provedeno vysvěrkování naplno pomocí lesnické průměrky, kdy se průměr odečítal ve výšce 1,3 m (tzv. výčetní tloušťka), aby bylo možné potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, že patogen napadá pouze určitou skupinu jedinců v porostu, například na základě tloušťky. Na všech 20 plochách jsem pomocí půdní sondy odebral půdní vzorek za účelem stanovení pH a jeho dání do souvislosti s mírou defoliace a intenzitou napadení kloubnatkou. V průběhu měření jsem periodicky každých 14 dní sbíral vzorky napadených pupenů za účelem určení vývoje jednotlivých stádií patogenu v průběhu vegetační sezóny.

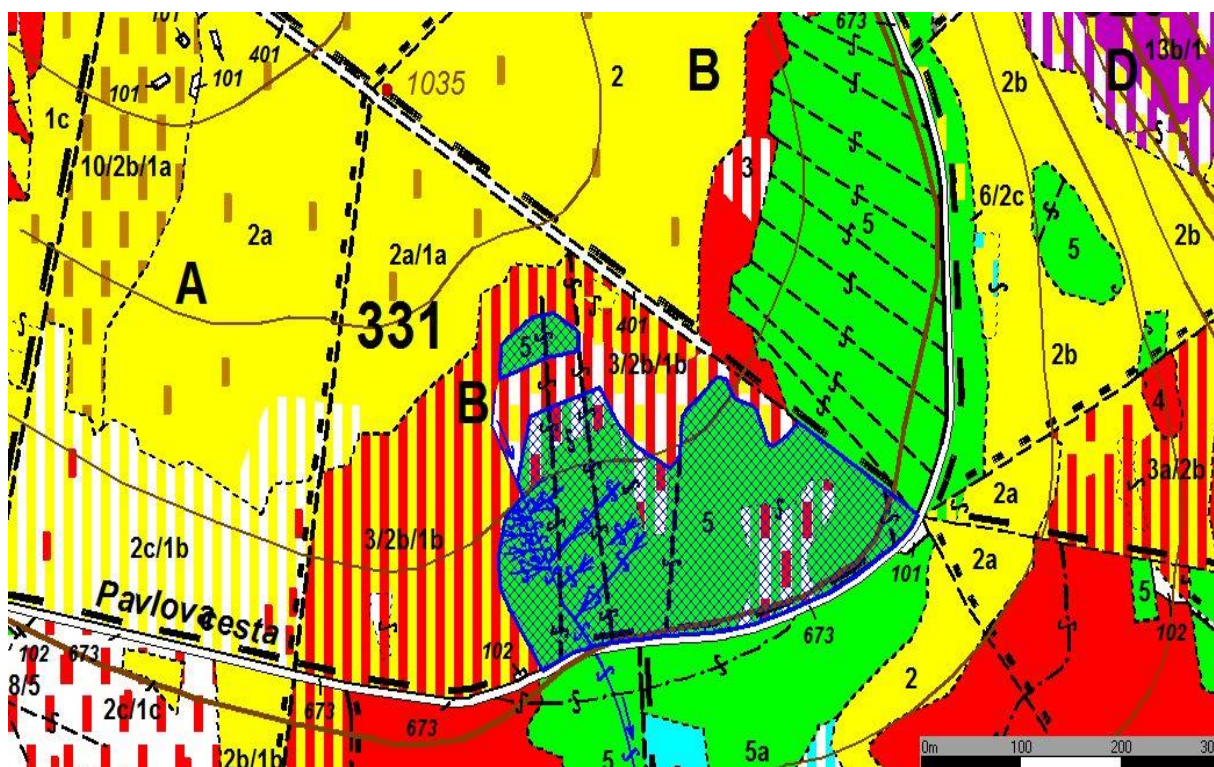
Statistické zpracování dat

Vliv faktorů prostředí na podíl jedinců smrku ztepilého napadených kloubnatkou smrkovou v Jizerských horách byl porovnán pomocí regresního modelu. Byla zvolena tzv. backward selekce, při které byly všechny vybrané faktory prostředí a jejich interakce vloženy do počátečního modelu a na základě pravidel priority byly nevýznamné faktory resp. jejich kombinace postupně odstraňovány, až vznikl model obsahující pouze významné proměnné. Následně byla podrobena kritice použitá distribuční funkce a došlo znovu k redukci nevýznamných faktorů, až vznikl finální model.

Použit byl generalizovaný lineární model s Poissonovým rozdělením, u kterého byla kvůli overdispersion provedena korekce odhadů středních chyb použitím quasi modulu (PEKÁR et BRABEC, 2009).



Obrázek 14: Mapový podklad porostu 344F04 (Zdroj: LČR s. p.).



Obrázek 15: Mapový podklad porostní mapy porostu: 331B05 (Zdroj: LČR s. p.).

4.1 Přehled trvalých výzkumných ploch

Trvalé výzkumné plochy byly založeny ve dvou porostech v revírech Smědava a Paličnick napadených kloubnatkou smrkovou. Na těchto revírech bylo v letech 2018 - 2019 ve spolupráci s LČR, s. p., založeno celkem 20 trvalých výzkumných ploch (Tabulka. 2). Rozpětí věkových kategorií bylo 31 – 60 a 61 – 120 let a nacházely se v polohách od 6. do 8. LVS. Svým rozložením zasahovaly do tří imisních pásem ohrožení (A,B,C). Dále byly plochy rozlišeny podle lesních typů na vodou ovlivněné (V, O, P, Q, G, R) a neovlivněné (S, M, K, Z).

Tabulka 2: Popis trvalých výzkumných ploch na LS Frýdlant.

Porost	Revír	Věk	LVS	Voda	Imise	pH	GPS souřadnice
216 B 06	Paličnick	58	6	N	B	4,57	50.87810;015.26459
223 A 04	Paličnick	47	6	N	B	4,24	50.87691;015.25152
233 B 05	Paličnick	42	6	O	B	4,41	50.86035;015.26189
234 C 04a	Paličnick	44	7	N	B	4,33	50.84603;015.27178
330 B 05	Smědava	49	8	N	A	4,17	50.84715;015.25790
343 E 05b	Smědava	51	7	O	B	4,27	50.83583;015.27916
344 F 04	Smědava	46	7	N	B	4,51	50.82629;015.27810
345 D 03/02b/01b	Smědava	30	7	N	B	4,13	50.81842;015.25098
346 C 06a	Smědava	65	7	N	B	4,24	50.82608;015.25494
348 B 03a	Smědava	35	8	N	B	4,47	50.82497;015.27532
366 C 04c	Smědava	43	6	N	C	4,66	50.80985;015.30346
369 A 04	Smědava	43	6	N	C	4,21	50.81245;015.29385
371 A 04b/03b	Smědava	38	6	O	C	4,14	50.81291;015.31371
331 B 05	Smědava	49	8	N	A	4,44	50.846740;15.25713
344 E 04	Smědava	41	8	N	B	4,51	50.826291;15.27546
371 A 17/04a/02	Smědava	42	6	N	C	4,27	50.810346;15.30837
345 C 09/06b	Smědava	88	8	N	B	4	50.827389;15.25638
318 C 05a	Smědava	53	6	N	B	4,6	50.864406;15.24743
329 A 05	Smědava	50	8	O	A	4,23	50.852485;15.23381
352 C 05b	Smědava	49	7	O	B	4,36	50.824173;15.28734



Obrázek 16: Plocha v por. 346C06a, (Zdroj: J. Pokora).



Obrázek 17: Plocha v por. 366C04c, (Zdroj: J. Pokora).



Obrázek 18: Plocha v por. 352C05b, (Zdroj: J. Pokora).



Obrázek 19: Plocha v por. 371A04a, (Zdroj: J. Pokora).

4.2 Rekapitulace výsledků výzkumu z roku 2018

Při výzkum v regionu Jizerských hor na LS Frýdlant v roce 2018 za účelem určení aktuálního rozšíření napadení smrku ztepilého kloubnatou smrkovou bylo hodnoceno celkem 664 stromů. Z celkového počtu bylo 161 stromů napadených kloubnatou smrkovou, 503 jedinců nevykazovalo žádné symptomy napadení. Dle rozdělení napadení podle revírů bylo na revíru Smědava napadeno 27 % a na revíru Paličnick 19 % jedinců. V kategorii 1 bylo z celkového počtu zjištěno 137 jedinců, v kategorii 2 pouze 22 jedinců a ve 3 kategorii byly zjištěny pouze 3 jedinci. Z hlediska napadení v rámci jednotlivých LVS bylo největší napadení zjištěno v 7. LVS 28 %, v 6. LVS 23% a nejmenší v 8. LVS 19 %. Uvnitř porostu bylo napadeno 25% jedinců, zatímco jedinců tvořících plášť porostu bylo napadeno 20 %. Na stanovištích neovlivněných vodou bylo napadeno 26 %, což je více než v porostech ovlivněných vodou, kde bylo zjištěno 17 % napadených stromů. Nejvíce napadených stromů, z hlediska imisního pásma zatížení, bylo v pásmu C (28 %), v pásmu B (24 %) a v pásmu A (10 %) (ČTVRTEČKA, 2019).



Obrázek 20: Několikaleté opakované napadení rašicích pupenů způsobuje deformaci větví, (Zdroj: J. Pokora).

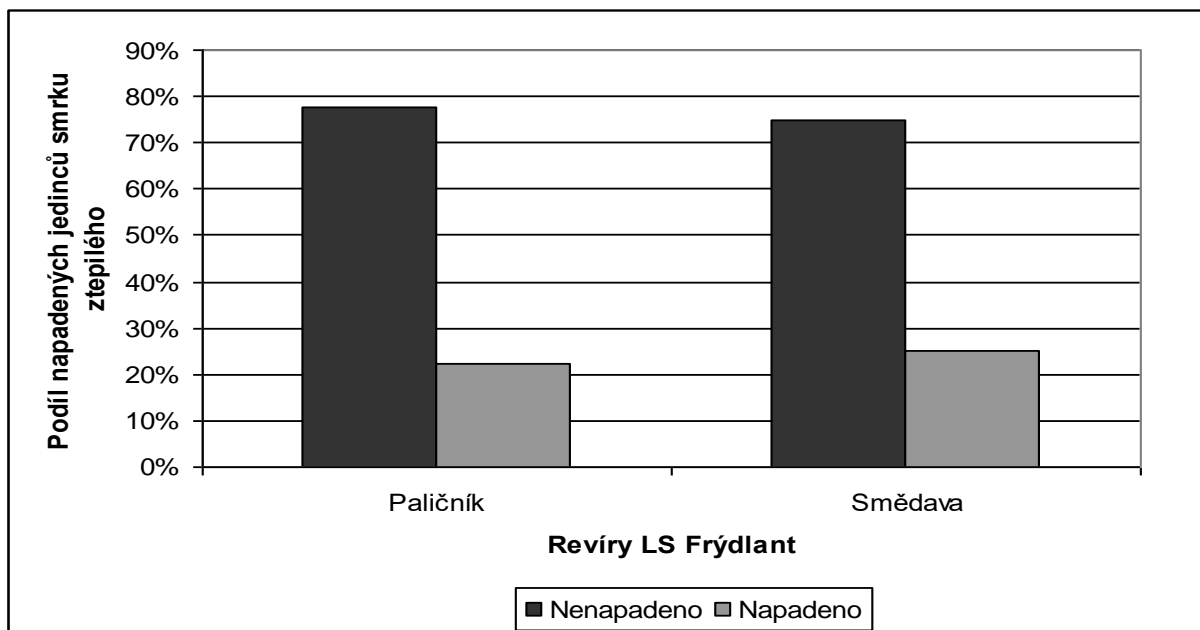
5 Výsledky

Celkem bylo v roce 2019 na revírech Smědava a Paličnick na 20 trvalých výzkumných plochách zhodnoceno 1029 jedinců SM. Z tohoto počtu bylo vyhodnoceno 777 stromů zdravých s žádnými symptomy napadení. Napadení bylo hodnoceno ve čtyřech kategoriích 0, 1, 2 a 3. Největší podíl napadených jedinců byl zjištěn v porostu 344 F 04 (66 %), naopak v porostech 344 E 04 a 371 A 17/04a/02 nebyl nalezen žádný.

