

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

**Hodnocení vitality smrku ztepilého v horské
smrčině v Jeseníkách**

Diplomová práce

Autor: Bc. Martin Kamenec

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Čada, Ph.D.

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie lesa

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Martin Kamenec

Lesní inženýrství

Název práce

Hodnocení vitality smrku ztepilého v horské smrčině v Jeseníkách

Název anglicky

Vitality analysis of Norway spruce in the mountain spruce forest in the Ash Mts.

Cíle práce

Cílem práce je zhodnotit zdravotní stav smrků v horském smrkovém lese v CHKO Jeseníky s použitím několika indikátorů vitality stromu.

Metodika

Práce předpokládá zapojení studenta do již běžícího výzkumu v horských smrčinách CHKO Jeseníky. Pro práci tak budou využity trvalé výzkumné plochy s dostupnými strukturálními parametry a letokruhovými daty. Úkolem studenta bude terénní sběr dat, tj. zejména zhodnocení jednotlivých stromů pomocí indikátorů vitality (defoliace, barevné změny jehličí, přírůst), a dále analýza a statistické zpracování získaných dat a vyhodnocení vzájemných souvislostí.

Vlastní práce budou probíhat následujícím způsobem:

1. Založení a stabilizace zkusných ploch.
2. Popis stromového patra.
3. Hodnocení makroskopických indikátorů vitality
3. Odebrání vývrtů u vybraného počtu stromů.
4. Zpracování odebraných vzorků.
5. Matematické a statistické zpracování dat.
6. Zpracování výsledků a příprava diplomové práce.

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

Smrk ztepilý, struktura lesa, zdravotní stav

Doporučené zdroje informací

- Badea, O., Tanase, M., Georgeta, J., Anisoara, L., Peiov, A., Uhlírova, H., Pajtik, J., Wawrzoniak, J., Shparyk, Y., 2004. Forest health status in the Carpathian Mountains over the period 1997-2001. *Environ. Pollut.* 130, 93 8.
- Boháčová, L., Lomský, B., Šrámek, V. (Eds.), 2011. Rozvoj monitoringu zdravotního stavu lesa v rámci projektu Life+ FutMon v České republice. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Praha, 59 pp.
- Dobbertin, M., 2005. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. *Eur. J. For. Res.* 124, 319 333.
- Kandler, O., Innes, J.L., 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. *Environ. Pollut.* 90, 171 80.
- Polák, T., Cudlín, P., Moravec, I., Albrechtová, J., 2006. Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains. *Trees* 21, 23 35.
- Schulz, H., Härtling, S., 2003. Vitality analysis of Scots pines using a multivariate approach. *For. Ecol. Manage.* 186, 73 84.
- Spiecker, H., 1999. Overview of recent growth trends in European forests. *Water. Air. Soil Pollut.* 116, 33 46.
- Šantrůčková, H., Šantrůček, J., Šetlík, J., Svoboda, M., Kopáček, J., 2007. Carbon isotopes in tree rings of Norway spruce exposed to atmospheric pollution. *Environ. Sci. Technol.* 41, 5778 82.
- Šrámek, V., Vejpusťková, M., Novotný, R., Hellebrandová, K., 2008. Yellowing of Norway spruce stands in the Silesian Beskids damage extent and dynamics. *J. For. Sci.* 54, 55 63.
- Vacek, S., Hejcman, M., Semelová, V., Remeš, J., Podrázský, V., 2009. Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. *Eur. J. For. Res.* 128, 367 375.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Vojtěch Čada

Elektronicky schváleno dne 31. 3. 2014

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 8. 2014

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2015

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma hodnocení vitality smrku ztepilého v horské smrčíně v Jeseníkách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vojtěcha Čady, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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 14.4.2015

.....

Bc. Martin Kamenec

Poděkování:

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Vojtěchu Čadovi, Ph.D. za umožnění vypracování této práce, za odborné vedení, pomoc a poskytnutí podkladů. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu během studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením vitality smrku ztepilého v horské smrčině na vybraných zkusných plochách v Jeseníkách. Tento zdravotní stav dává do souvislosti se současným i minulým působením stresorů, zejména antropogenními emisemi a vývojem klimatu. V roce 2014 byl tento stav zjišťován celkově na 10 plochách, na kterých probíhá výzkum dendrochronologické analýzy pralesovitých smrkových porostů. Hodnocení zdravotního stavu bylo provedeno dle metodiky ICP–Forests, založené na hodnocení habituální diagnostiky koruny stromu s kombinací metodiky dle CUD-LÍNA et al. (2001, 2003). Na vybraných plochách v CHKO Jeseníky byla zjištěná vyšší míra defoliace a to v porovnání s celorepublikovým průměrem téměř o 5 %.

Klíčová slova: defoliace, vitalita, přírůst, stres, habituální diagnostika

Abstract

This bachelor's thesis deals with the assessment of vitality of Norway spruce in mountain spruce forest in selected plots in Jeseniky. The health status correlates with past and present effects of stressors, especially anthropogenic emissions and climate evolution. In 2014, this condition was investigated for 10 areas, on which proceeds research dendrochronological analysis primeval Norway spruce forests. The assessment was performed according to the methodology ICP–Forests, based on the evaluation of habitual diagnostic crown with a combination of methodologies according CUD-LÍN et al., (2001, 2003). On selected plots in CHKO Jeseniky, was found higher sight defoliation and in comparison with national average almost 5 %.

Key words: defoliation, vitality, increment, stress, habitual diagnostics

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl práce.....	11
3. Kontrolní metody poškození lesních porostů	12
3.1. Zdravotní stav lesů	12
3.2. Monitoring zdravotního stavu lesů v České republice	12
4. Stresory a jejich působení.....	14
5. Princip problematiky chřadnutí porostů	19
6. Základní charakteristika zájmového území	25
7. Metodika práce	29
7.1. Metodika zakládání zkusných ploch	29
7.2. Metodika odebírání a zpracování vývrtů.....	29
7.3. Metodika habituální diagnostiky.....	30
7.4. Metodika hodnocení stromů.....	31
7.4.1. Základní postup vyhodnocení charakteristik zdravotního stavu porostů..	37
8. Výsledky.....	38
9. Diskuze	44
10. Závěr	47
11. Summary	48
12. Literatura.....	49
13. Přílohy.....	54

Seznam tabulek

Tab. 1.: Souřadnice zkusných ploch.....	24
Tab. 2.: Charakteristika klimatických poměrů.....	26
Tab. 3.: Typ vrcholu.....	29
Tab. 4.: Stupeň transformace.....	30
Tab. 5.: Indikátory kritických fází reakce smrku ztepilého na komplexní působení stresových faktorů na úrovni stromu.....	34
Tab. 6.: Kategorie stresové reakce smrku ztepilého podle hlavních charakteristik koruny (celkové defoliace a procenta sekundárních výhonů).....	35
Tab. 7.: Základní průměrné charakteristiky korun smrku na vybraných zkusných plochách v CHKO Jeseníky.....	36

Seznam obrázků

Obr. 1.: Vývoj defoliace jehličnanů (nad 59 let) 1991–2013.....	11
Obr. 2.: Tři fáze obecného adaptačního syndromu.....	18
Obr. 3.: Reakce rostliny na chronický a akutní stres.....	19
Obr. 4.: Upravená Manionova spirála.....	22
Obr. 5.: Přehledová mapa.....	23
Obr. 6.: Mapa s vylíšenými hranicemi NPR a PR.....	24
Obr. 7.: Stresové schéma – průběh reakcí stromu dle různých scénářů.....	31

Seznam grafů

Graf 1.: Procentuální rozložení stresových kategorií.....	37
Graf 2.: Procentuální rozložení stresových fází.....	38
Graf 3.: Průměrný věk stromů na zkusných plochách.....	39

Graf. 4.: Průměrný přírůst <u>v setinách mm</u> na jednotlivých zkusných plochách (průměr za 10let).....	39
Graf 5.: Graf závislosti přírůstu na defoliaci.....	40
Graf 6.: Graf závislosti defoliace na věku.....	41

1. Úvod

Lesy tvoří důležitý krajinnotvorný prvek, který ovlivňuje ráz krajiny. Kromě produkční funkce, plní lesní porosty další důležité mimoprodukční funkce, jsou to vodohospodářské funkce, půdoochranné funkce, klimatické a rekreační funkce. Jestliže mají být tyto funkce zachovány, je důležité monitorovat zdravotní stav lesních porostů, vyhodnocovat výsledky a podle nich provádět hospodářské opatření, které budou mít pozitivní vliv na zdravotní stav a stabilitu porostů.

Chřadnutí lesních porostů je celospolečensky nadnárodní problém, jeho řešení je tedy nutné hledat ve spolupráci se všemi evropskými zeměmi. Jedním z nejdůležitějších nástrojů monitorování stavu lesů v evropském měřítku je program Evropské hospodářské komise při OSN, zkráceně označovaný jako ICP Forests (realizovaný již od roku 1986), na který souběžně navázal od roku 2004 nový projekt Evropského společenství, nazvaný Forest Focus. Program ICP Forests (Forest Focus) jako jediný v České republice pokrývá svou činností celé území a poskytuje informace o stavu lesa v souladu s jednotnou evropskou metodikou (HAŇÁKOVÁ, 2012).

Podle DOBBERTINA a BRANGA (2001) vitalitu stromů lze definovat jako schopnost stromu asimilovat, přežít stres, reagovat na měnící se podmínky a reprodukovat se. Defoliace koruny (ztráta jehlic) je nesespecifický znak vitality smrku ztepilého (*Picea abies*) široce používána v lesnické praxi. Bylo otázkou, zda je defoliace platný ukazatel vitality stromu, protože neodráží časné stádium zotavování koruny (SALEMAA, JUKOLA-SULONEN, 1990). Procesy, které vedou k regeneraci koruny vzrostlých stromů, umožňují nahrazení ztracených asimilačních orgánů v důsledku vlivu různých stresů a podporuje odolnost proti defoliaci stromů (CHEN et al., 2001). Proto posouzení a pochopení obnovy koruny a poklesu regeneračních procesů může být důležitým nástrojem pro řízení lesnické praxe, přijetí vhodných opatření v čase nebo pro identifikaci rezistentních nebo vnímavých jedinců s environmentálními faktory (POLÁK et al., 2006).

V porovnání s evropskými státy vykazuje defoliace v České republice stále vysokou míru. Vysoká míra defoliace je způsobena stále působícím imisním zatížením, a také důsledkem dlouhodobého narušení lesních ekosystémů v minulých desetiletích. V současné době se v České republice provádí pravidelné šetření stavu lesa programem

ICP Forests. Na monitorovaných plochách základní sítě 16×16 km a vybraných lesnatějších plochách 8×8 km. Tyto plochy jsou rozmístěny v porostech tak, aby co nejlépe vystihly dané stanovištní a porostní podmínky. Zdravotní stav je charakterizován především stupněm defoliace.

Tato diplomová práce se zabývá zdravotním stavem porostů smrku ztepilého (*Picea abies*) v CHKO Jeseníky celkově na 10 zkusných plochách. Šest zkusných ploch se nachází v NPR Praděd, dvě zkusné plochy v NPR Šerák-Keprník a dvě v PR Břidličná. Výsledky z jednotlivých ploch jsou porovnávány mezi sebou a dále jsou všechny plochy zprůměrovány. Výsledná zprůměrovaná hodnota ze všech zkusných ploch je dále porovnávána s obdobnými výzkumy v horských smrčinách. Veškeré zkoumané plochy se nachází v nadmořské výšce nad 1000 m n. m. Jedná se především o porosty vystavené nepříznivým, hlavně abiotickým (vítr, sníh, sucho, atd.), biotickým a antropogenním vlivům. Porosty ve vyšších nadmořských výškách jsou těmito vlivy stresovány více než porosty v nižších nadmořských výškách, které jsou vystaveny menšímu vlivu hlavně abiotických stresorů, a tudíž lze očekávat vyšší míru poškození.

Cílem práce bylo na trvalých výzkumných plochách za pomoci habituální diagnostiky zhodnotit zdravotní stav horských smrkových porostů v CHKO Jeseníky. Dále zjistit, zda má míra defoliace přímý vliv na tloušťkový přírůst smrků. Zjištěné výsledky porovnat s obdobnými výzkumy s nejbližšími plochami monitorovanými programem Forest Focus (ICP–Forests) a také srovnat tyto výsledky s celorepublikovým stavem smrkových porostů.

2.Cíl práce

Prvním cílem práce bylo na základě terénních šetření zhodnotit zdravotní stav smrků v horském smrkovém lese v CHKO Jeseníky. Pro hodnocení zdravotního stavu smrků bylo použito několik indikátorů vitality stromu, zejména defoliace, barevné změny jehličí a přírůst. Druhým cílem bylo zjistit, zda defoliace přímo ovlivňuje tloušťkový přírůst smrků a také zda je defoliace závislá na věku stromu. Třetím cílem bylo provést habituální diagnostiku a zhodnotit rozsah poškození porostů abiotickými a biotickými činiteli. Čtvrtým cílem bylo porovnat současný stav s minulým stavem, s obdobnými výzkumy a s územím celé České republiky. Odhadnout působení těchto faktorů v příštích letech.