Tabulka 3: Počet napadených jedinců zařazených do kategorií napadení 0 – 3, defoliace a průměrné napadení.

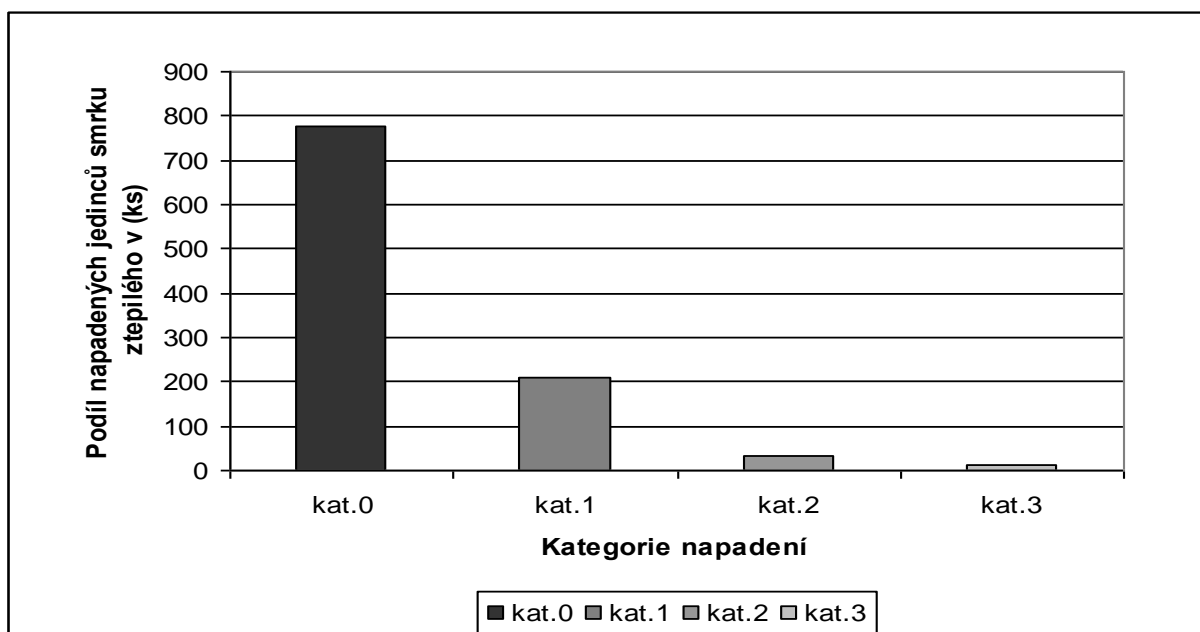
Porost	kat.0	kat.1	kat.2	kat.3	Celkem stromů	Defoliace	Ø napadení
216 B 06	42	7	3	1	53	40 %	30 %
223 A 04	43	6	1	0	50	35 %	16 %
233 B 05	39	11	0	0	50	44 %	22 %
234 C 04a	34	12	4	0	50	35 %	40 %
330 B 05	42	7	1	0	50	38 %	18 %
343 E 05b	41	9	0	0	50	42 %	18 %
344 F 04	24	19	7	0	50	32 %	66 %
345 D 03/02b/01b	42	7	4	0	53	30 %	28 %
346 C 06a	34	13	4	3	54	41 %	56 %
348 B 03a	29	19	1	1	50	27 %	48 %
366 C 04c	28	23	0	2	53	39 %	55 %
369 A 04	27	17	3	3	50	41 %	64 %
371 A 04b/02b	50	1	0	0	51	32 %	2 %
331 B 05	37	15	1	0	53	32 %	32 %
344 E 04	51	0	0	0	51	33 %	0 %
371 A 17/04a/02	53	0	0	0	53	26 %	0 %
345 C 09/06b	37	14	1	1	53	38 %	36 %
318 C 05a	35	18	0	0	53	39 %	34 %
329 A 05	45	5	0	0	50	29 %	10 %
352 C 05b	44	7	1	0	52	26 %	17 %
celkem	777	210	31	11	1029	Ø 35 %	Ø 29 %

Na revíru Smědava bylo hodnoceno celkem 826 stromů a symptomy napadení vykazovalo 207 jedinců, což je 25 %. Na revíru Paličnick bylo napadeno 45 stromů z celkového počtu 203 hodnocených, to odpovídá 22 % jedinců (Graf 1)



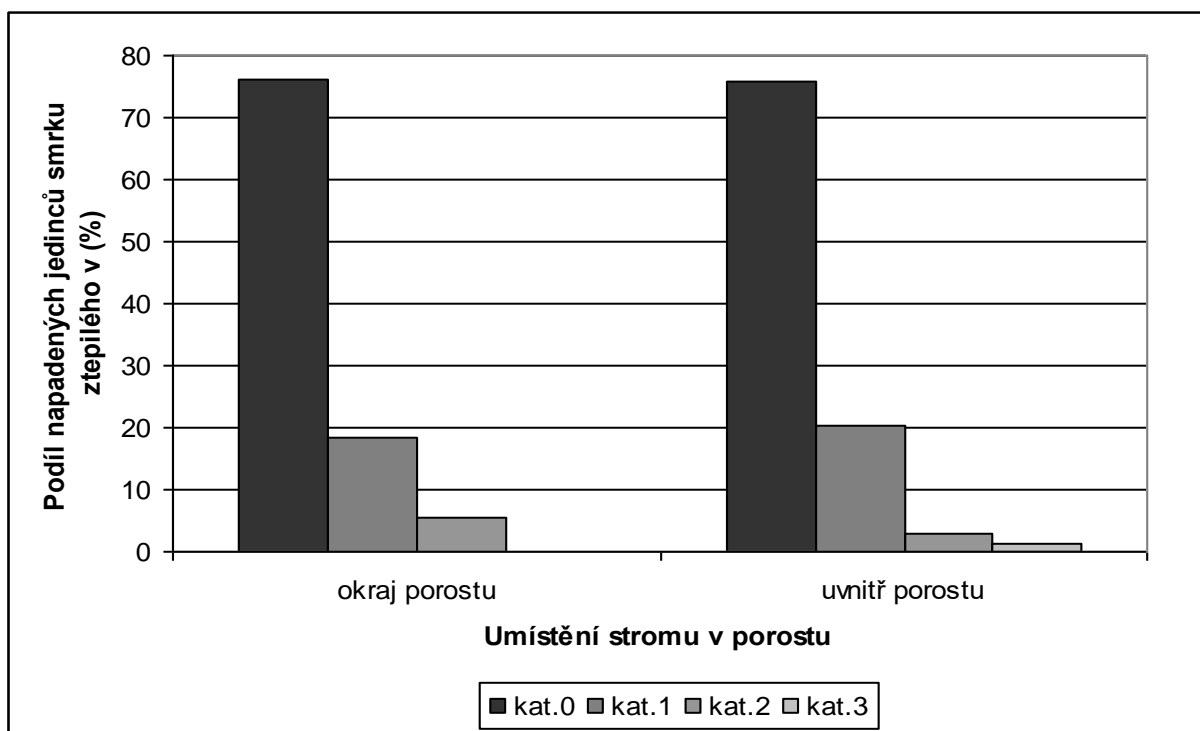
Graf 2: Podíl napadených / nenapadených stromů v jednotlivých kategoriích podle revírů.

Do kategorie napadení 1. bylo zařazeno 210 stromů, 31 stromů bylo zařazeno do kategorie 2. a 11 stromů do kategorie 3. vykazující silné napadení (Graf 2)



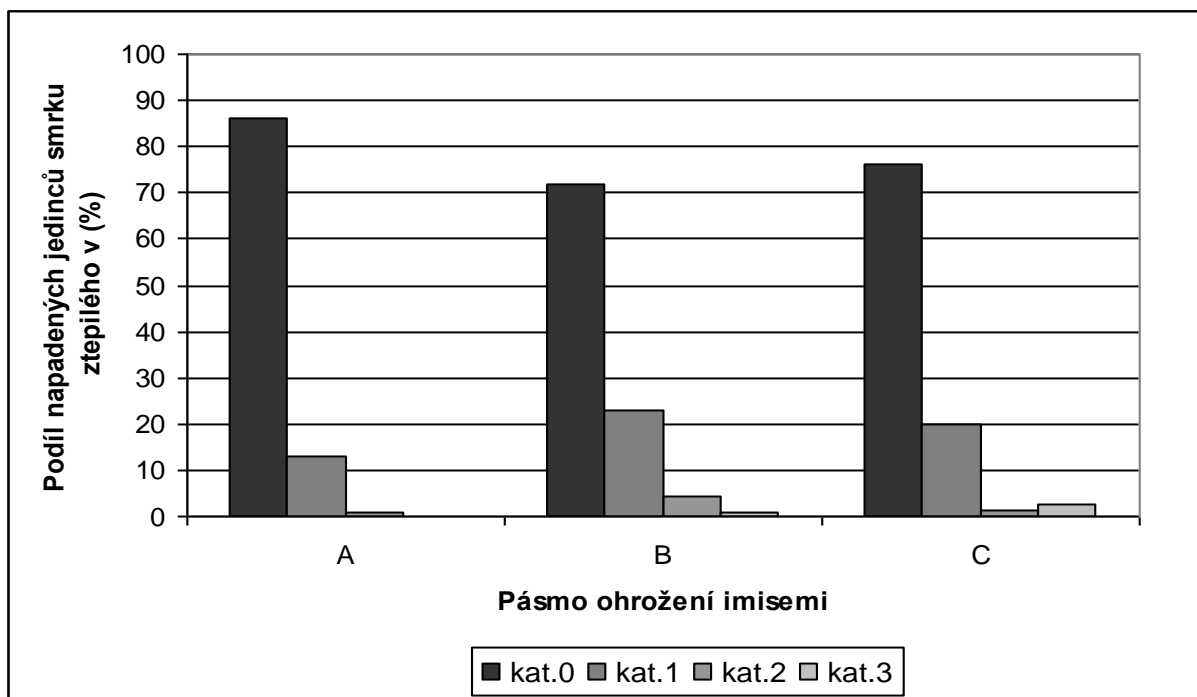
Graf 2: Podíl napadených / nenapadených stromů podle revírů.

Dalším hodnotícím faktorem bylo umístění stromu v porostu, kde bylo posuzováno, zda je strom na okraji porostu nebo ve vnitřní části. Bylo zjištěno, že z okrajových stromů (O) je napadeno patogenem 22 % jedinců, zatímco u vnitřních stromů (V) dosahovalo napadení patogenem 25 %. Porovnání okraje a nitra porostu vzhledem ke kategoriím napadení ukazuje, že nejvíce byly napadeny jedinci v kategorii 1. a nejméně v kategorii 3. Na okraji porostu nebyl zaznamenán žádný jedinec v kategorii 3. (Graf 3).