3. Kontrolní metody poškození lesních porostů

3.1. Zdravotní stav lesů

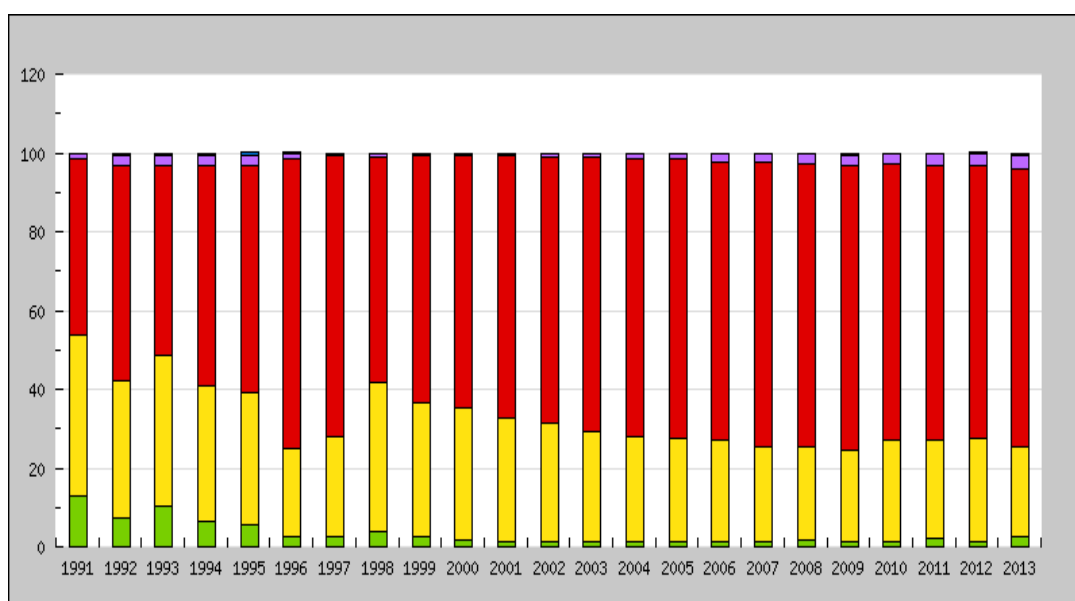
Postupné snižování imisní zátěže v uplynulých desetiletích mělo příznivý vliv na zdravotní stav lesních porostů, u kterých se ovšem pozitivní změny prostředí projevují s určitým časovým zpožděním. Lesní porosty však stále vykazují vysokou míru defoliace, která patří mezi nejvyšší v porovnání s ostatními evropskými zeměmi. Z evropských států dosahují nejvyšší defoliace severské státy (Finsko, Švédsko, Rusko). Menší míra, avšak s vyšší defoliací než v České republice byla zjištěna v Rakousku a na Slovensku (BOHÁČOVÁ a kol 2010). V dlouhodobém sledování vykazuje defoliace u starších jehličnatých porostů velmi mírně stoupající trend u ostatních druhových a věkových kategorií vykazuje stagnující až velmi mírně klesající stav. Vysoká míra defoliace je způsobena jednak tím, že imisní zátěž stále negativně působí, i když na nižší úrovni, a jednak skutečností, že stabilita lesních ekosystémů je dlouhodobě narušena v důsledku neúnosného působení imisí v uplynulých desetiletích. Na zdravotní stav lesních porostů mají samozřejmě vliv i další negativní faktory biotického i abiotického původu, z nichž některé nabývají v posledních letech stále na větším významu (klimatické excesy, podkorní hmyz) (MZe ČR, 2013).

3.2. Monitoring zdravotního stavu lesů v České republice

Zdravotní stav lesa je sledován v České republice od roku 1986 v rámci mezinárodního kooperativního programu označovaného jako ICP Forests, který představuje jeden z nejdůležitějších evropských systémů kontroly lesních ekosystémů. Program je důležitý pro získávání informací o prostorovém a časovém vývoji stavu lesa v evropském měřítku a pro prohlubování znalostí o příčinách současného poškození. Každý z těchto cílů vyžaduje velmi odlišné metodologické přístupy k monitorování. Realizovány jsou pomocí monitorovacích soustav různého složení a intenzity měření (úroveň I a II).

V současné době se v České republice provádí pravidelné šetření stavu lesa v systematické síti (tzv. I. úroveň) programu ICP Forests na monitorovacích plochách základní sítě 16×16 km a vybraných plochách ze sítě 8×8 km v celkovém počtu 306 ploch. Monitorovací plochy jsou rozmístěny rovnoměrně podle lesnatosti po celém území. Zdravotní stav stromů je charakterizován především stupněm defoliace, která je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání

se zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách. Je to ztráta, která je způsobena především vlivem nepříznivých změn prostředí lesních ekosystémů, jako důsledku dlouhodobého a nadměrného znečištění ovzduší různými škodlivinami (SO₂, NO_x, F, Cl, O₃, těžké kovy, prachové částice aj.) (MZe ČR, 2013). Defoliace je nespecifický symptom poškození, může být způsobena jak jedním, tak více škodlivými faktory, které mohou působit samostatně nebo společně a přitom navíc vstupovat do vzájemných interakcí. Defoliace se vyjadřuje procenticky v intervalech po 5 % (MZe ČR, 2012).



Obr. 1.: vývoj defoliace jehličnanů (nad 59 let) 1991–2013 (VÚLHM, ISSAR 2014).

V průběhu konce osmdesátých let došlo k prudkému nárůstu defoliace, v následujícím období devadesátých let tato dynamika vývoje defoliace výrazně poklesla a po roce 2000 následovaly jen velmi mírné změny. V období 1986–2013 dosáhla průměrná hodnota defoliace smrku a borovice výrazného kulminačního bodu v roce 1992. Následovala stagnace, v roce 1996 průměrná defoliace těchto dřevin opět stoupla a dosáhla maximální hodnoty (smrk 33,9 %). V dalších letech následoval pokles a počínaje rokem 1999 defoliace velmi mírně stoupala až do roku 2009. Poslední čtyři roky vykazují u starších porostů smrku stagnaci až velmi mírný pokles defoliace (MZe ČR, 2013).

U starší věkové kategorie jehličnanů (porosty 60let a starší) došlo v roce 2013 v porovnání s minulým rokem k velmi mírnému zhoršení ve vývoji celkové defoliace

poklesem procentického zastoupení defoliace ve třídách 0 a 1 a současným vzestupem zastoupení ve třídě 2. Na této změně se podílela většina zastoupených druhů (*Picea abies*, *Abies alba* a *Larix decidua*) (MZe ČR, 2013).

Přestože imisní zátěž výrazně poklesla již v polovině 80. let, lesní porosty stále vykazují vysokou míru defoliace, která patří mezi nejvyšší v porovnání s ostatními evropskými zeměmi. Zpožděná reakce lesních porostů na pozitivní změny prostředí se projevila výrazným poklesem dynamiky vývoje defoliace v polovině 90. let. Pozitivní změny ve struktuře defoliace v letech 2010–2011 u starších jehličnatých porostů, které lze považovat za nejlepší indikátor vlivu imisní zátěže na zdravotní stav lesních porostů, se v následujících letech 2012–2013 již neprojevily (MZe ČR, 2012, 2013).

4. Stresory a jejich působení

Podle intenzity a průběhu můžeme působení stresorů rozdělit na aktuální a chronické. Stresové faktory často působí v kombinaci, toho společné působení zesilující dopady stresu je označováno jako násobné působení stresových faktorů (MOONEY et al., 1991). Z kvantitativního pohledu se dělí stresory na mikrostressory a makrostressory. Mikrostressory jsou mírně působící stresory způsobující chronický stres, mají kumulativní charakter. Makrostressory jsou pak stresory působící náhle, s okamžitými a často výrazně destruktivními účinky. Dle následnosti působení lze stresory rozdělit na predispoziční, iniciační a mortalitní. Podle původu lze stresory rozdělit na přirozené (přírodní) stresory – abiotické, biotické a na stresory antropogenní (ČERMÁK a kol., 2014).

Biotické stresory:

Nadměrné záření – jde o stesy způsobené buď extrémními hodnotami (pro danou rostlinu) intenzity viditelného záření nebo zvýšeným množstvím dopadajícího ultrafialového záření. Extrémní intenzity světla způsobují nadbytek energie ve strukturách zajišťujících primární fázi fotosyntézy – je vytvářeno víc NDPH a ATP, než je nutné. Při nadměrném záření se aktivují mechanismy, které mají fotosyntetický aparát před nadměrným energetickým příjmem ochránit. Dochází k nasycení kapacity plastochinonu a k fotoinhibici. Viditelné poškození způsobené nadměrným viditelným zářením se primárně týká fotooxidace chloroplastových pigmentů – dochází k vybělení pletiv. Poškození rostlin UV zářením může způsobit pokles fotosyntetické kapacity, změny

aktivity enzymů, poruchy růstových procesů, objevení genetických mutací a konečně smrt buňky (LARCHER, 2001).

Nízké teploty – jde o stresy způsobené chladem, tj. nízkou teplotou nad bodem mrazu (především subtropické a tropické rostliny) a mrazem (u nás zejména časný a pozdní mráz, nebo výraznější zimní holomrazy). Poškození mrazem spočívá v mechanickém narušení buněk a v jejich dehydrataci vlivem tvorby krystalků ledu v apoplastu a symplastu. Led způsobuje neobnovitelná poškození vnitřních buněčných struktur, která vedou k odumírání poškozené části rostliny (ČERMÁK a kol., 2014).

Extrémně vysoké teploty – v našich podmínkách teploty jde o teploty nad cca 30 °C, mezi jednotlivými druhy jsou pak pochopitelně znatelné rozdíly v odolnosti vůči horku. Při teplotách vzduchu nad 35 °C dochází v našich podmínkách zpravidla k poklesu účinnosti fixace CO₂. Vlivem vysokých teplot může docházet k podstatným změnám ve fyzikálních a chemických vlastnostech buněčné membrány a bílkovin. Ovlivněny jsou složení a obsah proteinů (včetně aktivace tzv. stresových proteinů), stavba a aktivita thylakoidních membrán v protoplastech. Byl zaznamenán pokles podílu granálních útvarů, změny v lipid-proteinové interakci, fázová separace a změny ve složení lipidů, při teplotách 45-50 °C (ČERMÁK a kol., 2014).

Nedostatek dostupné vody (sucho) – nejčastěji primárně vyvolán nedostatkem srážek, příčinou ovšem také může být nedostupnost či snížená dostupnost vody způsobená například zmrznutím či zasolením půdy. Při vodním stresu dochází k propadům růstu (inhibován je především prodlužovací růst buněk) a k stomatální i nestomatální inhibici fotosyntézy (ČERMÁK a kol., 2014).

Mechanické účinky vzdušného proudění, sněhu a námraz – důsledky působení stálého větru, jednorázových bořivých větrů, námraz, ledovek a mokrého sněhu. Silný stálý vítr, většinou navíc převážně působící v jednom směru výrazně ovlivňuje výskyt, vzrůst a habitus dřevin ve vrcholových partiích pohoří. Tento jev se nazývá vrcholový fenomén. Dřeviny mají často zakrslý vzrůst, jednostrannou vlajkovou korunu, porosty mají rozvolněný zápoj, případně vznikají, zejména na návětrné straně, bezlesí či řídkolesí. Toto působení větru má charakter trvalého chronického stresu. Takzvané bořivé větry působí naproti tomu krátkodobě a s vysokou intenzitou a jsou tedy silným akutním stresem. Stejně jako vítr mohou působit mohutnější povlaky námraz a ledovek nebo závěsy

mokrého těžkého sněhu. Pokud nedojde přímo k smrti stromů při jejich vyvrácení nebo kmenových zlomech, vznikají poškození, která jsou významnou predispozicí zejména pro biotické faktory uplatňující na vrcholových zlomech, v prolámaných korunách nebo vstupující do kmene přes odlomené silné větve (ČERMÁK a kol., 2014).

Chyby v minerální výživě – jde o nedostatek či nadbytek některé složky výživy nebo o nepříznivý poměr složek. U dřevin jde zejména o deficienci dusíku, hořčíku, draslíku, fosforu či vápníku a o kalciozu, tj. nadbytkem vápníku omezený příjem železa. Vápník zablokuje příjem železa, kterého sice může být v půdě dostatek, ovšem kořeny ho od hodnoty pH cca 6,7 nejsou schopny přijmout. Dalšími negativními nadbytky mohou být nadbytek dusíku doprovázený zbytnělým růstem listů (namodrale zbarvených, vodnatých) či nadbytek fosforu a draslíku vedoucí k poruchám příjmu vápníku a hořčíku. Především v imisně zatížených oblastech se mohou objevit důsledky nadbytku síry v půdě – v tomto případě však tento stresor patří mezi antropogenní stresory. Ve většině případů jsou symptomy poruchy výživy poměrně nespecifické s možností záměny s řadou jiných faktorů a to abiotických i biotických (ČERMÁK a kol., 2014).

Antropogenní stresory:

Nitrifikace půd – vzniká vlivem suché i vlhké depozice dusíku a dalšími vstupy dusíku do půdy (zejména hnojení). Změny biochemického cyklu dusíku jsou považovány za jeden z nejvýznamnějších globálně rozšířených antropogenních vlivů. Dusík je v řadě ekosystémů limitním prvkem výživy, jeho zvýšený vstup pak může vést k podstatným změnám v struktuře lesních společenstev, zejména snížení druhové diversity v důsledku změny kompetičních vztahů. Při nadměrném vstupu dusíku do lesních půd dochází k vyplavování NO_3^- indikující překročení retenční kapacity půd. Dosavadní výzkumy přitom ukazují, že jehličnaté ekosystémy jsou náchylnější k vyplavování dusíku. Zatím není zcela jasné, které vlastnosti ekosystému jsou pro velikost retenční kapacity klíčové, jako pravděpodobná se jeví podstatná role poměru uhlíku a dusíku (C/N) v organickém horizontu. Dlouhodobě zvýšený vstup dusíku se může projevit zvýšením obsahu dusíku v živé biomase, opadu a následně i v půdní organické hmotě, zároveň s tím může docházet také k snížení poměru C/N v půdě. Nejisté jsou dopady depozic dusíku na růst dřevin. Může dojít jak k zvýšení produkce, tak k jejímu propadu, vše v závislosti jednak na druhu, vitalitě a stáří dřeviny, jednak na dalších podstatných sta-

novištních poměrech, zejména dostupnosti vody. Dle MAGILLA (2000) a FENNA (1998) se dá usoudit, že pozitivní dopady na růst lze čekat spíše u listnatých dřevin a naopak negativní u jehličnatých a to zejména při vysokých vstupech dusíku, při mírném zvýšení je možné očekávat zvýšení intenzity růstu i v jehličnatých porostech. Situaci komplikuje fakt, že samotné zvýšení vstupu dusíku nemusí být příčinou zjištěného nárůstu produkce, ve stejném období narůstal obsah CO₂ v atmosféře a docházelo ke klimatickým změnám. Příliš intenzivní růst navíc může mít negativní dopady – například u smrku ztepilého jimi zejména jsou: vyšší náchylnost ke zlomům a nižší kvalita dřeva, pozdní vyzrávání letorostů s následným častějším poškozením časnými mrazy a vyšší náchylnost k houbovým patogenům (ČERMÁK a kol., 2014).