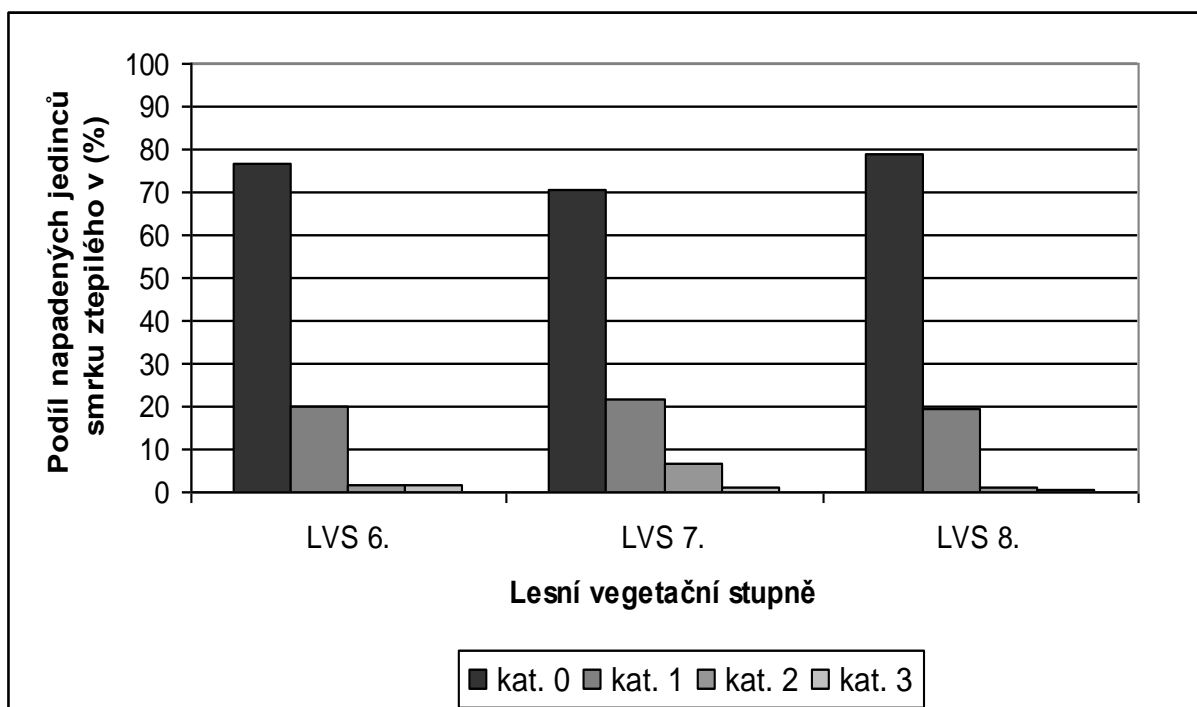
Graf 3: Podíl napadených jedinců SM podle umístění v porostu a kategorií napadení.

Porosty, ve kterých byly založeny trvalé výzkumné plochy, svým rozložením zasahují do tří pásem imisního ohrožení (A, B, C). Nejvíce napadených jedinců bylo zjištěno v imisním pásmu ohrožení B (28 %) jedinců, méně v pásmu C (24 %) a nejméně pak v pásmu A (14 %). Zařazení napadených stromů do kategorií napadení nám znázorňuje (Graf 4).



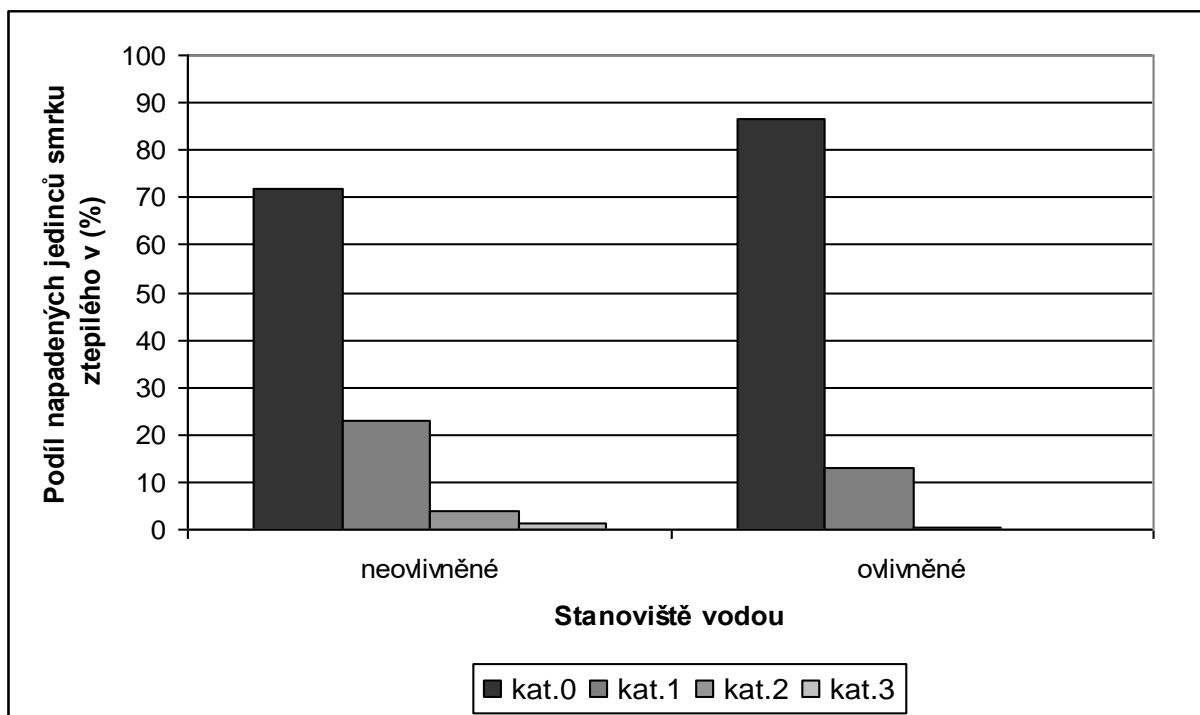
Graf 4: Podíl napadených jedinců dle imisního pásma ohrožení a kategorií napadení.

Po rozčlenění porostů do LVS a zařazení do kategorií napadení bylo zjištěno nejvíce zasažených jedinců v 7. LVS (29 %), v 6. LVS to bylo 23 % a nejméně v 8. LVS (22 %) (Graf 5).



Graf 5: Podíl napadených jedinců dle LVS a kategorií napadení.

V porostech neovlivněných vodou bylo průměrné napadení vyšší ve všech kategoriích (Graf 6). Největší rozdíl byl zjištěn v kategorii 0 (15 %), nejmenší naopak v kategorii 3.



Graf 6: Podíl napadených jedinců v kategoriích napadení dle stanoviště neovlivněného/ovlivněného vodou.

V počátečním modelu byly významné hodnocené faktory Imise a Voda a blízce signifikantní byla i jejich interakce (Tabulka 4).

Tabulka 4: Výsledky analýzy rozptylu.

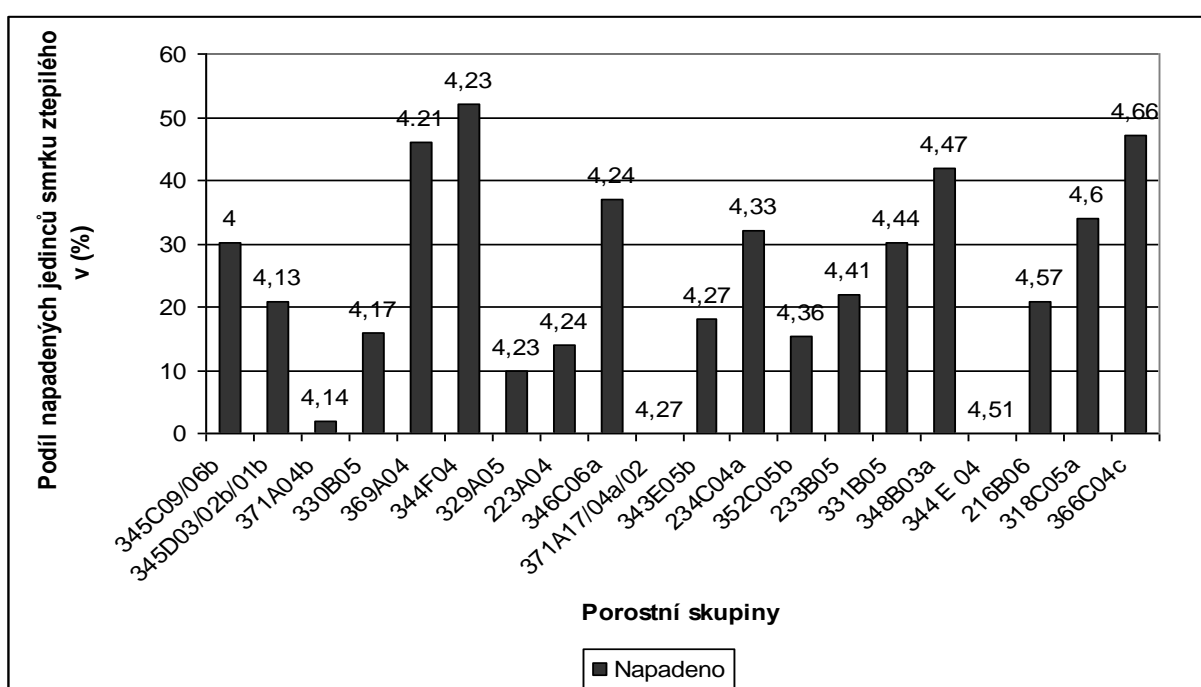
	Df	Deviance Resid.	Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
NULL			19	62,837	
Imise	2	7,789	17	55,048	0,020353
LVS	2	3,4523	15	51,595	0,17797
Voda	1	9,5508	14	42,045	0,001999
LVS:Voda	2	1,578	12	40,466	0,454293
Imise:Voda	1	3,5673	11	36,899	0,058928

Postupným zjednodušováním a korekcí ovedispersion zůstal v modelu pouze jediný faktor Voda, který byl pouze statisticky blízce signifikantní, ačkoliv model vysvětlil přes 50% variability. Na základě získaných údajů nemůžeme s dostatečnou spolehlivostí usuzovat na významný vliv některého ze sledovaných faktorů na podíl napadených jedinců smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou. Důvodem může být relativně nízký počet ploch, vzhledem k počtu sledovaných (porovnávaných) faktorů (Tabulka 5).

Tabulka 5: Závěrečný model.