Zvýšení obsahu CO₂ a související změny klimatu – antropogenní emise CO₂ a dalších skleníkových plynů a jejich důsledky. Oxid uhličitý je aktivátorem i substrátem fotosyntézy a má souběžný vliv na procesy fotorespirace, dýchání a na vodivost průduchů (URBAN et al. 2011). Odezvy dřevin na zvýšenou koncentraci CO₂ jsou závislé na druhu dřeviny, úrovni minerální výživy (zejména dostupnosti dusíku), na dostupnosti vody a světla, na délce expozice zvýšené koncentrace a na dalších působících stresorech. Růstová reakce se může pohybovat v amplitudě od žádného efektu na přírůst, přes zvýšený nárůst kořenů i letorostů až po změnu poměru nárůstu letorostů a kořenů ve prospěch jednoho nebo druhého, a to vždy v souladu s principem rovnováhy mezi potenciálem dřeviny asimilovat a potenciálem kořenového systému dřeviny dodávat živiny. Změny struktury a chování asimilačního aparátu, ke kterým vlivem nárůstu koncentrace CO₂ dochází, označujeme jako fotosyntetická aklimace. Primární reakcí je obvykle zvýšení rychlosti asimilace. Po určité době stimulační efekt zpravidla slábne, přitom u některých rostlin zůstává rychlost asimilace vyšší než původní, u jiných dochází k poklesu rychlosti pod původní hodnoty, tento jev je označován jako aklimační deprese fotosyntézy. Další reakcí rostliny na zvýšenou koncentraci oxidu uhličitého je přivírání průduchů a pokles průduchové vodivosti. Výsledkem je snížený výdej vody – snížení negativních účinků vodního stresu. Nejistý je vliv nárůstu oxidu uhličitého na životní cyklus dřevin. Existují studie dokládající jak dřívější rašení a vývoj pupenů, tak jejich zpoždování. CO₂ může ovlivnit také morfologii listů a jehlic, korun a kmene (ČERMÁK a kol., 2014).

Těžké kovy – v ovzduší i v půdě. Přirozeně mohou existovat zvýšené obsahy těžkých kovů na rudných matečných horninách nebo jako důsledek sopečné činnosti. Výraznější navýšení obsahu však souvisí s činností člověka. Zdrojem jsou automobilová a letecká doprava, spalování uhlí, metalurgické a chemické výroby, sklářské výroby, některé těžké kovy jako je kadmium se dostávají do půdy také v hnojivech (superfosfáty) či z nátěrových hmot. Ionty těžkých kovů jsou zpravidla lehce přijímány kořeny stromů, méně častý je příjem přes listy. Při příjmu kořeny vstupují kovy difuzí do apoplastu, kde jsou vázány v buněčných stěnách nebo vstupují do symplastu. Přejít plasmatické membrány je aktivní a využívá specifické přenašeče pro daný iont nebo iont podobného poloměru, přenašeče s nízkou specificitou nebo iontové kanály (MARSCHNER, 1995).

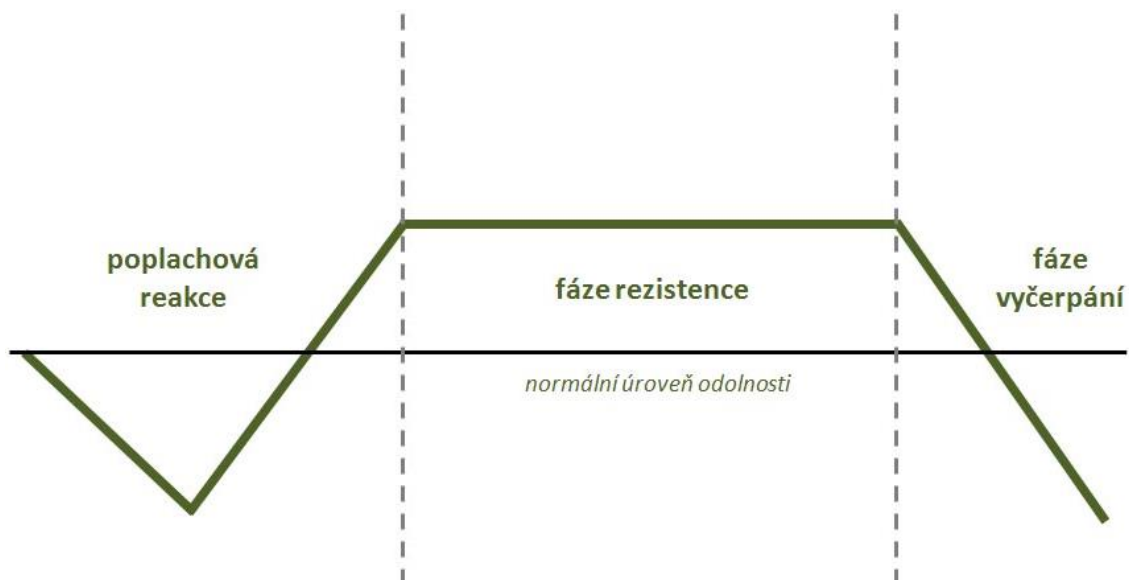
Přízemní ozon – vytváří se působením slunečního záření v přítomnosti oxidů dusíku, organických prchavých látek a při nízké relativní vlhkosti. Dřevinami je ozón přijímán výhradně průduchy. V buňkách indukuje tvorbu etylénu, polyamidů, flavonidů, tj. látek, které jsou součástí obranných mechanismů. Při překročení obranné kapacity dřeviny jsou narušeny transportní cesty a iontová homeostáza buněk. Snižuje se množství chlorofylu a znatelně klesá efektivita fotosyntézy, zejména v přímo osluněné části asimilačních orgánů (MIKKELSEN et al., 2000). Při dlouhodobém působení vyšších koncentrací ozonu dochází k poškození buněčných součástí. V buňkách bývají patrné strukturální změny charakteristické pro senescenci, jako je zvýšení hustoty cytoplazmy, ztmavnutí a zmenšení chloroplastů, zmenšení či absence škrobových zrn, redukce membrán tylakoidů. S postupujícím poškozením dochází k plazmolýze jednotlivých buněk a k celkovému narušení buněčných struktur. Epidermální buňky kolabují později, než buňky mezofylu. Při odumírání buněk svrchního mezofylu se poškození viditelně projevuje chlorózami a nekrotickými skvrnami na listech (ČERMÁK a kol., 2014).

Látky znečišťující ovzduší – látky do ovzduší vypouštěné či při haváriích samovolně utíkající jako jsou SO₂, NO_x, prachové částice, fluoridy, peroxyacetylnitráty (PAN), polyaromatické uhlovodíky, polychlorované bifenyly (PCB), chlorové fenoly a uhlovodíky; sekundárně kyselé mokré sirné či dusíkaté depozice atd. Působení těchto látek může být přímé – pronikají do vnitřního prostředí rostliny a vyvolávají akutní či chronické poškození nebo nepřímé – mění vlastnosti půdy (acidifikace půdy, vyplavování bazických živin), negativně ovlivňují příjem či dostupnost živin (zejména bazických kationtů Mg, K, Ca) a vody (ČERMÁK a kol., 2014).

5. Princip problematiky chřadnutí porostů

Synergické působení extrémních klimatických výkyvů, dlouhodobé přirozené acidifikace půdy a antropogenních vlivů, především imisní zátěže, má na téměř na celém území střední Evropy za následek postupné chřadnutí lesních porostů. Mechanismus poškozování lesních dřevin probíhá jak přímým působením polutantů na asimilační orgány a kořeny rostlin, tak i nepřímým působením, především vlivem kyselé depozice na komplex půdních vlastností. Proces poškozování se liší podle typu, intenzity a délky stresového působení a jeho interakce s půdními, klimatickými a dalšími biotickými faktory (CUDLÍN, ŠIFFEL, 1992).

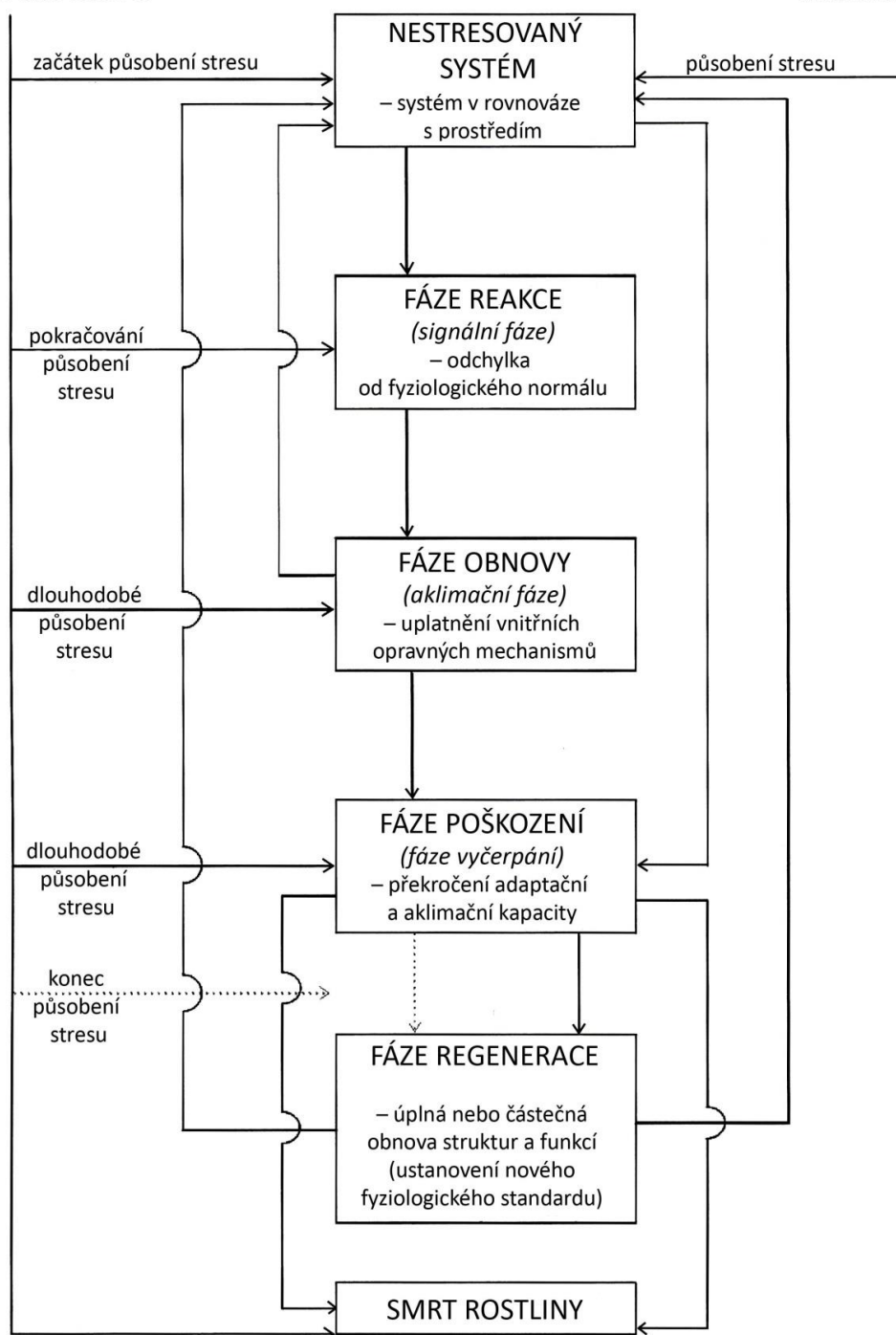
Stres lze definovat jako určitý stav, ve kterém nepříznivé vlivy vnějšího prostředí (stresové faktory neboli stresory) způsobují destabilizaci fyziologických funkcí rostliny. První fází stresové reakce je tzv. signální fáze, kdy rostlina začíná reagovat na první narušení buněčných struktur a jejich funkcí. Během následné aklimatizační fáze jsou v rámci fenotypové plasticity určitého genotypu indukovány do značné míry nespecifické restituční procesy (MCLAUGLIN a PERCY, 1999).



Obr. 2.: Tři fáze obecného adaptačního syndromu (SELYE, 1974)

Při poplachové reakci se objevuje pozorovatelná reakce organismu; pokud zátěž trvá, organismus se pokouší aktivovat prostředky na zvládnání stresu a ačkoliv se tlaku při-

způsobuje (a vykazuje tak vysokou odolnost) – fáze rezistence; jeho zdroje se však postupně vyčerpávají, ve fázi vyčerpání organismus není schopen udržovat své běžné funkce (SELYE, 1974).