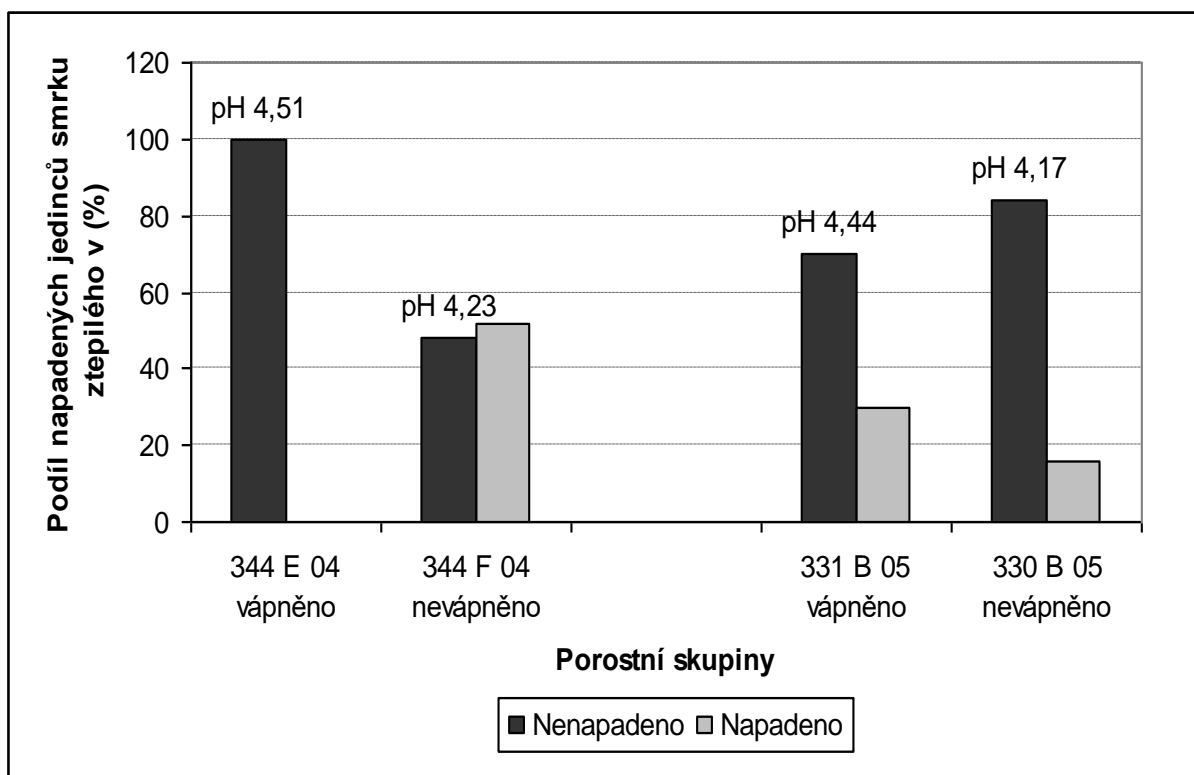
	Df	Deviance Resid.	Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
NULL			19	62,837		
Voda	1	10,452	18	52,385	3,556	0,07558

Porosty byly seřazeny podle výše pH a (Graf 7) znázorňuje (%) podíl napadených jedinců SM kloubnatou smrkovou v závislosti na půdním pH. Nejvíce napadených jedinců bylo v porostu 344 F 04 s pH 4,23 více jak 50 %. Naopak bez symptomů napadení byl porost 371 A 17/ 04a/ 02 s pH 4,27 a porost 344 E 04 s pH 4,51. Porost 345 C 09/ 06b s nejnižším pH 4 vykazoval napadení 30 %, naopak v porostu 366 C 04c s nejvyšším naměřeným pH 4,66 bylo zjištěno napadení více jak 45 %.



Graf 7: Podíl průměrného napadení SM v závislosti na půdním pH. Porosty jsou seřazeny zleva podle rostoucího pH, které je vždy uvedeno nad sloupcem průměrného napadení.

Dalším posuzovaným faktorem, který by mohl mít vliv na napadení SM kloubnatou, je vápnění porostů. Pro srovnání byly ve stejné lokalitě ve dvou opakováních vybrány dva porosty, jeden vápněný a druhý nevápněný. V prvním případě ve vápněném porostu 344 E 04 s hodnotou pH půdy 4,51 bylo 100 % jedinců bez viditelných symptomů napadení a ve srovnávacím porostu 344 F 04 s pH půdy 4,23, bylo napadeno 52 % jedinců SM. V druhém případě ve vápněném porostu 331B 05 s pH půdy 4,44 bylo napadeno 30 % jedinců, kdy ve srovnávacím nevápněném porostu 330 B 05 s pH půdy 4,17 bylo napadeno 16 % jedinců smrku (Graf 8). Vzdálenost srovnávaných porostů v obou případech nebyla větší než 100 metrů.



Graf 8: Vliv vápnění porostů na podíl napadení smrku ztepilého.

Dalším faktorem, který by mohl mít vliv na podíl napadených jedinců SM, je původ vzniku porostu. Dva porosty (371 A 17 / 04a / 02 a 371 B 04b), které se podílem napadených stromů vymykají průměrným hodnotám, jsou původem z Genofondu SM a oba porosty vykazují zcela minimální napadení kloubnatou smrkovou a defoliace obou porostů je rovněž podprůměrná (Tabulka 4).

Tabulka 6: Porosty původem z Genofondu SM a jejich porovnání s průměrnými měřenými hodnotami.

Porost	Průměrná defoliace	Průměrné napadení	Napadeno	Nenapadeno
371 A 17 / 4a / 02	26 %	0 %	0 %	100 %
371 A 04b	32 %	2 %	2 %	98 %
Celkový průměr	35 %	30 %	24 %	76 %

Na trvalých výzkumných plochách s větším podílem napadených jedinců byla rovněž zjišťována výčetní tloušťku jedinců, která byla následně porovnána s průměrnou výčetní tloušťkou celé trvalé výzkumné plochy (Tabulka 5). Z tabulky je patrné vyšší napadení nadprůměrných jedinců. V porostu 329 A 04 bylo napadení v průměru bezmála o 10 cm silnější, než je průměrná výčetní tloušťka celé plochy. Napadené stromy byly většinou v dobrém zdravotním stavu s nižší defoliací a patrně netrpěly

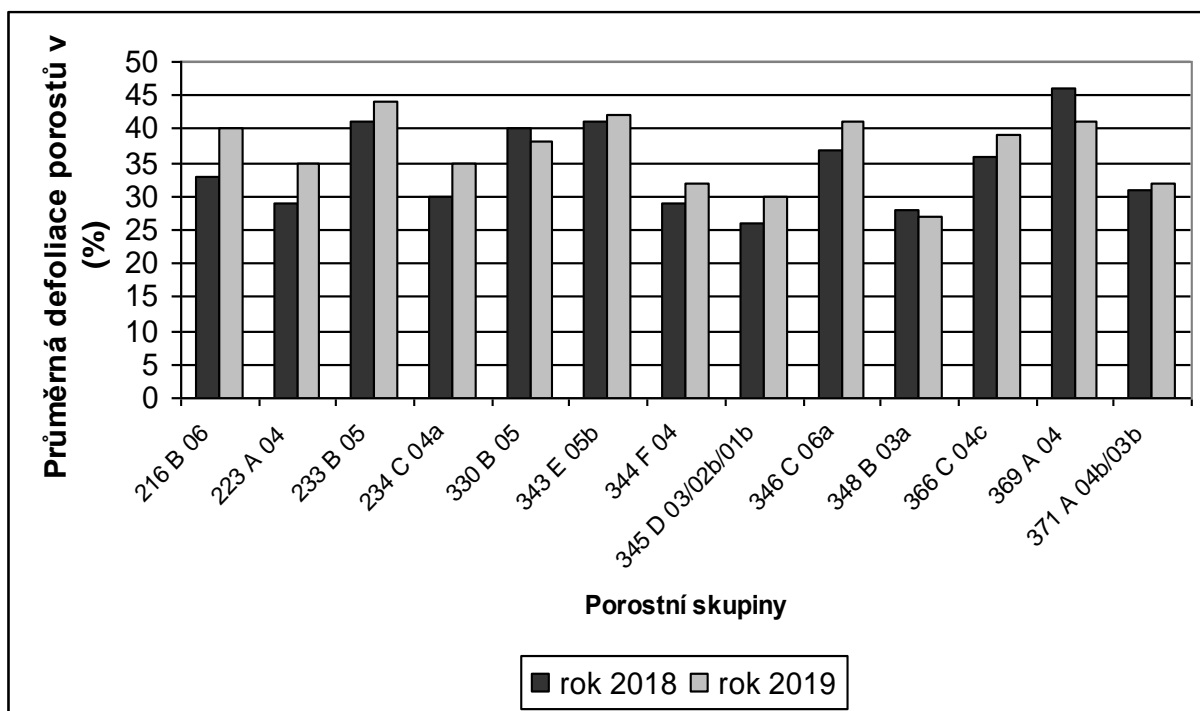
v době sucha nedostatkem vody nebo náhlým vodním deficitem, což by se pravděpodobně odrazilo na jejich defoliaci nebo výčetní tloušťce.

Tabulka 7: Porovnání průměrné výčetní tloušťky celé plochy s průměrnou výčetní tloušťkou napadených jedinců.

Porost	Průměr všech stromů (cm)	Průměr napadených (cm)
318 C 05	31	35
234 C 04a	22	22
330 B 05	26	26
344 F 04	29	31
345 D 03 / 2b / 1b	19	20
346 C 06a	32	36
366 C 04c	20	20
369 A 04	20	18
329 A 06	23	32

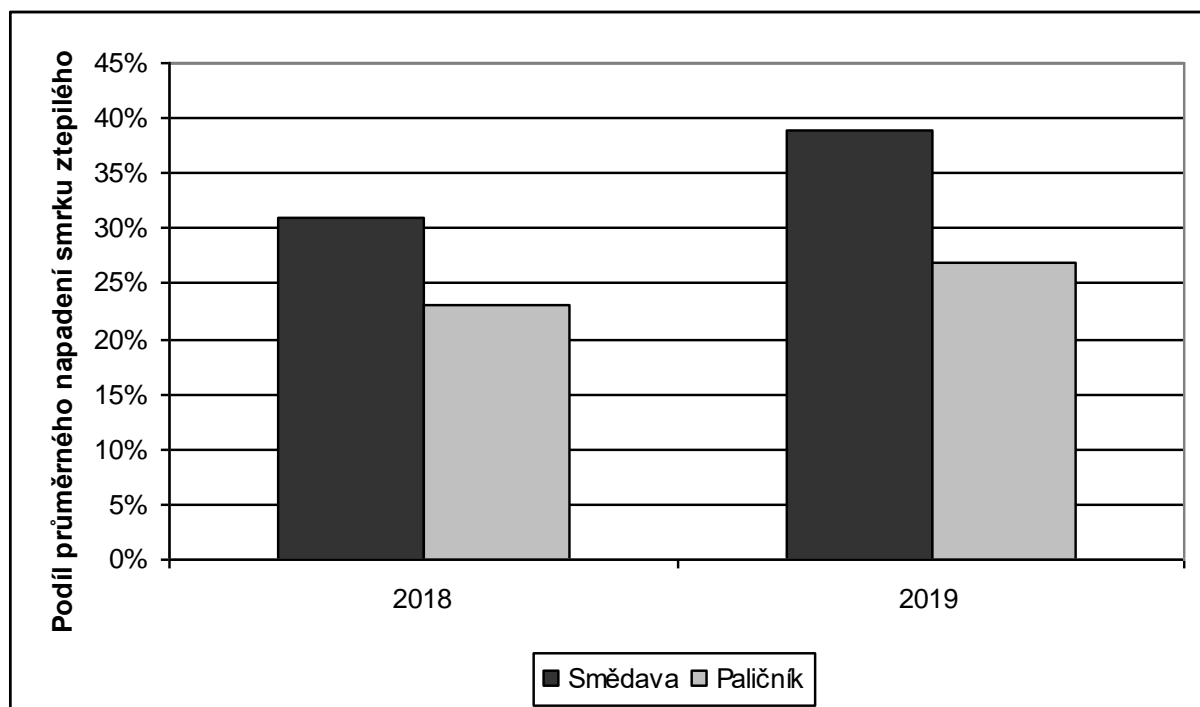
Porovnání hodnocení napadení porostů smrku ztepilého kloubnatou smrkovou v letech 2018 – 2019.