CHRONICKÝ STRES**AKUTNÍ STRES**

Obr. 3.: Reakce rostliny na chronický a akutní stres (dle CUDLÍNA et al., 2002; CUDLÍNA, 2003 a LICHTENTHALERA, 1995, 1997)

Prvotní reakcí rostliny na chronický stres je pokles intenzity některých fyziologických funkcí a tím také snížení vitality rostliny – fáze reakce (signální či poplachová fáze). Rozkladné procesy převažují nad anabolickými, na rostlině jsou patrné zejména nespecifické příznaky snížené vitality, jako je defoliace či barevné změny v koruně.

Při chronickém stresu se postupně aktivují stres zvládající mechanismy jako je přizpůsobení toku metabolitů, aktivace opravných procesů a vznik dlouhodobých fyziologických a morfologických adaptací. Rostlina bude mít postupně ustanoven nový fyziologický standard, tj. úroveň fyziologických procesů, která je optimem při dané úrovni stresové zátěže, tento standard odpovídá maximální odolnosti – fáze obnovy (fáze restituce, aklimační fáze). Degradáční procesy jsou kompenzovány opravnými, například u smrku ztepilého je ztráta poškozených primárních výhonů kompenzována tvorbou sekundárních výhonů ze spících pupenů. V některých pramenech je tato fáze dělena na dvě – fázi restituční, v které se odehrává počáteční aktivace kompenzačních mechanismů a fázi rezistence, v které je dosaženo zvýšení odolnosti rostliny nad původní úroveň. Pokud stres dále pokračuje (s intenzitou, která vede k překročení adaptačního potenciálu), rostlina se posouvá do fáze poškození (vyčerpání). V této fázi je pozorováno znovu náhlé progresivní zhoršování zdravotního stavu, objevují se vážná nevratná poškození, která nakonec končí smrtí rostliny. Pokud dojde k ústupu stresové zátěže před vyčerpáním adaptačního potenciálu rostliny, rostliny regenerují – fáze regenerace. Je ustanoven nový fyziologický standard, jehož úroveň je dána mírou vyčerpání rostliny, jejími regeneračními schopnostmi, charakterem a rozsahem stresem vyvolaných poškození a vnějšími podmínkami pro regeneraci – především klimatickými podmínkami, ale také stanovištními či porostními (vnitrodruhová i mezidruhová konkurence) (CUDLÍN, 2002; CUDLÍN, 2003 a LICHTENTHALER, 1995, 1997).

Poškození asimilačních orgánů dřevin mají za následek snížení schopnosti rostliny k vlastní reprodukci. Rostlina oslabená chronickým, ač slabým působením stresových faktorů, není již po větší době schopna udržet rovnováhu mezi produkčními a degradačními procesy a zajistit tak obnovu všech svých orgánů a musí, tak přistoupit k jejich redukci. Přednost je přitom dáována mladším orgánům, a proto dochází u jehličnanů k předčasné ztrátě starších ročníků jehlic (CUDLÍN, ŠIFFEL, 1992).

Velmi často je poškození orgánů a jejich fyziologických funkcí následně kompenzováno regeneračními procesy, vedoucími ke vzniku náhradních orgánů (regenerační fáze). Při dlouhodobém chronickém působení stresových faktorů dochází často po mnohokrát opakované tvorbě náhradních orgánů k fázi vyčerpání, která končí odumřením rostliny (CUDLÍN, TRÍSKA, 1997).

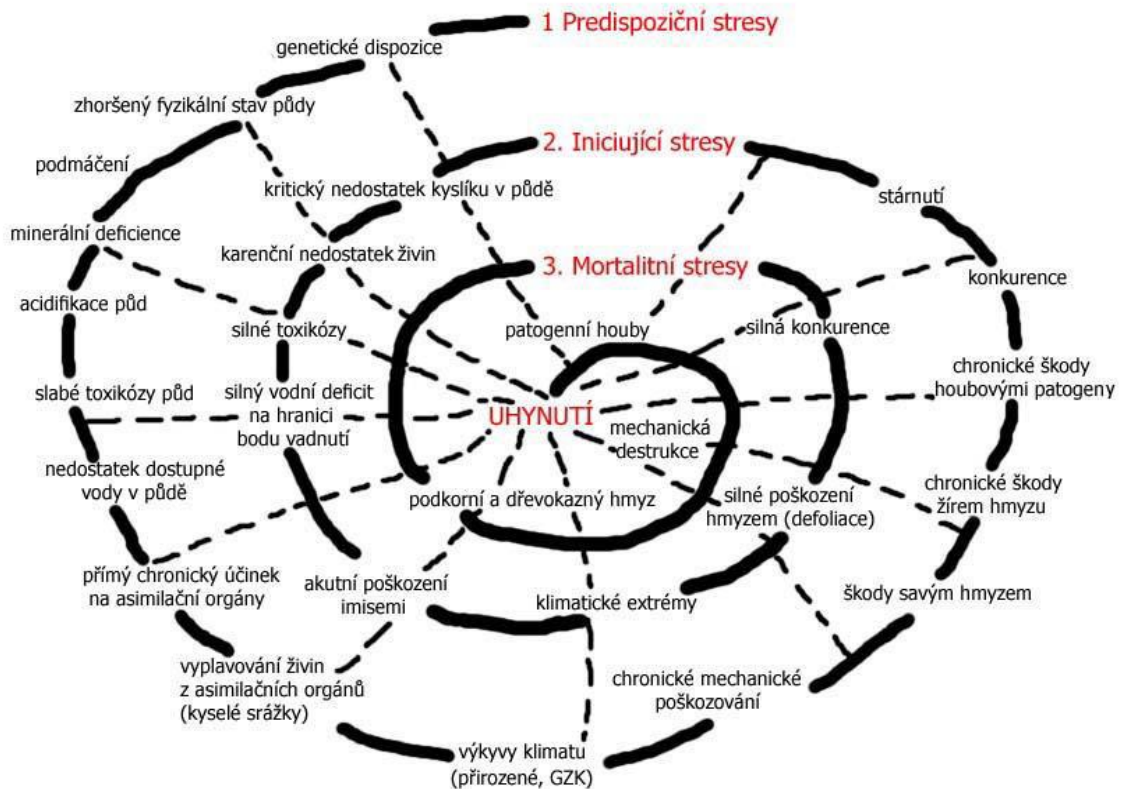
Vliv jednotlivých složek dlouhodobé acidifikace prostředí na lesní dřeviny lze stanovit jen velmi obtížně. Všechny stresové faktory působí totiž na rostliny současně mohou mít synergické, i protikladné účinky. Ve formách chronického působení, se většina stresových faktorů, jako jsou nepříznivé klimatické podmínky a znečištění ovzduší s důrazem na kyselou depozici, může podílet na chřadnutí lesních ekosystémů jako predispoziční i iniciační (spouštěcí) faktory, při akutním působení i jako mortalitní stresové faktory (MANION 1981, MRKVA 1993).

MANION (1981, 1991 *in* ČERMÁK a kol., 2014) pro odlišení jednotlivých faktorů v procesu chřadnutí použil kategorie definované SINCLAIREM (1965, 1967 *in* ČERMÁK a kol., 2014), postavení těchto kategorií pak velmi efektně znázornil spirálním modelem, pro který se vžila označení Spirála chřadnutí či Manionova spirála. SINCLAIR (1967 *in* ČERMÁK a kol., 2014) definoval tyto tři kategorie faktorů:

- 1) **predispoziční faktory**, které oslabují stromy a redukují jejich schopnost tolerance a adaptace;
- 2) **iniciující faktory (spouštěcí, podněcující, startující, iniciační)**, které spouští chřadnutí;
- 3) **přispívající faktory** („contributing“), které zesilují tlak a vedou k poškození dřeviny, velmi často mají mortalitní charakter, navazujícími autory jsou tak často označovány jako **mortalitní faktory**.

V pozdější verzi své teorie SINCLAIR a HUDLER (1988 *in* ČERMAK a kol., 2014) jmenují čtyři faktory ovlivňující kauzalitu chřadnutí, které chápou jako variaci na výše uvedené tři kategorie mechanismů příčinných souvislostí:

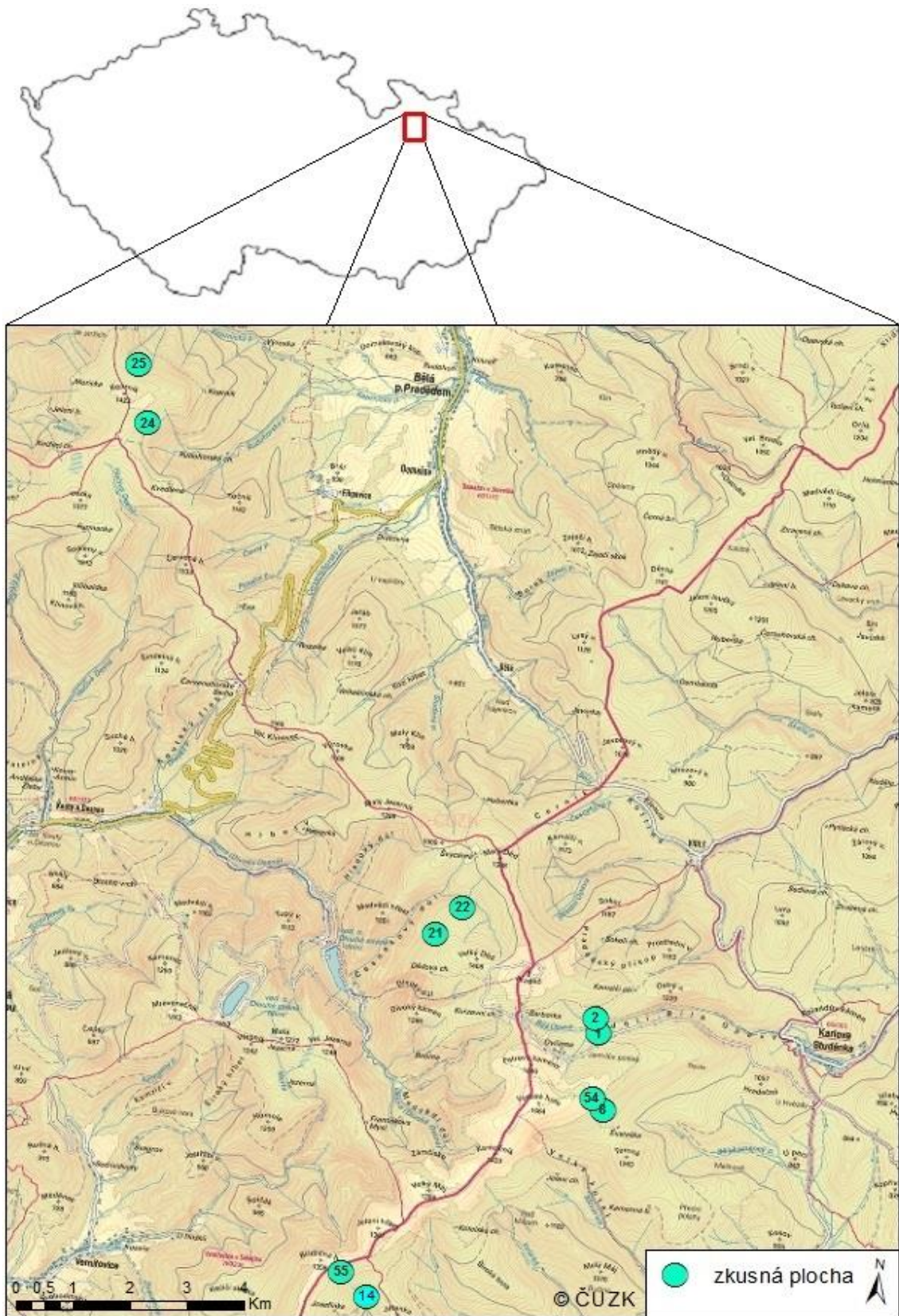
- 1) celoroční či souvislé působení jednoho faktoru;
- 2) drastické poškození + sekundární stres;
- 3) zaměnitelné predispoziční a přispívající faktory;
- 4) synchronní stárnutí skupiny.



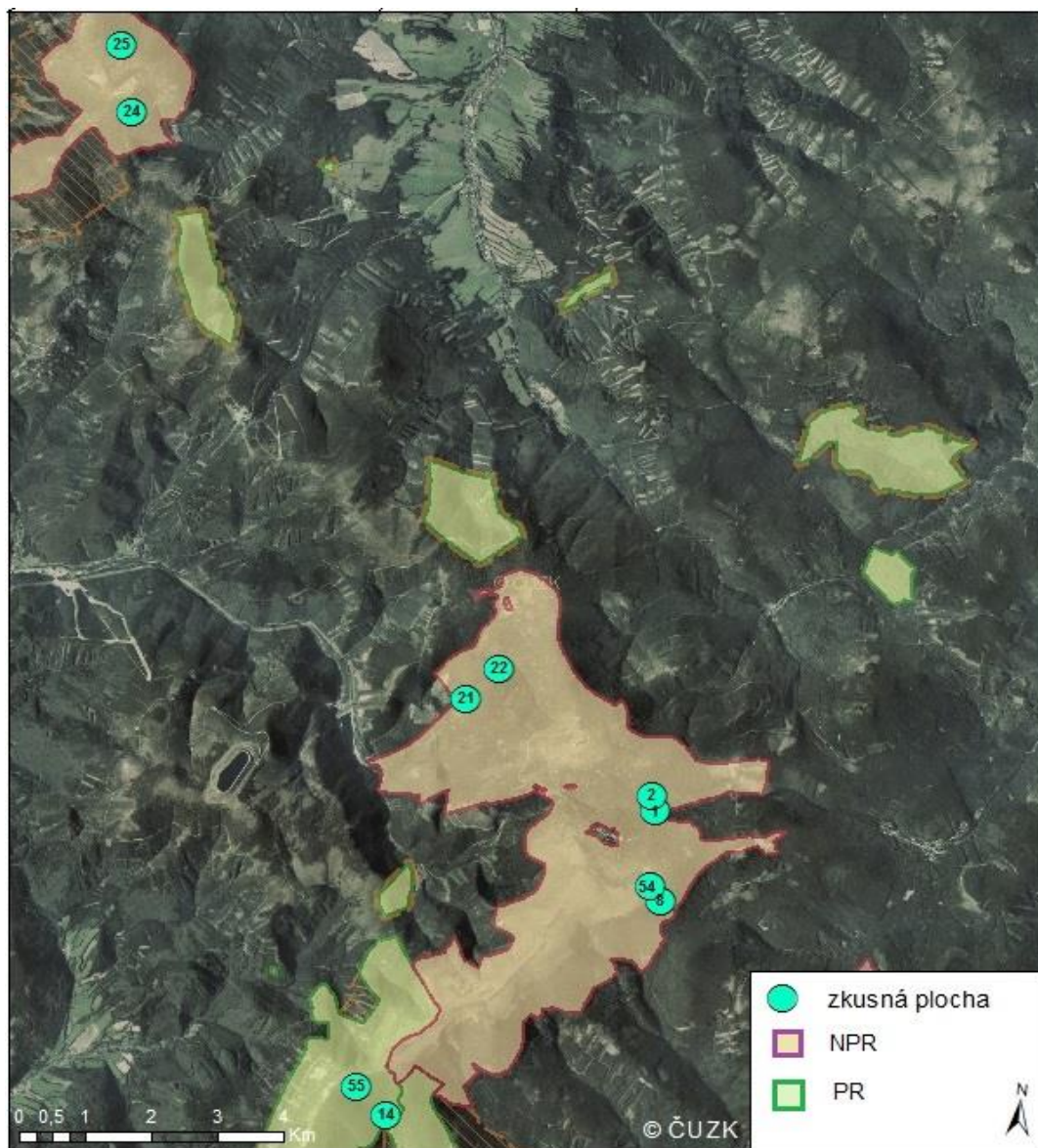
Obr. 4.: Upravená Manionova spirála (MRKVA, ČERMÁK, 2004).

Každému závitů Manionovy spirály je přiřazena řada stresorů dokládajících jejich zaměnitelnost při stresovém působení. Různé predispoziční faktory vedou ke stejným reakcím dřeviny, k následnému uplatnění iniciujícího faktoru(ů) a přispívajícího faktoru(ů) a v konečném důsledku k uhynutí dřeviny. Konkrétní faktor může sehrát roli v různých epizodách chřadnutí a to jak na stejné úrovni (ve stejné kategorii), tak v jiné. Například sucho může být predispozičním faktorem (např. pro uplatnění svého hmyzu), i faktorem mortalitním (u předtím již silně oslabených – stresových jedinců). Model je obecným schématem pro rozvíjení sérií různých stresových scénářů. Manionův spirální model, respektive výčet stresorů v něm, mohou být upraveny pro místní podmínky, jak tomu je například v modelu pro Českou republiku (ČERMÁK a kol., 2014).

6. Základní charakteristika zájmového území



Obr. 5.: Přehledová mapa



Obr. 6.: Mapa s vylíšenými hranicemi NPR a PR

Tab. 1.: Souřadnice zkusných ploch

č. plochy	lokalizace	nadm. v.	souřadnice N	souřadnice E
J01	Bílá Opava	1215	50°04'31,5"	17°15'02,5"
J02	Bílá Opava	1227	50°04'38,5"	17°14'58,0"
J08	Eustaška	1214	50°03,841'	17°15,461'
J14	Břidličná	1183	50°01'45,41"	17°11'57,3"
J21	Velký děd	1361	50°05'13,6"	17°12'46,2"
J22	Malý děd	1244	50°05'33,2"	17°13'10,4"
J24	Keprník	1174	50°09,897'	17°07,608'
J25	Keprník	1166	50°10,692'	17°07,291'
J54	Eustaška	1261	50°03,862'	17°15,274'
J55	Břidličná	1228	50°01'53,7"	17°11'53,4"

Zájmové území se nachází v severovýchodní části České republiky v pohoří Hrubého Jeseníku. Jeseníky jsou vyhlášené za chráněnou krajinnou oblast. Naše výzkumné plochy se nachází v rozmezí 1166–1361 m n. m. (viz tab. 1). Šest zkusných ploch je v NPR Praděd, dvě v NPR Šerák-Keprník a dvě v PR Břidličná (viz obr. 5 a 6).

Dle geomorfologického členění patří území do provincie Česká vysočina, její subprovincie krkonošsko-jesenické soustavy, oblasti Jesenické podsoustavy, celku Hrubý Jeseník s podcelky Keprnická hornatina a Pradědská hornatina (DEMEK a MAC-KOVČIN, 2006).

Centrální část Hrubého Jeseníku je rozdělena na keprnickou a desenskou klenbu. Jádro keprnické klenby tvoří staré sedimentární horniny, které jsou přeměněny v pararuly, kvarcity, erlány a migmatity. Uvnitř klenby vystupuje těleso keprnické ortoruly, dále se střídají pararuly a svory. Podobnou skladbu jako keprnická klenba má i klenba desenská ve východní části Hrubého Jeseníku. V jejím jádru však jsou převládajícími horninami migmatity a pararuly (ŠAFÁŘ, 2003).

Půdní poměry oblasti jsou pestré. V horských polohách se vyskytují horské podzoly, které vznikají na kyselých horninách v humidním klimatu. Kambizemní podzoly jsou v této oblasti hlavním typem půd. Jsou to mělké až středně hluboké půdy s mocnou vrstvou humusu, silně kyselé. Převažující humusovou formou je mor. V nejvyšších polohách (přibližně nad 1050 m n. m.) převládají humuso-železité podzoly, místy zamokřelé a zrašelinělé. Na kamenitých a skalnatých lokalitách jsou zastoupeny rankery, kambizemě a kryptopodzoly rankerové, na strmých srázích se skalními výchozy půdy nevyvinuté – litozemě (Velká kotlina, holorovina na Břidličné). Na vlhkých stanovištích a podél potoků ve sníženinách nalézáme kambizemě a kryptopodzoly pseudoglejové, pseudoglejje až gleje. Na rašelinistích je zastoupena organozem. Zcela zvláštními půdními útvary jsou polygonální půdy, které vznikly v chladných periodách čtvrtohor na Vysoké holi a na Máji. Na Keprníku jsou vyvinuty thufury. Na Břidličné hoře nalézáme kamenné polygony a brázděné půdy s vypuklým nebo vkleslým kamenným pruhem (ŠAFÁŘ, 2003).

Pohoří Hrubého Jeseníku leží na rozhraní dvou klimatických oblastí. Západní hranice kontinentálního klimatu se zde setkává s doznívajícími vlivy klimatu oceánického. Vyznačuje se vysokou relativní vlhkostí a převládajícím západním větrným prouděním, které přináší značné množství srážek. Horská část CHKO Jeseníky je řazena k chladné

oblasti. Podle QUITTA (1971) je vyšší horská část nad 900 m v oblasti CH 6 a hřbety nad 1200 m jsou v CH 4, která je v České republice nejchladnější (ŠAFÁŘ, 2003).

Klimatické poměry jsou charakterizovány především klimatickými oblastmi. Území zaujímají dle mapy klimatických oblastí oblasti chladné – CH4 a CH6.

CH6 charakterizuje velmi krátké, až krátké léto, mírně chladné, vlhké až velmi vlhké, přechodné období dlouhé s chladným jarem a mírně chladným podzimem, zima je velmi dlouhá, mírně chladná, vlhká s dlouhým trváním sněhové pokrývky.

CH4 je charakterizována velmi krátkým létem, chladným a vlhkým, velmi dlouhým přechodným obdobím s chladným jarem a mírně chladným podzimem, zima velmi dlouhá, velmi chladná, vlhká s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky.

Tab. 2.: Charakteristika klimatických poměrů (ŠAFÁŘ, 2003).

	CH4	CH6
Počet letních dnů	0–20	10–30
Počet dnů s prům. tepl. 10 °C +	80–120	120–140
Počet mrazových dnů	160–180	140–160
Počet ledových dnů	60–70	60–70
Průměrná teplota v lednu	-6 až -7	-4 až -5
Průměrná teplota v červenci	12–14	14–15
Průměrná teplota v dubnu	2–4	2–4
Průměrná teplota v říjnu	4–5	5–6
Prům. poč. dnů se srážk. 1 mm+	120–140	140–160
Srážkový úhrn ve veget. období	600–700	600–700
Srážkový úhrn v zimním období	400–500	400–500
Počet dnů se sněhov.pokrývkou	140–160	120–140
Počet dnů zamračených	130–150	150–160
Počet dnů jasných	30–40	40–50

Dle BOHÁČOVÉ a kol., (2010) zde dominují přirozené horské klimaxové smrčiny s vtroušeným jeřábem ptačím. V bylinném patře s vysokou pokryvností převažují charakteristické horské druhy klimaxových smrčín s převahou acidofilních druhů. Dominantou je metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*). Keřové patro chybí, mechové je poměrně dobře vyvinuto s dominancí ploníku ztenčeného (*Polytrichum formosum*). Dále

v zájmovém území nalezneme vegetaci souvislých smrčín hlavních horských hřbetů – *Eu-Vaccinio-Piceion*, v oblasti Švýcarsky podmáčené smrčiny – souhrnně: *Bazzanio-Piceetum*, *Soldanello-Piceetum*, *Sphagno-Piceetum*, třitnová smrčina *Calamagrostio-villosae-Piceetum*, podmáčená rohozcová smrčina *Mastigobryo-Piceetum*, montánní až supramontánní kapradinové smrčiny *Athyrio alpestris-Piceion*: papratková smrčina *Athyrio alpestris-Piceetum* (Buček a kol., 2003).

Na zkusných plochách se převážně vyskytoval lesní typ 8Z2 (*jeřábová smrčina borůvková*), dále se často vyskytoval lesní typ 8S2 (*svěží smrčina s bikou*) a nejméně zastoupený lesní typ byl 8K2 (*kyselá smrčina borůvková*) (Buček a kol., 2003).

7. Metodika práce

7.1. Metodika zakládání zkusných ploch

Bylo vybráno 10 zkusných ploch (viz tab. 1), kde byly vyloučeny okraje porostů, okolí cest, rokle apod. Do každého segmentu byl náhodně umístěn bod (náhodným vygenerováním souřadnic). Každý bod následně představoval střed kruhové plochy. Tyto středové body byly označeny železnými trubkami. Základní velikost každé kruhové plochy byla 1000 m² (poloměr 17,84 m). Na této ploše byly geodeticky zaměřeny (technologíí FiledMap®) všechny stojící živé a mrtvé stromy nad 10 cm výčetní tloušťky a ležící mrtvé dřevo s průměrem nad 10 cm na tlustším konci a délkou větší než 1,5 m (ČADA, 2012). U každého živého stromu staršího 60 let se následně hodnotily indikátory vitality (defoliace, barevné změny jehličí, přírůst) a věk.

7.2. Metodika odebírání a zpracování vývrťů

Vývrty pro analýzu přírůstu a věku byly odebírány přírůstovým nebozezem ve výšce ca 0,5 metru nad terénem, přednostně mimo kořenové náběhy, kolmo na spádnici a ze strany s větší korunou. Byla snaha získat vývrt co nejbližší středu. Díry po vývrtech byly zamazávány štěpařským voskem. Po vyvrtání byly vývrty umístěny do plastových brček.

V laboratoři byly vývrty vyjmuty z brček, vysušeny, nalepeny do dřevěných prken s drážkami a seříznuty žiletkou. Na každém vývrtu byly měřeny šířky letokruhů pomocí posuvného stolku Lintab připojeného k počítači s programem TsapWin (RINNTECH, www.rinntech.de) s přesností na 0,01 mm. Lokalizace hranic letokruhů byla odhadová-

na za pomoci mikroskopu Olympus se záměrným křížem. Výsledkem byly časové řady přírůstů jednotlivých stromů a počet letokruhů na vývrtnu. U takto získaných přírůstových sérií a věků vzniká nebezpečí chyby v souvislosti s možností výskytu chybějících nebo nepravých (dvojitých) letokruhů. Proto byly tyto letokruhové série sledovány tzv. křížovým datováním. Pro křížové datování byl použit program Past4. Výstupem křížového datování byl faktický věk stromu ve výšce 0,5 m a tloušťkový přírůst dřeviny v jednotlivých letech. Pokud nebyl trefen střed, byl dopočítáván počet zbývajících let. Přibližná vzdálenost do středu byla získána odhadem podle zakřivení letokruhů nejbližších ke středu. Na vývrty byl přikládán průhledný papír s natištěnými sousedními kruhy, jejichž poloměr byl znám. Získaná vzdálenost byla vydělena průměrnou šířkou prvních pěti letokruhů. Výsledný počet let (po úpravách popsanych výše) odpovídá minimálnímu věku stromu. Minimálnímu proto, že skutečný věk je vyšší z důvodu vrtání nad místem vyklíčení. Proto tento věk není skutečný věk, ale doba, ve které strom dorostl do výšky 0,5 metru nad terénem. Velká část stromů rostla v počátku velmi rychle, proto je oprávněné se domnívat, že podhodnocení věku pravděpodobně nebude překračovat 10–20 let. (ČADA, 2012).

7.3. Metodika habituální diagnostiky

Při pochůzce po zkusné ploše se kontroloval habituální stav smrků, barevné změny jehličí a případné vrcholové poškození stromů. Zjištěné hodnoty se zaznamenávali do terénního zápisníku. Postupným zápisem a hodnocením všech určených veličin vznikla evidenční karta předmětné zkusné plochy (viz příloha). Na zkusných plochách byly hodnoceny základní charakteristiky podle ICP–Forests. Koruny byly rozděleny vizuálně na tři části: horní – juvenilní část, střední – produkční část a spodní – saturační část. U horní části koruny byl hodnocen typ vrcholu. U produkční části byla hodnocena především celková defoliace, defoliace primární struktury, procento sekundárních výhonů, podle nichž byly při vyhodnocení stromy následně zařazeny dle metodiky do pěti stupňů transformace koruny.