Proměna defoliace porostů v letech 2018 a 2019 je patrná na obrázku (Graf 9). Je možné uvést, že na plochách založených v roce 2018 došlo ke zhoršení zdravotního stavu v roce 2019 v průměru o 3 %. Největší nárůst defoliace byl zjištěn v porostu 2016 B 06. Naopak určité zlepšení zdravotního stavu vykazoval porost 369 A 04.



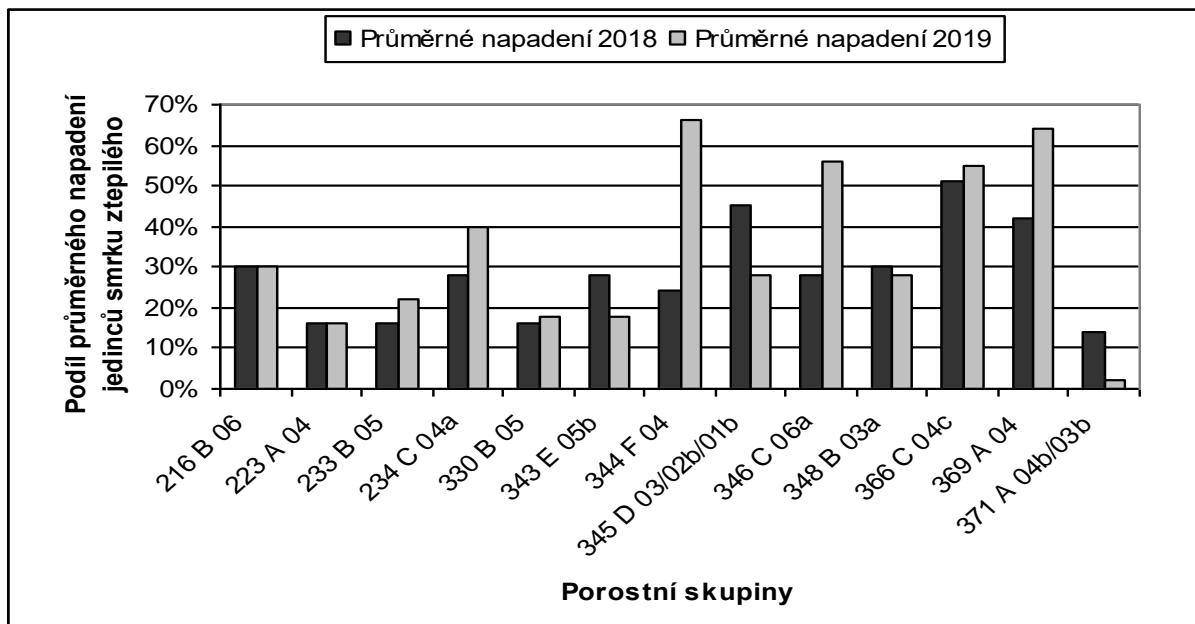
Graf 9: Srovnání defoliace porostů v letech 2018 – 2019.

Pokud porovnáme průměrné napadení podle revírů v letech 2018 – 2019, je patrný větší nárůst na revíru Smědava o 8 %, na revíru Paličnick je meziroční nárůst o 4 % (Graf 10).



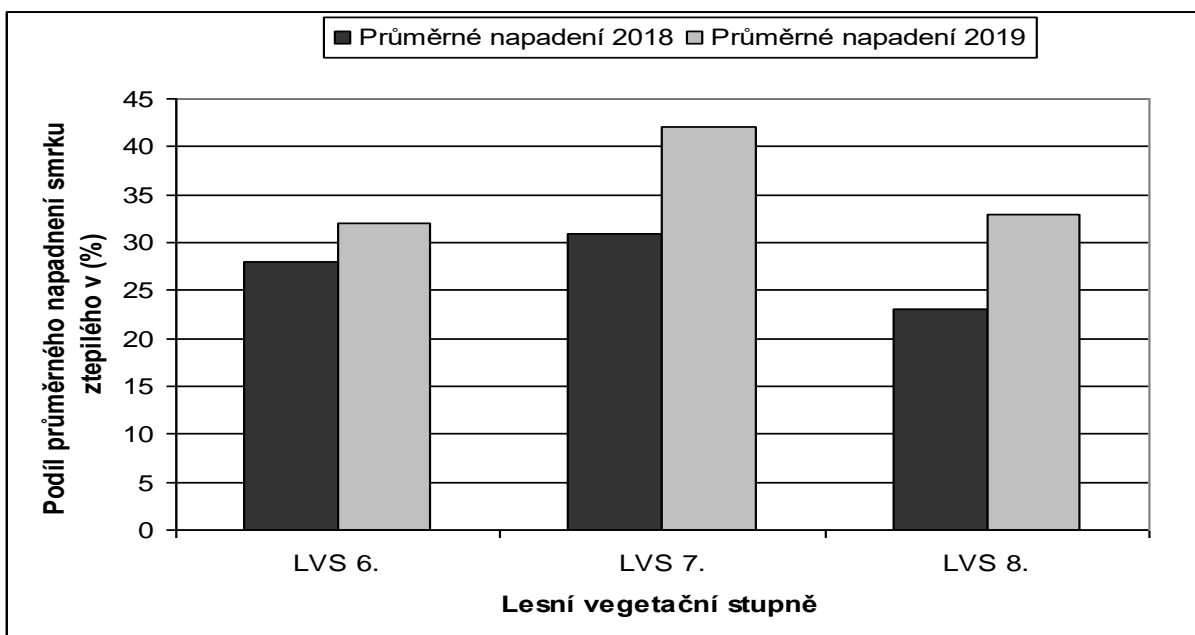
Graf 10: Srovnání průměrného napadení SM podle revírů v letech 2018 – 2019.

Pokud porovnáme průměrné napadení v jednotlivých porostech, pak je patrný nejvyšší nárůst v porostu 344 F 04 o více jak 40 %, naopak v porostu 345 D / 02b / 01b došlo k poklesu napadení o 17 % (Graf 11). V ostatních porostech byla situace v roce 2019 obdobná jako v roce 2018.



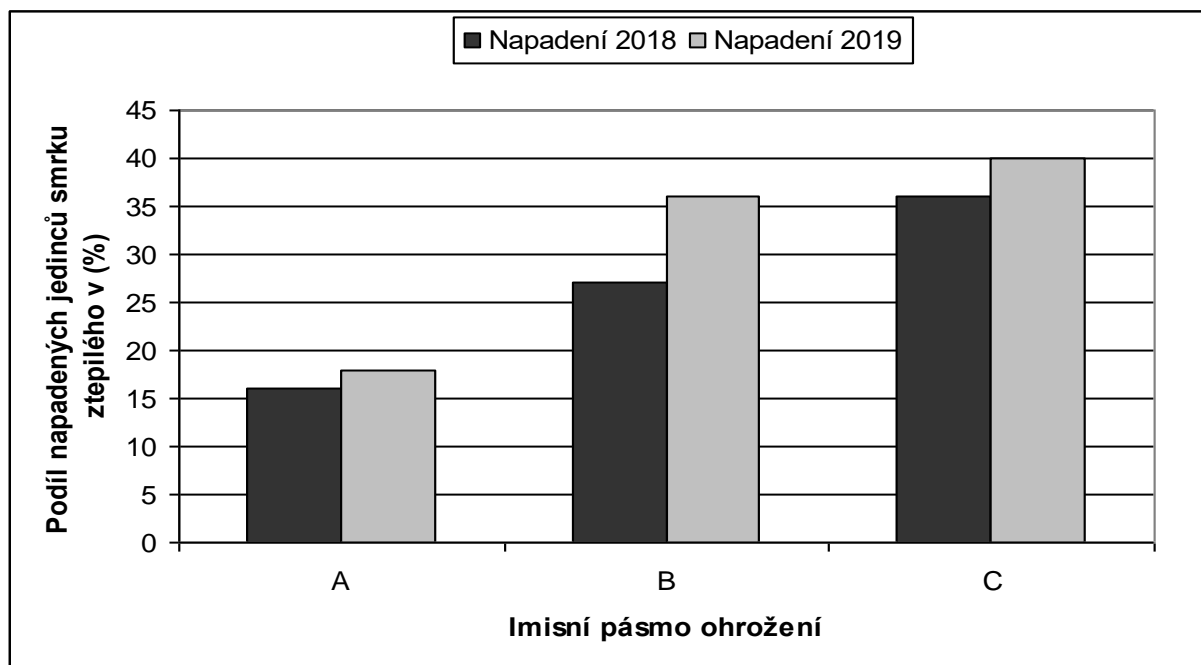
Graf 11: Průměrné napadení smrku ztepilého v jednotlivých porostech v letech 2018 – 2019.

V případě průměrného napadení v rámci LVS došlo oproti roku 2018 k nárůstu v 7. a 8. LVS o 10 %, v 6. LVS pak o 4 % (Graf 12).



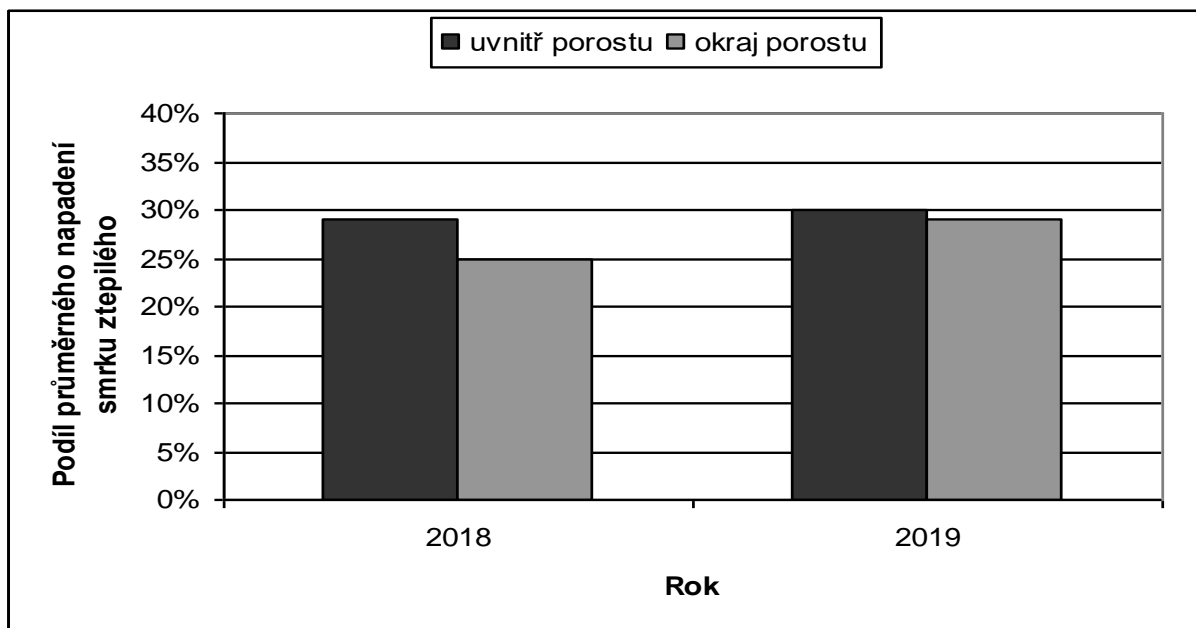
Graf 12: Průměrné napadení smrku ztepilého podle jednotlivých LVS v letech 2018 – 2019.

Podobný nárůst průměrného napadení SM kloubnatou smrkovou bylo zjištěno v případě kategorií imisního ohrožení, kde nejvyšší nárůst byl patrný v imisním pásmu ohrožení B (9 %), následuje C (4 %) a nejmenší nárůst byl v kategorii A (2 %) (Graf 13).



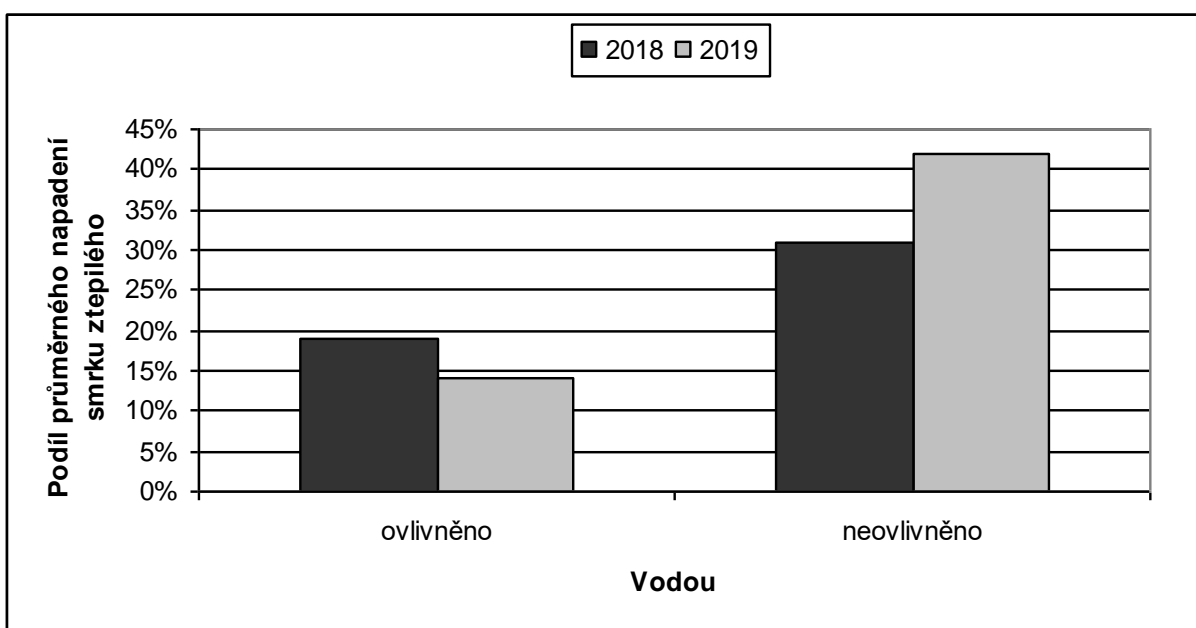
Graf 13: Průměrné napadení smrku ztepilého dle imisního pásma ohrožení v letech 2018 – 2019.

V roce 2019 byl rozdíl průměrného napadení stromů uvnitř a na okraji porostu pouze 1 % oproti roku 2018, kde byl podíl průměrného napadení SM u stromů uvnitř porostu vyšší o 4 % (Graf 14).



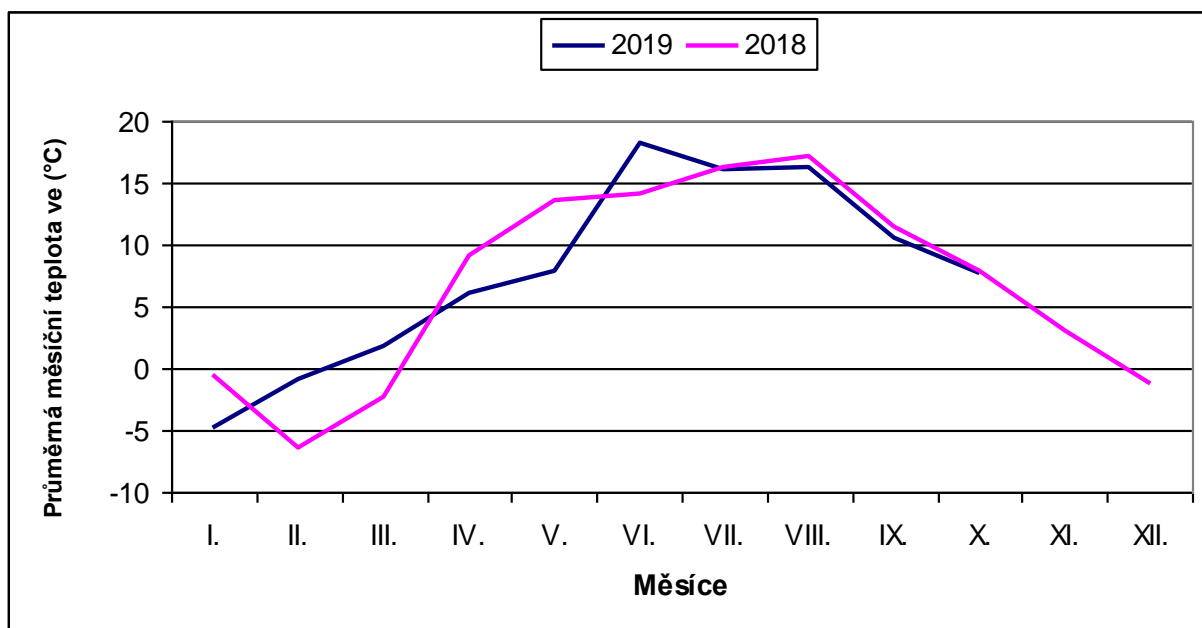
Graf 14: Celkové průměrné napadení smrku ztepilého podle umístění stromu v porostu v letech 2018 – 2019.

Pokud porovnáme stanoviště ovlivněná a neovlivněná vodou, zjistíme určitý pokles průměrného napadení na stanovišti ovlivněného vodou o 4 %, naopak na stanovišti neovlivněného vodou došlo k nárůstu o 11 % na hodnotu 42 % (Graf 15).



Graf 15: Průměrné napadení smrku ztepilého dle ovlivnění porostu vodou v letech 2018 – 2019.

Průměrné měsíční teploty v dané lokalitě dosahovaly plusových hodnot již od března a trvaly do konce roku, z čehož od června do září byly hodnoty mezi 13 – 18 °C. V roce 2018 byly teploty zejména v dubnu a květnu vyšší než v roce 2019 (Graf 16).



Graf 16: Průměrná teplota vzduchu v jednotlivých měsících na měřící stanici ČHMÚ, Desná – Souš (Zdroj: ČHMÚ).

6 Diskuze

Invazní patogen kloubnatka smrková byla v Krušných horách zaznamenána v roce 2008 (PEŠKOVÁ et al., 2009), kde se šíření prokázalo na smrku pichlavém v PND. Houba zde způsobila postupné chřadnutí porostů, a v roce 2013 byla označena za nejvýznamnějšího škůdce smrku pichlavého (PEŠKOVÁ et al. 2016). Ve stejném roce byl výskyt prokázán i v původních porostech smrku ztepilého v práci (Pešková et Soukup, 2013). Rychlé šíření patogenu mohla být způsobeno částečným odsířením ovzduší, neboť síra může do jisté míry působit jako přirozený fungicid (PEŠKOVÁ et MODLINGER, 2015). V roce 2015 byla infekce objevena na pár jedincích smrku ztepilého v Jizerských horách. V roce 2018 už to bylo v průměru 28 % napadených jedinců (ČTVRTEČKA, 2019). Z výsledků našeho výzkumu v roce 2019 byl zjištěn nárůst napadení o 6 %. V Krušných horách na LS Klášterec nad Ohří a LS Litvínov (obě LČR, s. p.), bylo v roce 2015 z celkového počtu 1427 hodnocených stromů napadeno 48 % jedinců a situace byla vyhodnocena jako vážná (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017) V roce 2016 bylo zjištěno 40 % napadených stromů v Krušných horách a došlo tak k mírnému zlepšení zdravotního stavu zkoumaných porostů (KNÍŽEK et al., 2017).

Na území LČR, s. p. LS Frýdlant, na revírech Smědava a Paličnick ve vyšší oblasti Jizerských hor, byla kloubnatka zkoumána od května 2018 do listopadu 2019 na celkem dvaceti trvalých výzkumných plochách. Celkem bylo hodnoceno 1029 stromů smrku ztepilého. Bez symptomů napadení bylo 777 jedinců (76 %), do kategorie napadení 1. bylo zařazeno 210 jedinců (20 %), do kategorie 2. zařazeno 31 (3 %) a ve

3. kategorii bylo 11 stromů (1 %). V Krušných horách bylo zjištěno v roce 2018 oproti letům předešlým výrazně nižší napadení patogenem, což mohlo být pravděpodobně způsobeno vlivem sucha, které sužovalo lesní porosty a působí nepříznivě na vývoj kloubnatky smrkové (KNÍŽEK et al., 2017).

Při porovnání okraje a nitra porostu bylo na základě mých výsledků zjištěno u stromů tvořící okraj porostů bylo napadeno 22 % jedinců, což je o 3 % méně než stromů umístěných uvnitř porostu. To koresponduje s prací (ČTVRTEČKA, 2019), ač má rozdíl mezi těmito faktory tendenci se zmenšovat. Opak uvádí práce (MODLINGER et PEŠKOVÁ, 2017) z Krušných hor, kde jsou výsledky opačné a více napadené se jeví stromy tvořící plášť porostu. Tento rozdíl však lze přisuzovat i menšímu počtu posuzovaných jedinců tvořících plášť porostu v mé práci.

Voda, jako faktor ovlivňující napadení stromů byla jedním z hlavních předmětů zkoumání. Čtvrtečka ve své práci (ČTVRTEČKA, 2019) uvádí v porostech neovlivněných vodou průměrné napadení 31 % oproti porostům ovlivněných vodou 19 %, čímž potvrzuje výsledky rozsáhlého výzkumu PEŠKOVÁ et al., (2019) z Krušných hor. Z výsledků mého hodnocení v roce 2019 ve stejných porostech ovlivněných vodou došlo k poklesu průměrného napadení o 5 %, naopak v porostech neovlivněných vodou průměrné napadení vzrostlo o 11 %. Z výsledků práce ZÝKA et al, (2018), vyplývá, že až u 80 % porostů, kde byl zjištěn vysoký stupeň napadení, byla v porostu zaznamenána přítomnost vodního toku. K tomuto mohl výraznou měrou přispět suchý teplý rok 2018, kdy průměrné srážky klesly na 65 % dlouhodobého normálu a průměrné teploty stouply o 2,6 °C. Toto se v následujícím roce 2019 mohlo významně podílet na nárůstu průměrného napadení v porostech neovlivněných vodou, což potvrzuje práce (LORENC, 2015), pojednávající o suchu jako o jednom z hlavních faktorů, ovlivňujícím napadení dřevin dřevokaznými houbami. Negativní působení nedostatku vody na fyziologické procesy a následné oslabení smrků bylo prokázáno mnoha studii (např. KAMI SKA-RO EK, et al., 2004; ZLOBIN, et al., 2018).