Transformace koruny je proces, při kterém dochází k postupnému nahrazování primárních výhonů a to výhony sekundárními. Ty se tvoří zvláště intenzivně při narušení rovnováhy mezi celkovým množstvím asimilačních orgánů a vnějšími (přísun fotosyntetického záření) nebo vnitřními (příjem vody a živin) podmínkami pro fotosyntetickou asimilaci. V průběhu růstu smrku dochází ke tvorbě třech typů výhonů, které se liší do-

bou mezi založením pupenu a vyrašením výhonu. Proleptické výhony (v některých případech nazývané též syleptické) vznikají z pupenu založeného v tomtéž vegetačním období, pravidelné (primární) výhony se tvoří z přezimujícího pupenu, založeného v minulé vegetační sezóně a náhradní (sekundární) výhony vyrážejí na dva a více let starém dřevě. Transformace struktury koruny je proces, při kterém dochází k postupnému nahrazování primárních výhonů sekundárními výhony. Metodika hodnocení transformace koruny umožňuje u stejně defoliovovaných stromů podle intenzity regeneračních procesů v koruně hodnotit jejich aktuální vitalitu a určit jejich stresovou reakci. Jsou tedy rozlišovány stromy „resistentní“ a „rezilientní“. Jako „resistentní“ je dle ODUMA et al. (1979) a MÍČHALA (1992) chápán organismus, který má schopnost bránit se změně během působení stresoru(ů); organismus, u kterého vznikne poškození, ale je schopen na něj rychle reagovat a po skončeném působení se vracet k „normálu“, je označován jako „rezilientní“. (CUDLÍN et al., 2001).

U stromu byl sledován výskyt žloutnutí a reznutí, které se hodnotilo s krokem 5 % (viz metodika hodnocení stromů). Dále byl hodnocen celkový zdravotní stav, a to na základě vizuálních projevů určitých abiotických a biotických činitelů, a to jak během zkoumaného období, tak i vliv z minulých období vývoje porostu. Popis všech hodnocených znaků a jejich označení je v zápisníku z jednotlivých porostů (viz příloha).

7.4. Metodika hodnocení stromů

Tab. 3.: Typ vrcholu

Typ vrcholu	popis
1 – normální	poslední vertikální přírůst obdobný jako přírůsty v posledních letech
2 – zkrácený	poslední terminální přírůst kratší
3 – suchý	poslední terminální letorost suchý
4 – ohnutý	poslední terminální letorost ohnutý
5 – zlomený	poslední terminální letorost zlomený

Tab. 4.: Stupeň transformace

Stupeň transformace	popis
0 – koruna netransformovaná až velmi slabě transformovaná	procento sekundárních výhonů <20 %; u větví II. řádu menší odkmenové nebo mozaikovitě poškození
1 – koruna mírně transformovaná	procento sekundárních výhonů 20–50 %; zřetelně patrné odkmenové nebo mozaikovitě poškození
2 – koruna středně transformovaná	procento sekundárních výhonů 51–80 %; začínající periferní poškození, často podvrcholové poškození, většinou v kombinaci s odkmenovým nebo mozaikovitým
3 – koruna silně transformovaná	procento sekundárních výhonů 81–99 %; převládající periferní poškození, někdy vrcholové poškození, často v kombinaci s výše zmíněnými typy poškození
4 – koruna úplně transformovaná	procento sekundárních výhonů 100 %; periferní poškození u všech větví produkční části koruny, často v kombinaci s výše zmíněnými typy poškození

Celková defoliace

Procento chybějícího olistění z celkového objemu koruny. Krok hodnotící stupnice 5%.

Defoliace primární struktury

Procentuální vyjádření ztráty olistění primární struktury v produkční části koruny. Krok hodnotící stupnice 5%.

Žloutnutí

Barevné změny v koruně projevující se žlutým zbarvením, udává se v procentech z celkového objemu asimilačního aparátu.

0 – žádné barevné změny

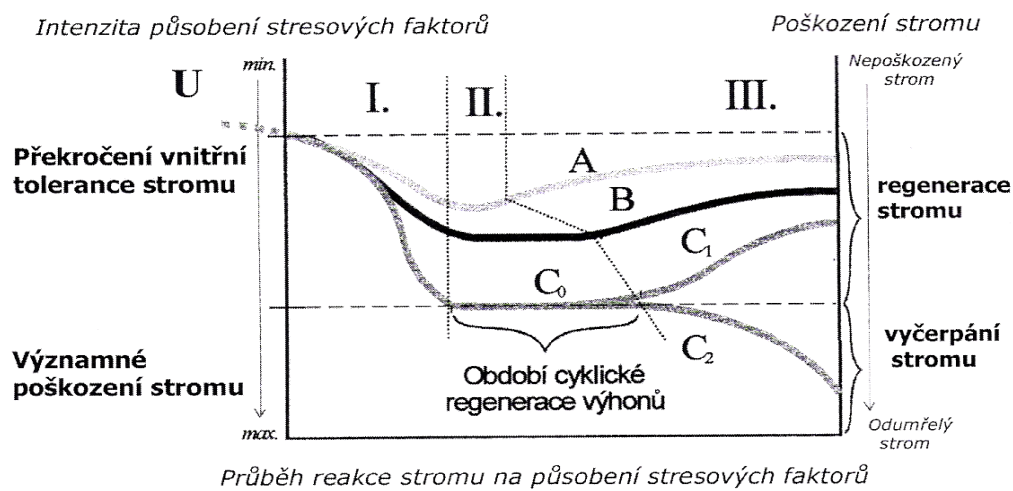
dále po 5 %, tj. 5 % = 5, 10 % = 10 atd.

Hnědnutí – reznutí

Barevné změny v koruně projevující se světle hnědým, hnědým, červeným až rezavým zbarvením zbarvením, udává se v procentech z celkového objemu asimilačního aparátu

0 – žádné barevné změny

dále po 5 %, tj. 5 % = 5, 10 % = 10 atd.



Legenda:

- A - Reakce stromů na krátkodobé stresového působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu; poškozené asimilační orgány byly brzy téměř zcela nahrazeny regeneračními procesy.
- B - Reakce stromů na déle trvající stresové působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu; poškozené asimilační orgány byly postupně do značné míry nahrazeny regeneračními procesy po kratším či delším období cyklické regenerace výhonů.
- C - Reakce stromů na chronické stresové působení, které způsobilo významné poškození stromu; delší dobu trvající období cyklické regenerace výhonů může skončit úplným vyčerpáním a odumřením stromu, anebo postupnou regenerací asimilačních orgánů.
- I. Období reakce stromů na stresové působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu, kdy procesy poškození převažují dočasně nad regeneračními.
- II. Období cyklické regenerace výhonů – období, kdy procesy poškození jsou v rovnováze s regeneračními.
- III. Období, kdy převažují buďto regenerační procesy, anebo dochází k úplnému vyčerpání a odumření stromu.

Obr. 7.: Stresové schéma – průběh reakcí stromu dle různých scénářů (CUDLÍN et al., 2001)

Na základě indikátorů fází reakce stromů na komplexní působení stresových faktorů (CUDLÍN et al., 2003) je možno zjistit, zda již došlo k překročení vnitřní tolerance stromů, k významnému poškození asimilačního aparátu, jak dlouho přibližně probíhá průběžná regenerace poškozovaných výhonů a zda převažují stromy s převládajícím

vývojovým trendem degradačních či regeneračních procesů. Následným krokem je umístění hodnocených stromů do stresového schématu (obr. 7), což umožňuje dělat si názornou představu o dosavadní reakci porostu na komplexní působení stresových faktorů v uplynulém období. Rozeznávají se tři typy průběhu reakce stromu na stresové působení uvedené v obr. 7 (CUDLÍN et al., 2001).

Typ A – došlo k překročení vnitřní tolerance stromu, během krátkého regeneračního období nahrazen poškozený asimilační aparát.

Typ B – opět dochází ke zvýšenému působení stresových faktorů, po kratším či delším období cyklické regenerace výhonů je poškozený asimilační aparát téměř nahrazen, degradační a regenerační procesy jsou v rovnováze.

Typ C – objevuje se významné poškození stromu (úplná ztráta primární struktury v produkční části koruny), po dlouhém období cyklické regenerace výhonů (C0) následuje regenerace (C1) nebo vyčerpání (C2).

V rámci průběhu reakce smrku ztepilého na synergické působení stresových faktorů (tab. 4) se rozlišuje šest fází:

0 – nestresovaný strom: fáze při ideálních růstových podmínkách, velmi nízká úroveň působících stresorů abiotického či biotického původu;

1 – nepozorovatelné poškození: reakce stromu na běžné úrovni, snížení obsahu chlorofylu a i b, dochází ke strukturálním a chemickým změnám ligninu, celulózy a dalších molekul, v jehlicích roste obsah polárních látek a snižuje se signifikace, tuto fázi nelze vizuálně detekovat;

2 – poškození primární struktury: tato fáze začíná při překročení vnitřní tolerance stromu, degradační procesy dočasně převažují nad procesy regeneračními, dochází ke ztrátě primární struktury a snížení obsahu chlorofylu, které se projevují žloutnutím a reznutím jehlic, zvyšuje se defoliace primární struktury;

3 – období cyklické regenerace výhonů: degradační procesy se nacházejí rovnováze s procesy regenerujícími, tvorba sekundárních výhonů kompenzuje poškození či ztrátu primární struktury;

4 – regenerace stromu: lze označit jako období zotavení, následně po významném poškození stromu nastupuje regenerace, regenerační procesy převládají nad degradačními, koruna je obnovena sekundárními výhony;

5 – vyčerpání stromu: dochází k překročení úrovně významného poškození, degradační procesy převládají nad regeneračními, barevné změny jehlic a zvýšen defoliace pozorovatelné na primární i sekundární struktuře, strom je postupně vyčerpáván neustálou náhradou nefoliovaných výhonů výhony sekundárními a nakonec hyne (CUDLÍN et al., 2001).

Hraniční hodnoty celkové defoliace, defoliace primární struktury a procenta zastoupení sekundárních výhonů, podle kterých byly jednotlivé stromy zařazeny do stresových fází, jsou uvedeny v tabulce 5.

Hodnocené stromy lze také zařadit do jedné ze čtyř kategorií stresové reakce: strom rezistentní, rezilientní, poškozený strom málo transformovaný a poškozený strom silně transformovaný (CUDLÍN et al., 2003). Hodnoty těchto indikátorů odvozených z hlavních charakteristik koruny jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 5.: Indikátory kritických fází reakce smrku ztepilého na komplexní působení stresových faktorů na úrovni stromu (CUDLÍN et al., 2003).

Průběh reakce na synergické působení stresových faktorů	Indikátory na úrovni stromu				Stresové fáze
	Celková defoliace	Defoliace primární struktury	Procento sekundárních výhonů	Doplňující charakteristika	
Překročení stresové tolerance	-	> 50%	-		A, B, C
Významné poškození asimilačního aparátu	-	> 80%	-	Ušchlé terminály většiny větví prvního řádu v produkční části koruny	C
Období překročení vnitřní tolerance stromu (převažují defoliační procesy)	-	< 50%	-	Nepřekročena stresová tolerance stromu	U
	-	≥ 50% ^a ≤ 65%	≤ 40%	Překročena stresová tolerance stromu	A I
	-	> 65% ^a < 80%	≤ 50%	Překročena stresová tolerance stromu	B I
	-	≥ 80%	≤ 60%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C I
Období cyklické regenerace výhonů (kontinuální nahrazování defoliováných primárních výhonů sekundárními)	- ≥ 40%	≤ 65% ≤ 65%	> 40% > 50%	Překročena stresová tolerance stromu	A II
	- ≥ 40%	> 65% ^a < 80% > 65% ^a < 80%	> 50% > 65%	Překročena stresová tolerance stromu	B II
	- ≥ 40%	≥ 80% ≥ 80%	> 60% ≥ 80%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C II
Regenerace (převládnutí regeneračních procesů nad degračními)	≤ 35%	≤ 65%	> 50%	Překročena stresová tolerance stromu	A III
	≤ 35%	> 65% ^a < 80%	> 65%	Překročena stresová tolerance stromu	B III
	≤ 35%	≥ 80%	≥ 80%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C III ₊
Vyčerpání (ztráta schopnosti nahrazovat defoliované výhony)	≥ 40%	100%	≥ 95%	Strom s nulovým adaptačním potenciálem	C III

Tab. 6.: Kategorie stresové reakce smrku ztepilého podle hlavních charakteristik koruny (celkové defoliace a procenta sekundárních výhonů).

Kategorie Stresové reakce	Celková defoliace [%]	Procento sekundárních výhonů [%]
Rezistentní strom	≤ 35% - slabě poškozený strom	≤ 50% - slabě transformovaný strom
Rezilientní strom	≤ 35% - slabě poškozený strom	> 50% - silně transformovaný strom
Poškozený strom málo transformovaný	>35% - středně až silně poškozený strom	≤ 50% - slabě transformovaný strom
Poškozený strom silně transformovaný	>35% - středně až silně poškozený strom	> 50% - silně transformovaný strom

7.4.1. Základní postup vyhodnocení charakteristik zdravotního stavu porostů

Defoliace primární struktury (DPS) byla vypočítána pomocí této vzorové úvahy: Nejdříve je třeba zjistit celkovou defoliaci (30 %) a procento sekundárních výhonů (60 %). Je – li tedy defoliace 30 %, znamená to, že v koruně zbývá 70 % jehličí. Je – li v těchto 70 % 60 % sekundárních výhonů, znamená to, že z původního ojechličení zbylo pouze 70 % krát 40 % (40% je doplněk 60 % do 100 %) tj. 28 % ($0,7 * 0,4 = 0,28 * 100 = 28$ %). DPS je tedy doplněk 28 % do 100 % a to je 72 %. DPS = 72 %. Výsledek se ještě zaokrouhlí na nejbližší násobek 5, což je v našem případě 70 % a to je vypočítaná defoliace primární struktury.