Podobně jako v roce 2018 (ČTVRTEČKA, 2019) i z mých výsledků v roce 2019 vyplývá největší podíl napadených jedinců v 7. LVS (42 %), ve kterém došlo i k největšímu nárůstu (11 %), což zcela koresponduje s výsledky práce (ZÝKA et al., 2018), kde je uvedeno nejvyšší napadení v 7. LVS na relativně plochých tvarech krušnohorské náhorní plošiny. Podobný nárůst byl zaznamenán v 8. LVS o 10 %, což potvrzují výsledky práce ČTVRTEČKA, (2019) a práce POSSELT, (2018) z Krušných hor. S vegetačním stupněm je přímo úměrná nadmořská výška. V 7. LVS (900 – 1050 m n.m.) bylo napadení nejvyšší, což potvrzuje ve své práci POSSELT, (2018) v Krušných horách. Rozsáhlý výzkum SOUKUP et PEŠKOVÁ, (2009), neprokázal přímý vliv nadmořské výšky na podíl napadení, ale PEŠKOVÁ et al., (2019) poukazuje na

skutečnost, že pod 500 m n. m. se patogen téměř nevyskytuje a nad 850 m n. m. jeho intenzita klesá.

Ve všech třech pásmech ohrožení imisemi (A, B, C) byl zaznamenán nárůst průměrného napadení. Nejvyšší průměrné napadení bylo v pásnu C (40 %) což potvrzují výsledky práce ČTVRTEČKA, (2019) z téže oblasti. Nejvyšší průměrný meziroční nárůst byl však zaznamenán v pásnu B a to celých 9 %. Z výsledků šetření tedy vyplývá, že čím je vyšší imisní zatížení porostu, tím klesá průměrné napadení a patogen tak pravděpodobně reaguje na snížený obsah síry v ovzduší. Ta pravděpodobně negativně působí na prostředí, ve kterém se patogen vyvíjí, což ve své práci uvádí (PEŠKOVÁ et MODLINGER, 2015), kde obsah síry v ovzduší zmiňují jako přirozený fungicid. Rovněž ČERNÝ et al., (2017) uvádí, že přímý vliv na klíčení patogenu má množství síry v ovzduší. Vliv působení oxidu siřičitého na vývoj houbových patogenů byl potvrzen jinými studii, přičemž reakce patogenů se liší v závislosti na konkrétním taxonu (MANSFIELD et al., 1991).

Jednou z diskutovaných otázek v práci (BAŤA, 2018), je možný vliv leteckého vápnění porostů na intenzitu napadení. Pro posouzení tohoto problému byl hodnocen vliv napadení kloubnatkou na dvou lokalitách vápněných dolomitickým vápencem v množství 3,2 t/ha, což odpovídá průměrné dávce při aplikaci vápence v případě leteckého vápnění (NOVOTNÝ et LOMSKÝ, 2016). Výsledky byly vždy porovnány s kontrolní nevápněnou plochou v dané lokalitě. V prvním případě ve vápněném porostu 344 E 04 bylo naměřeno půdní pH 4,51 a defoliace 33 %, přičemž porost nejevil žádné známky infekce, zatím co porost nevápněný 344 F 04 s pH 4,23 vykazoval průměrné napadení 66 %. Vzdálenost obou ploch od sebe je 100 m a oba porosty mají shodnou defoliaci. Ve druhém případě ve vápněném porostu 331 B 05 s půdním pH 4,44 bylo průměrné napadení 32 % a defoliace 32 %, zatím co v nevápněném porostu 330 B 05 bylo průměrné napadení 18 % při defoliaci 38 %. Vzdálenost obou ploch je cca 100 m. Z tohoto je patrné, že vliv vápnění v kombinaci s jinými faktory (půdními, klimatickými, atd.), může mít pozitivní vliv na potlačení schopnosti šíření patogenu v porostu, což částečně potvrzuje úvahu v práci (BAŤA, 2018), který vápnění porostů zmiňuje jako možný pozitivní efekt na schopnost jedince odolávat napadení. Ten lze vysvětlit sníženou dostupností živin (např. Ca, Mg) a toxickým působením Al v kyselých půdách jež negativně ovlivňuje rozvoj kořenového systému (SCHEIRL et KREUTZER, 1991). Nedostatek hořčíku omezuje fotosyntetické procesy (LAING et al., 2000). Vápnění má na snížení acidifikace jednoznačně pozitivní vliv (LAING et al., 2000).

Původ sadebního materiálu by mohl mít zásadní vliv na náchylnost porostů k různým houbovým patogenům. Po imisní kalamitě v 80. letech 20. století byl nedostatek

vhodného sadebního materiálu, díky tomu byly často používány sazenice nevhodného původu. Jen malý podíl porostů v Jizerských horách je tvořen z původního Genofondu SM (KARPAŠ, 2014). Proto byly tyto porosty využity pro hodnocení rozsahu napadení patogenem. Porost 371 A 04a byl naprosto bez symptomů napadení s průměrnou defoliací pouhých 26 %. Ve druhém porostu 371 B 04b bylo průměrné napadení 2 % a defoliace 32 %. Celkové průměrné napadení je přitom 30 % a průměrná defoliace dosahovala 35 %. Z mých výsledků vyplývá, že původní porosty jsou z hlediska napadení odolnější. Vzhledem k tomu, že hodnocení proběhlo pouze ve dvou porostech, bylo by vhodné se na tuto problematiku zaměřit v rámci dalších výzkumů. SLODIČÁK et al., (2009) ve své práci poukazuje na zajímavé výsledky výzkumu odborníků z Mendlovy zemědělské a lesnické fakulty v Brně, kteří zjistili mimo jiné vážné poškození kořenových systémů u většiny zkoumaných jedinců v podobě strboulu (MAUER et PALÁTOVÁ et RYCHNOVSKÁ, 2004) v oblasti Jizerských hor. Zabývali se výzkumem kořenových systémů SM a SMP. To mohlo být důsledkem nevhodného obalovaného sadebního materiálu a dlouhodobým růstem sazenice v obalem omezeném prostoru (SLODIČÁK et al., 2009).

Dalším problémem může být přítomnost václavky smrkové téměř u 100 % jedinců. Na možnou spojitost mezi napadenými jedinci kloubnatkou smrkovou a václavkou smrkovou poukazuje MODLINGER et PEŠKOVÁ, (2018) kde uvádějí, že na odumírání nejméně třetiny jedinců napadených kloubnatkou se podílí také václavka smrková.

Průměrná teplota v dané lokalitě naměřená na měřicí stanici ČHMÚ, Desná – Souš dosahuje plosových hodnot již od března a trvají do prosince. Optimální teplota pro vývoj patogenu, tedy v rozmezí od 13 do 18 °C (ZÝKA et al., 2018) je již od května a trvá do konce září. Kloubnatka je tedy schopna vývoje celých deset měsíců, přičemž pět měsíců je pro vývoj patogenu teplotně optimální.

7 Závěr

Cílem předložené práce bylo zhodnocení aktuálního stavu šíření kloubnatky smrkové ve vybraných porostech smrku ztepilého v oblasti Jizerských hor na revírech LČR, s. p. Smědava a Paličnick. Za tímto účelem bylo založeno 20 trvalých výzkumných ploch, na kterých byly kromě hlavních faktorů (LVS, imise, umístění v porostu, ovlivnění porostu vodou) hodnoceny byly také další faktory (půdní pH, vápnění porostů, Genofond SM). Dalším výstupem, bylo porovnání průměrného napadení v letech 2018 – 2019.

Z výsledků šetření vyplývá, že nejvyšší napadení bylo zjištěné v 7. LVS. Další výrazný rozdíl byl zjištěn v porostech neovlivněných vodou, kde bylo 3x vyšší průměrné napadení než u porostů vodou ovlivněných. Rozdíl v napadení stromů v okraji nebo

uvnitř porostu byl zanedbatelný. Nejvíce ohrožené porosty byly pak zjištěny v imisním pásmu ohrožení C.

Pokud vezmeme v úvahu půdní pH jako faktor ovlivňující míru napadení, tak z mých výsledků nelze jednoznačně říci, že pH půdy má přímý vliv na intenzitu šíření infekce. Je pravděpodobné, že půdní pH v komplexu s dalšími faktory může způsobit oslabení dřevin a nepřímo tak zvýšit napadení stromů patogenem.

Obdobné je to i v případě vápnění porostů. V prvním případě mělo vápnění pozitivní vliv na napadení patogenem, ve druhém případě se zdá vliv vápnění zanedbatelný. Porosty z Genofondu smrku ztepilého jsou dle výsledků výzkumu více odolnější k napadení kloubnatou smrkovou.

Jedinou možnou obranou lesních porostů proti kloubnatce smrkové je v současné době rekonstrukce nepůvodních porostů smrku pichlavého a jeho náhrada vhodným sadebním materiálem s vyšším zastoupením listnatých dřevin, což bylo již v Jizerských horách zahájeno. Při částečné obnově porostů formou podsadby je možný přenos infekce v budoucích letech z ponechaných smrků pichlavých na nově zakládáné porosty. V tomto případě je nutné dodržet řidší zápoj a tím minimalizovat vzájemný kontakt větví sousedních stromů.

Vzhledem k lokalitě rozkládající se na území četných vodních zdrojů je jakýkoliv velkoplošný chemický postřik takřka nemožný.

Z vážnosti situace s kloubatkou smrkovou v Krušných horách není možné situaci v Jizerských horách podcenit. Lze doporučit další monitoring, zvětšit zkoumanou oblast a zaměřit se na další možné faktory ovlivňující napadení. Oslabení porostů infekcí kloubnatkou smrkovou může být vstupní branou například pro kůrovcovou kalamitu sužující porosty Jizerských hor v posledních letech.

8 Seznam literatury

BALCAR V. 1992: *Ekologické informace o oblasti Jizerských hor*. Podkladová zpráva pro závěrečné oponentní řízení úkolu: Změny ekologických poměrů a jejich vliv na lesní ekosystémy. Opočno, VÚLHM – VS, nestr.

BALCAR V., KACÁLEK D. 1999: *K použití autochtonních dřevin pro výsadbu na imisních holinách Jizerských hor*. [Contribution to autochthonous tree species applicability to reforestation of clearcuts due to salvage felling in the Jizerské hory Mts]. In: Slodičák (ed). *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí. Bedřichov v Jizerských horách. Jíloviště-Strnady, 70-76 pp.

BAŤA D. 2018: *Analýza prostorové distribuce napadení porostů smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (Gemmamyces piceae) v Krušných horách*. Praha, ČZU, 79 pp.

BORTHWICK A. W. 1909: *A new disease of Picea. Notes From the Royal Botanic Garden, Edinburgh* 4, 259–61 pp.

BUTIN, H. 1995: *Tree diseases and disorders. Causes, biology and control in forest and amenity trees*. Oxford Univerzity Press., 252 pp.

BURDA, J., 2000: *Jizerskohorské bučiny: národní přírodní rezervace*. Liberec: Jizersko-ještědský horský spolek, 63 pp.

CASAGRANDE F. 1969: *Ricerche biologiche e sistematiche su particolari ascomiceti pseudosferiali. Gemmamyces piceae parassita sulle gemme di alcune Picea spp. Phytopathologische Zeitschrift*. 66 (2), 119 pp. 42

ČERNÝ K., PEŠKOVÁ V., SOUKUP F., HAVRDOVÁ L., STRNADOVÁ V., ZAHRADNÍK D., HRABĚTOVÁ M. 2016: *Gemmamyces bud blight of Picea pungens: a sudden disease outbreak in Central Europe. Plant Pathology* 65 (8), 1267-1278 pp.