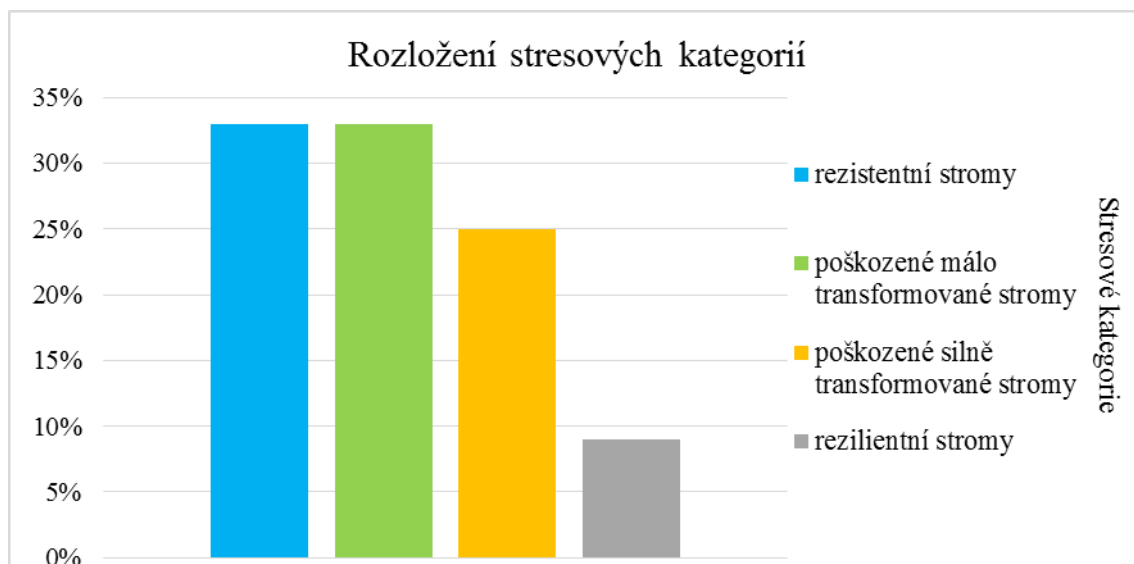
8. Výsledky

Na 10 zkusných plochách umístěných v CHKO Jeseníky bylo provedeno hodnocení zdravotního stavu smrku ztepilého. Celkově bylo zhodnoceno 194 jedinců smrků, u nichž se sledovaly charakteristiky dané upravenou metodikou ICP–Forests. Průměrné zjištěné hodnoty jednotlivých zkusných ploch pro uvedené charakteristiky vystihuje tabulka 7.

Tab. 7.: Základní průměrné charakteristiky korun smrku na vybraných zkusných plochách v CHKO Jeseníky.

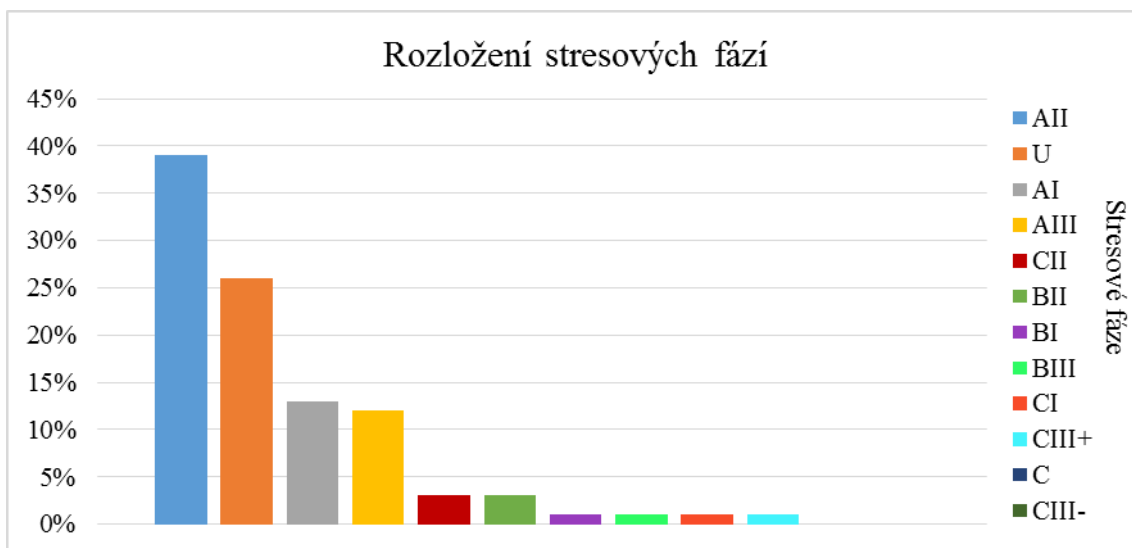
zkusná plocha	celková defoliace		defoliace primární struktury		množství sekundárních výhonů		stupeň transformace koruny	
	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka
J01	40,42	7,22	49,17	15,20	52,92	11,17	1,50	0,52
J02	39,03	7,00	49,68	14,08	46,13	9,98	1,29	0,46
J08	35,36	7,46	46,79	12,65	39,29	13,28	1,14	0,36
J14	43,44	9,78	56,56	13,13	60,31	17,27	1,75	0,58
J21	42,89	7,69	46,84	12,27	53,95	11,37	1,47	0,51
J22	43,75	6,95	39,06	7,58	55,83	7,96	1,13	0,34
J24	39,24	7,51	47,58	14,85	51,21	10,61	1,36	0,55
J25	33,75	4,33	48,33	10,94	51,80	6,69	1,92	0,29
J54	41,80	9,99	51,00	12,25	50,40	14,21	1,28	0,46
J55	37,81	8,36	54,38	12,50	49,38	12,50	1,44	0,51
Průměr	39,75	/	48,94	/	51,12	/	1,43	/

Celková průměrná defoliace byla 39,75 %, nejvyšší defoliace byla na zkusné ploše J22 a dosáhla hodnoty 43,75 %. Naopak nejnižší defoliace byla zaznamenána na zkusné ploše J25 s hodnotou 33,75 %. Průměrná defoliace primární struktury byla 48,94 %, nejvyšší naměřená hodnota byla na ploše J14 a to 56,56 %. Nejnižší defoliace primární struktury byla na zkusné ploše J22 (39,06 %). Průměrné množství sekundárních výhonů činilo 51,12 %, nejvyšší hodnota byla naměřena na ploše J14 (60,31 %) a nejnižší na ploše J02 (46,13 %). Průměrný stupeň transformace koruny činí 1,43, nejvyšší naměřená hodnota byla na ploše J25 (1,92) a nejnižší hodnota na ploše J22 s průměrným stupněm 1,13.



Graf 1.: Procentuální rozložení stresových kategorií

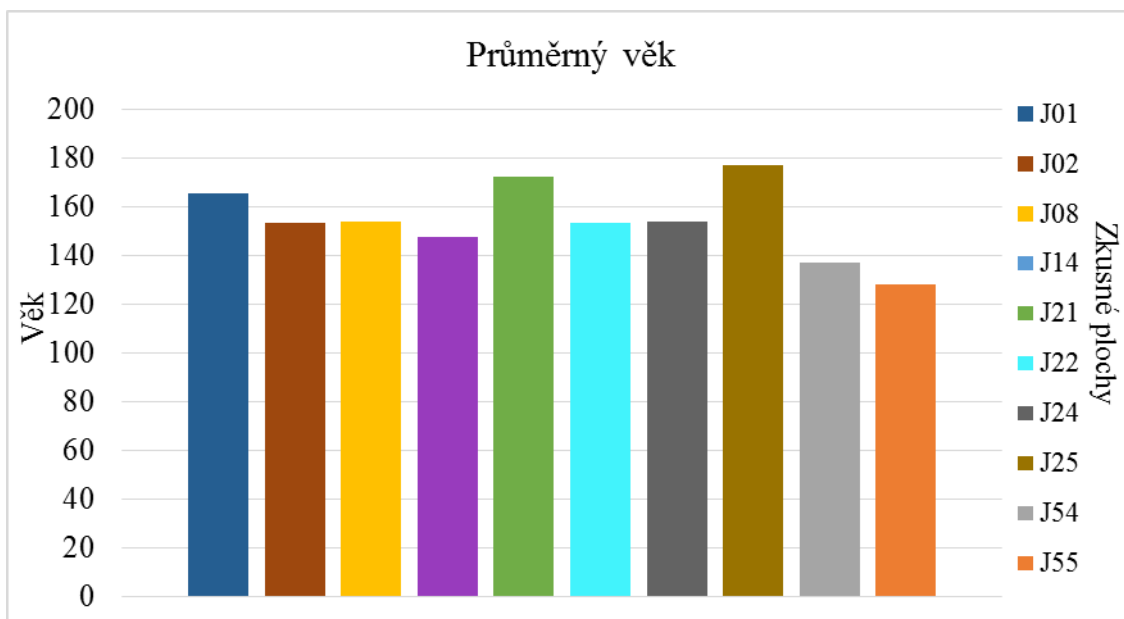
Rezistentní a poškozené málo transformované stromy jsou zastoupeny nejpočetněji ze všech stresových kategorií se shodným 33% zastoupením. Další početnější kategorií jsou stromy poškozené silně transformované (25%). A nejméně zastoupené jsou rezilientní stromy (9%).



Graf 2.: Procentuální rozložení stresových fází

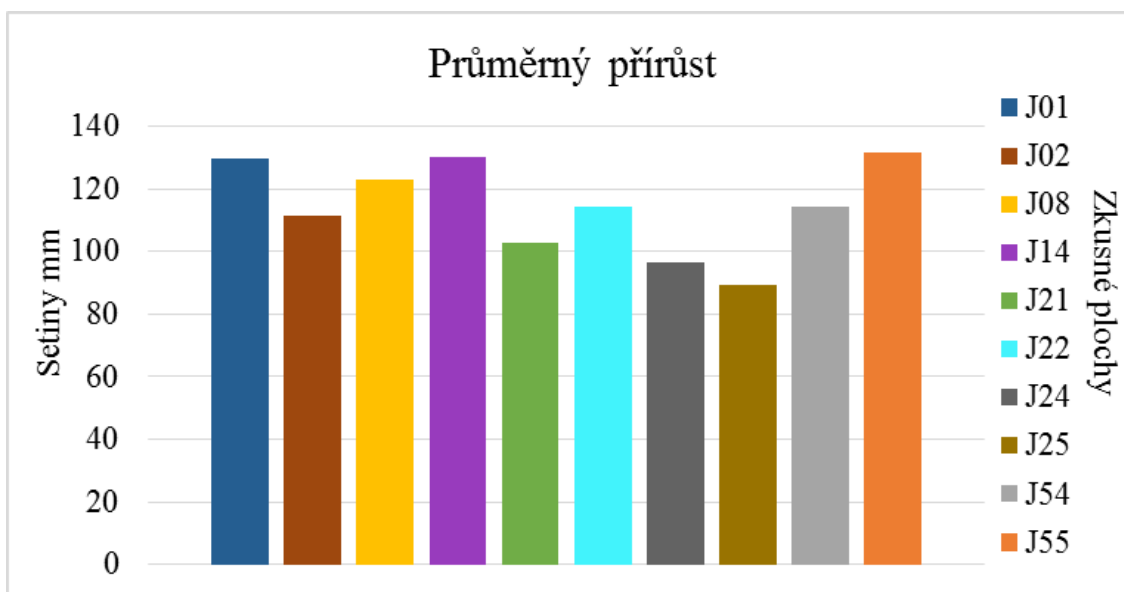
Nejpočetnější skupinou stresových fází smrku bylo období cyklické regenerace výhonů (viz. tab. 2), celkově byla tato skupina zastoupena 45% z toho nejvíce zastoupenou podskupinou AII, do které spadá 39% stromů, do podskupiny BII a CII bylo zařazeno po 3% stromů. V období překročení vnitřní tolerance stromu se nachází 41% stromů. Do nejzastoupenější podskupiny U spadá 26% stromu a AI 13% stromu. Dále pak následuje fáze BI (1%) a CI (1%). Nejméně zastoupenou stresovou fází byla fáze regenerace (14%). Podskupina AIII zahrnuje 12% stromu. Dále jí následuje BIII (1%) a CIII+ (1% stromů). Ve fázi významného poškození asimilačního aparátu a vyčerpání se nenachází žádný jedinec ze zkoumaných ploch.

Ze zjištěných hodnot z grafu 2 vyplývá, že nejpočetnější skupinou jsou stromy v období cyklické regenerace výhonů, kdy probíhá kontinuální nahrazování defoliováných primárních výhonů výhony sekundárními.