ČTVRTEČKA V. (2019), BP: *Výzkum aktuálního rozšíření napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (Gemmamyces piceae) s využitím soustavy účelově založených pokusných ploch v Jizerských horách*, 45 pp.

HRUŠKA J., HOFMEISTER J. 2004: *Stanovení kritických zátěží síry a dusíku pro lesní ekosystémy a jejich dlouhodobá překročení, možnosti řešení současné situace*. In: *Seminář projektu VaV620/1/02*. Hejnice, IFER, 18-38 pp.

KARPAŠ, Roman, Anna HABÁNOVÁ, Jan HETVER, et al. *Jizerka, Smědava*. Liberec: Roman Karpaš RK, 2016, 192 s. *Klenoty Jizerských hor*. ISBN 978-80-87100-32-5.

KARPAŠ, Roman a Jiří HUŠEK. *Jizerské hory*. Liberec: RK, 2014, 3, O lesích, dřevu a ochraně přírody, 520 pp. ISBN 978-80-87100-26-4.

KÖCK G. 1918: *Ein für Österreich neuer Schädling auf Picea pungens*. Österreichische Garten-zeitung, Wien: K. K. Gartenbau-gesellschaft, vol. 13, 147-148 pp.

LORENC F. 2015: *Vliv sucha na růst mykorhiz u smrku ztepilého*. Praha, ČZU, 56 pp.

- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., RYCHNOVSKÁ, A.: *Vývin kořenového systému smrku ztepilého v oblasti Jizerských hor*. MZLU 2003. 48 pp.
- MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., RYCHNOVSKÁ, A.: *Vývin a zdravotní stav kultur a mladších porostů smrku pichlavého, smrku ztepilého, buku lesního a modřínu opadavého v oblasti Jizerských hor*. MZLU 2004. 93 pp.
- MODLINGER, R.; PEŠKOVÁ, V. *Aktuální výskyt vybraných biotických škodlivých činitelů v porostech náhradních dřevin Krušných hor*. In: KNÍŽEK (Ed.): *Škodliví činitelé v lesích Česka 2016/2017. Praktická ochrana lesa v současných podmínkách*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 19. 4. 2017., 2017, 60-61 pp.
- NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., 2016: Odborný posudek: Vyhodnocení pokusu „pozemní ruční aplikace dolomitu“ ze dne 8. – 10. květena 2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, Strnady 136, 252 02 Jíloviště, 14 pp.
- PEKÁR, S., BRABEC, M. *Moderní analýza biologických dat 1*. Praha, Scientia. 2009, 225 pp.
- PELC F. 1999: *Program revitalizace imisně zatížených lesních ekosystémů Jizerských hor. [Revitalisation programme of forest ecosystems afflicted by air pollution in the Jizerské hory Mts. (Northern Bohemia)]*. In: Slodičák (ed). *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí. Bedřichov v Jizerských horách. Opočno, VÚLHM, 7-18 pp.
- PEŠKOVÁ, V.; ČÍŽKOVÁ, D. *Lesnická fytopatologie*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 2015, 109 pp. ISBN 978-80-213-2603-3.
- PEŠKOVÁ, Vítězslava, Roman MODLINGER, Michal SAMEK a Adam VÉLE. *Kloubnatka smrková na smrku ztepilém v Jizerských horách a Krkonoších. Krkonoše. Jizerské hory*. 2019, 52(8), 22-23 pp. ISSN 1214-9381.
- PEŠKOVÁ V., MODLINGER R., TOMÁŠKOVÁ I., SAMEK M., BAŤA D., LORENC F., DUŠEK D., KACÁLEK D. 2019: *Vliv faktorů na napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou a návrh praktických postupů omezujících její šíření*. Praha, ČZU, 53 pp.
- PEŠKOVÁ V., MODLINGER R., 2015: *Stav napadení smrku pichlavého a ztepilého kloubnatkou smrkovou*. LOS, LESNICKÁ PRÁCE 3/2015 48 – 49 pp.
- PEŠKOVÁ, V.; TOMÁŠKOVÁ, I.; MODLINGER, R.; LORENC, F.; DUŠEK, D.; KACÁLEK, D.; VLNIEŠKOVÁ, T.; SAMEK, M.; *Vliv faktorů prostředí na napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou a návrh praktických postupů omezující její šíření - Dílčí technická zpráva za rok 2017*. 2018.
- PEŠKOVÁ V.; MODLINGER, R.; SOUKUP, F.; RUČKOVÁ, J. *Nárůst napadení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou v Krušných horách*. Lesnická práce, 2016, vol. 95 no. 2, 46-47 pp.
- PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. *Houbové choroby v lesích Česka v roce 2015* In: KNÍŽEK, M. (Ed.): *škodliví činitelé v lesích Česka 2015/2016*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí. Průhonice, 14. 4. 2016. 2016, 20-22 pp. ISBN 978-80-7417-107-9

POLENO Z., VACEK S. 2007: *Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 315 pp.

Posselt J. (2018), BP: *Stanovení míry zasažení smrku ztepilého kloubnatkou smrkovou (Gemmamyces piceae) na účelově založených pokusných plochách na území lesní správy Děčín*, 45 pp.

POSPÍŠIL F., POSPÍŠIL J. 2011: *Poškození smrku pichlavého kloubnatkou v Krušných horách*. In. KNÍŽEK, M. (Ed.) *Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011*. Sborník referátů z celostátního semináře s mezinárodní účastí Průhonice. Strnady, VÚLHM, 78 pp. zur Kenntnis der in Deutschland

SCHMIDT P. A. 1991. *Beitrag anbaufähigen Fichten (Gattung Picea A. Dietr.)*. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges, 80, 7-72 pp.

SOUKUP F., PEŠKOVÁ V., 2009. *Gemmamyces piceae (Borthw.) Casagr. kloubnatka smrková*. Lesní ochranná služba, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Lesnická práce, 88 (12), Příloha: 1-4.

SLODIČÁK M. 2009: *Lesnické hospodaření v Jizerských horách*. 2. vydání. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 232 pp.

TUBEUF C. 1919: *Schilderungen und Bilder aus nordamerikanischen Wäldern*. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft, 1–44 pp.

VĚTVIČKA, Václav. *Evropské stromy*. Ilustroval Jan MAGET, ilustroval Vlasta MATOUŠOVÁ, ilustroval Anna SKOUMALOVÁ-HADAČOVÁ. Praha: Aventinum, 1999, 216 pp. Průvodce přírodou. ISBN 80-7151-104-8.

VĚTVIČKA, Václav. *Stromy a keře, mé životní lásky*. Ilustroval Zdeněk BERGER, ilustroval Zdeňka KREJČOVÁ, ilustroval Jan MAGET, ilustroval Jan MAŠEK, ilustroval Věra NIČOVÁ, ilustroval Anna SKOUMALOVÁ-HADAČOVÁ, ilustroval Pavel ŽILÁK. Praha: Aventinum, 2017, 484 pp. ISBN 978-80-7442-093-1.

WINTON, L. *Forest & Grassland Health - Spruce Bud Blight* [online] Forest Service, United States Department of Agriculture, 2017.

YUAN, Z.-Q.; WANG, X.-W. *A Taxonomic Study on Fungi Associated With Spruce Bud Blight in China*. Mycotaxon, 1995, vol 53, 371-376 pp.

ZI-QING Z., XUE-WEI W. 1995. *A taxonomic study of fungi associated with spruce bud blight in China*. Mycotaxon 53: 371-76 pp.

ZÝKA, V.; ČERNÝ, K.; STRNADOVÁ, V.; ZAHRADNÍK, D.; HRABĚTOVÁ, M.; HAVRDOVÁ, L.; ROMPORTL, D. 2018. *Predikce poškození porostů smrku pichlavého kloubnatkou smrkovou v Krušných horách*. Mapa s odborným obsahem, VÚKOZ, v. v. i. Certifikováno Ministerstvem zemědělství ČR dne 21. 12. 2018 Osvědčením č. 74672/2018-MZE-16222/MAPA681. VÚKOZ, v. v. i., Průhonice, 48 pp.

AOPK ČR. 2019: *Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Jizerské hory na období 2011-2020*. AOPK ČR. [online].
Dostupné z: <http://www.jizerskehory.ochranaprirody.cz>.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, portál ČHMÚ: Historická data: Počasí: Územní srážky, dostupné z: portal.chmi.cz/historická-data/počasí/uzemní-srazky

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV, portál ČHMÚ: Historická data: Počasí: Územní teploty, dostupné z: portal.chmi.cz/historická-data/počasí/uzemní-teploty

EKOLES – PROJEKT s.r.o., Textová část LHP, Revír Smědava, Revír Paličnick, Lesy České republiky, s. p., LS Frýdlant, Platnost 1. 1. 2012 – 31. 12. 2021.

IDNES 2019: *Jizerské hory ohrožuje houba kloubnatka. Vyhubí všechny smrky pichlavé.* MAFRA, a. s., 1999–2019 [online]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/liberec/zpravy/jizerske-hory-kloubnatka-smrk-pichlavy-vyhubi.A180319_135319_liberec-zpravy_jape

KAMI SKA – RO EK E., PUKACKI P.M., 2004. *Effect of water deficit on oxidstive stress and degradation of cell membranes in needles of Norway spruce (Picea abies).* Dostupné na WWW. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-004-0034-7>

LAING W., GREER D., SUN O., BEETS P., 2000. *Physiological impact of Mg deficienci in Pinus radiata growth and photosynthesis.* Dostpné na WWW.<https://www.cambridge.org/core/journals/newphytologist/article/physiological-impacts-of-mg-deficiency-in-pinus-radiata-growth-and-photosynthesis/2806-FE9E9D24E492D8BBA34D6D3389BE>.

MAUNSFIELD, P. J., BELL, J. N. B., McLEOD, A. R., WHEELER, B. E. J., 1991. *Agriculture, Ecosystems & Environment, Effects of sulphur dioxide on the development of fungal diseases of winter barley in an open air fumigation systém.* Dostupné na WWW. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016788099190003G>.

PODRÁZSKÝ V.; ULBRICHOVÁ I.; REMEŠ J.; Katedra pěstování lesů LF ČZU Praha, *Účinnost provozního vápnění v Jizerských horách*, Lesnická práce 80 (2001), č.: 10/01, dostupné z : <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-80-2001/lesnicka-prace-c-10-01/ucinnost-provozniho-vapneni-v-jizerskych-horach>

SCHEIRL R., KREUTZER K., 1991. *Effects of liming in a Norway spruce stand (Picea abies [L] Karst* Dostupné naWWW.[https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-liming-in-a-Norway-spruce-stand-\(Picea-Schierl-Kreutzer/a6555a241a2837-729-8811cfba8cc103a48019055](https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-liming-in-a-Norway-spruce-stand-(Picea-Schierl-Kreutzer/a6555a241a2837-729-8811cfba8cc103a48019055)

ZLOBIN, I. E., IVANOV, Y. V., KARTASHOV, A. V., KUZNETSOV V. V., 2018: *Impact of weak water deficit on growth photosynthetic primary processes and storage processes in pine and spruce seedlings.* Dostupné na WWW. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-018-0520-1>

ZELENÁ ZPRÁVA 2018. 2019: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018.* Praha, Ministerstvo Zemědělství, 111 pp.