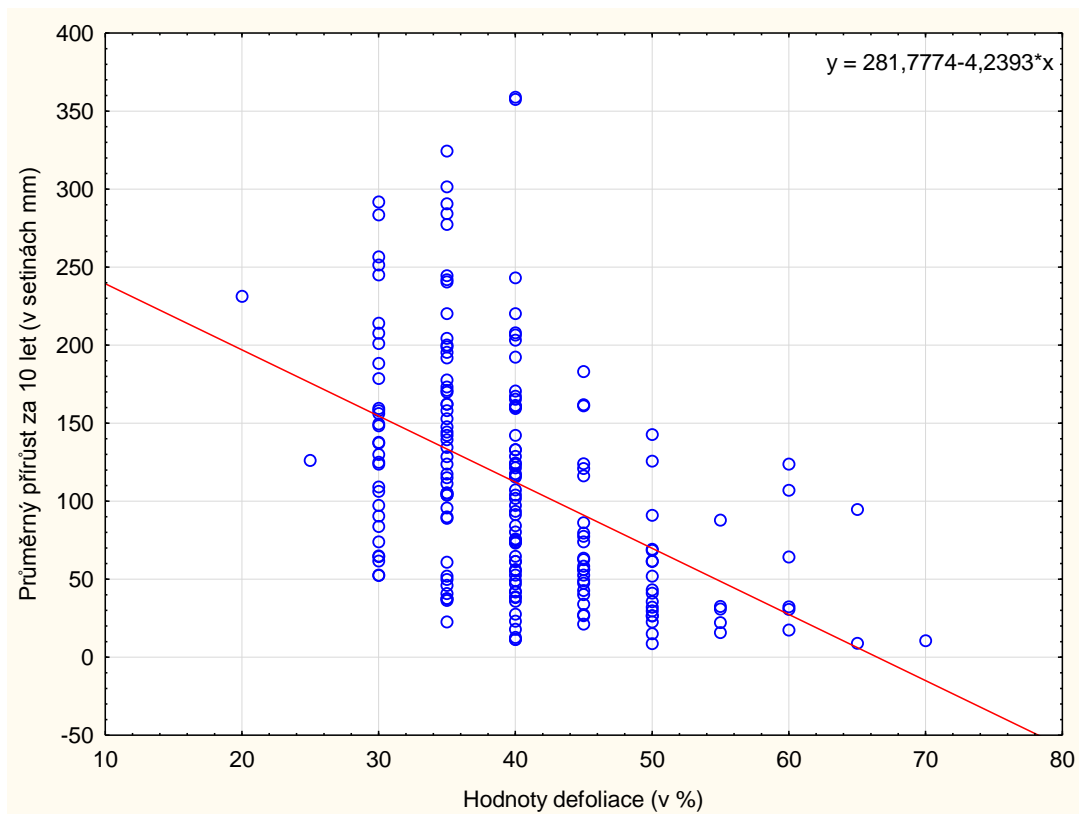
Graf. 3.: Průměrný věk stromů na zkusných plochách

Věkově nejstarší porost byl na zkusné ploše J25. Průměrný věk na této ploše byl zjištěn 177 let. Na této ploše byl zároveň nalezen nejstarší storm 367 let (viz fotodokumentace). Nejmladším porost byl zjištěn na zkusné ploše J55 (128 let).



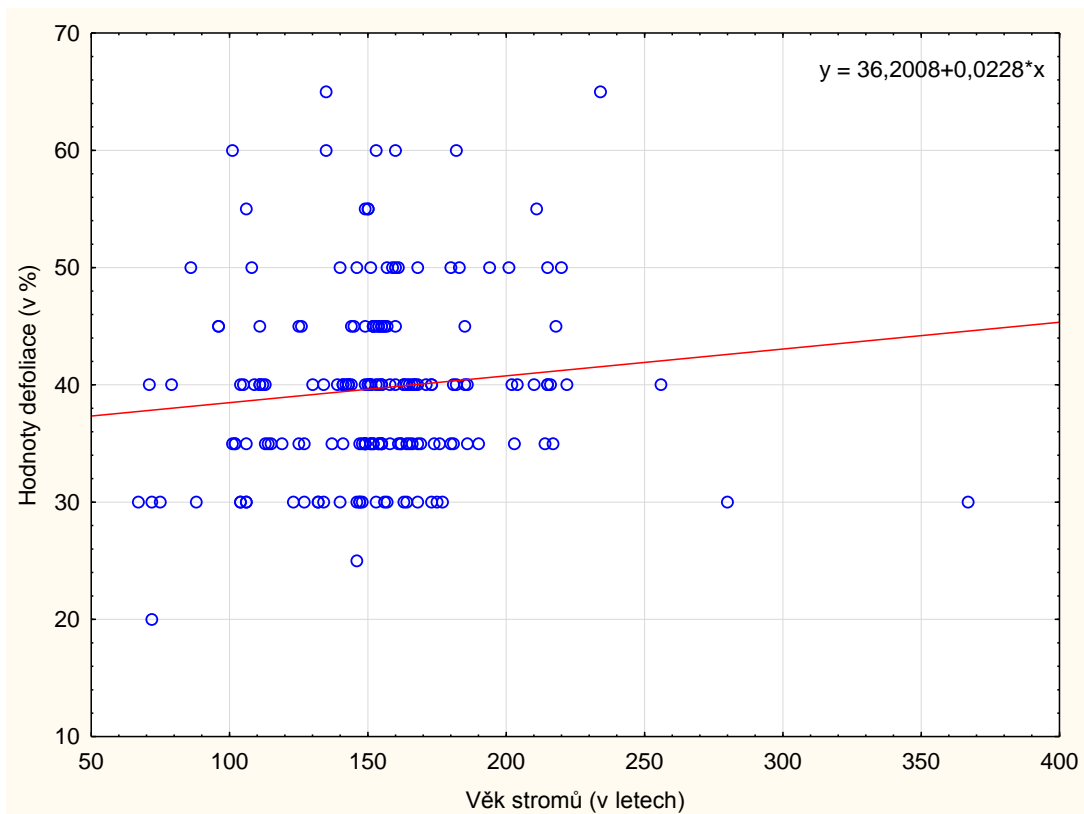
Graf. 4.: Průměrný přírůst v setinách mm na jednotlivých zkusných plochách (průměr za posledních 10let).

Největší přírůst vykazoval porost J55. Na této zkusné ploše byla naměřena průměrná hodnota přírůstu 1,32 mm. Naopak nejnižší přírůst byl zjištěn na zkusné ploše J25 a to 0,89 mm.



Graf 5.: Graf závislosti přírůstu na defoliaci

Z Grafu 5 vyplývá, že mezi zjištěným průměrným přírůstem a defoliací příslušných stromů je negativní středně silná závislost ($r = -0,4824$; $n = 180$) a tento výsledek je statisticky významný ($p < 0,01$).



Graf 6.: Graf závislosti defoliace na věku

Mezi věkem stromů a hodnotami defoliace nebyl prokázán žádný vztah ($r = 0,1109$; $n = 194$; $p = 0,1382$).

9. Diskuze

Na vybraných plochách v CHKO Jeseníky byly hodnocením zdravotního stavu lesů zjištěny průměrné hodnoty celkové defoliace 39,75 %, defoliace primární struktury 48,94 %, defoliace sekundární struktury 51,12 % a transformace koruny 1,43.

Nejbližší sledovaná plocha programem Forest Focus je plocha Q541 Švýcárna. Na této ploše byla zaznamenána defoliace smrků v roce 2007 37,6 %, poté se zvýšila na 38,6 % v roce 2008 a v roce 2009 opět poklesla na 36,3 %. Průměrná hodnota na ploše J22, která je svou polohou nejbližší Švýcárny dosahuje 43,75 % což je o 7,45 % více než v roce 2009. Při srovnání s průměrnou hodnotou ze všech ploch je rozdíl 3,45 %. Dle dat uváděných programem Forest Focus za období 2007–2009 má defoliace na zkusné ploše Q541 Švýcárna rozkolísaný charakter (BOHÁČOVÁ a kol. 2010). Toto kolísání může být zapříčiněno aktuální reakcí na některý z významných stresových faktorů například na přísušek. Rozdíl hodnot naměřených v roce 2009 a 2014 může být zapříčiněn celkově zhoršujícím se trendem zdravotního stavu smrků v ČR spolu za účasti abiotických a antropogenních stresových faktorů.

V Krkonošském národním parku v roce 2007 proběhl obdobný výzkum, ve kterém byla zjištěna průměrná defoliace 53,19 % (LANČEŠ, 2007). Ve srovnání s hodnotami naměřenými v CHKO Jeseníky činí rozdíl 13,44 %. Tento rozdíl je značný a může být způsobený extrémnějšími růstovými podmínkami na zkusných plochách v KRNAPu. Obdobný průzkum byl proveden v roce 2007 v Orlických horách (ČERMÁK, ŽID 2007). Na zkoumaných plochách zjistili průměrnou defoliaci 38,86 % což znamená, že je tato hodnota téměř shodná s CHKO Jeseníky. Další podobný průzkum byl proveden v roce 2013 v NPR Králický Sněžník, revír Sušina (KAMENEC, 2013). Na vybraných plochách v NPR Králický Sněžník byla zjištěna hodnota průměrné defoliace 41,97 %. Tato hodnota je mírně vyšší než v CHKO Jeseníky, ale taktéž se dá považovat za shodnou.

Rozdíly v defoliacích na různých zkoumaných plochách nejsou výrazně se odlišující, což poukazuje na podobný zdravotní stav lesních porostů v podobných stanovištních a růstových podmínkách.

Při srovnání celorepublikové průměrné hodnotě smrku 35 % (MZe ČR, 2013) a průměrné defoliace zjištěné v CHKO Jeseníky činní výsledný rozdíl 4,75 %.

Nejstarší strom (viz fotodokumentace) byl nalezen na zkusné ploše J25, která se nachází na severní straně Keprníku (viz obr. 5. a 6.), tento strom má věk 367 let a defoliaci 30 % a roste poblíž prameniště. Průměrný věk na této ploše byl zjištěn 177 let a průměrná defoliace 33,75 %. Jedná se o věkově nejstarší porost, který je zároveň nejméně poškozený, ale v průměru vykazuje nejnižší přírůst, což je nejspíš zapříčiněno stářím porostu. Nízká defoliace na této zkusné ploše může být do jisté míry ovlivněna tím, že se porost nachází na severní straně hřebenu, tudíž není porost natolik vystaven extrémním vlivům převládajícího západního proudění větru a také nižšímu vystavení slunečního záření. Dalším vlivem, který ovlivňuje toto stanoviště je fakt, že se zkusná plocha nachází v blízkosti prameniště a tudíž se dá předpokládat, že vliv letních přísušků a stresů způsobeného z nedostatku dostupné vody byl částečně, nebo úplně minimalizován. Naopak nejvíce defoliovaná plocha J22 (43,75 %) leží na jihozápadní straně Malého dědu, která je znatelně více exponovaná jak vzdušnému proudění, tak slunečnímu svitu. Tudíž můžeme předpokládat, že je tato plocha více zatížená stresovými činiteli, které popisuje ČERMÁK a kol., (2014) (viz kap. 4 stresory a jejich působení).

Dle OULEHLEHO a HRUŠKY (2009) leží vybrané zkusné plochy v lokalitě extrémně narušených půd acidifikací a nutriční degradací což jsou jedny z hlavních faktorů, které se negativně projevují na zdravotním stavu zkoumaných porostů. Zároveň je v této lokalitě překročena kritická zátěž dusíku. Vysoké depozice oxidů dusíku způsobují ztráty živinových kationtů z půdy, sníženou odolnost vůči mrazu a houbovým patogenům a také náchylnost k napadení hmyzími škůdci (VACEK et al. 2000). Na ploše monitorované programem Forest Focus Q541 Švýcarska byl zjištěn celkový obsah dusíku v půdě 0,43 % a na ploše 1242 Dolní Morava 0,32 %, což překračuje optimální míru obsahu dusíku v půdě (ŠRÁMEK, FADRHOŇSOVÁ 2011). Vysoká zátěž území dusíkatými depozicemi má prokazatelný vliv na tvorbu sekundárních výhonů. Buňky zvětšené v důsledku luxusního příjmu dusíku vyžadují dostatek vody, není-li voda dostupná dochází k jejich kolapsu; sucho vede k poruchám minerální výživy a následně k redukci asimilačního aparátu. Vysoké depozice výrazně zesilují účinky přísušky, k problémům tak u smrku dochází i za situací, které by jindy odezvu v morfologii větvení nezanechaly (ČERNOHOUS, 2000). Tyto výše uvedené faktory

pak negativně ovlivňují celkový stav vývoje lesních porostů a následně se projevují na stresových fázích hodnocených jedinců (viz graf 2), tento vztah je odrazen v defoliaci asimilačního aparátu a celkovém zdravotním stavu.

Tloušťkový přírůst začíná na konci dubna zpravidla současně s rozvíjením pupenů. Tloušťkový růst a přírůst je ovlivněn zejména těmito faktory: vlastnostmi dřeviny, kvalitou stanoviště, postavením stromu v porostu, klimatickými podmínkami a poškozením biotickými a abiotickými činiteli (VEJPUSTKOVÁ, 2008). Z grafu 5 je patrné, že má prokazatelně negativní vliv na přírůst smrku také defoliace. U více defoliováných stromů byl zaznamenán menší tloušťkový přírůst. Naopak nebyla prokázána závislost věku a defoliace, jelikož některé z mladších stromů byli více defoliovány než stromy starší.

10. Závěr

V roce 2014 byla zjišťována vitalita smrku v horské smrčíně v CHKO Jeseníky celkově na 10 zkusných plochách. Hodnocením zdravotního stavu byly zjištěny průměrné hodnoty defoliace 39,75 %, defoliace primární struktury 48,94 %, defoliace sekundární struktury 51,12 % a transformace koruny 1,43. Na těchto plochách se vyskytují především poškozené málo transformované stromy (33 %) (viz graf 1) v období cyklické regenerace výhonů (období kdy dochází ke kontinuálnímu nahrazování defoliováných výhonů výhony sekundárními) (viz graf 2). Rezistentní stromy (viz graf 1) v období překročení vnitřní tolerance stromu (kdy převládají procesy defoliační) (viz graf 2), dosáhly také hodnoty 33 %. Z hlediska vyhodnocení průběhu retrospektivní reakce sledovaných porostů na působení stresových činitelů vyplývá, že porosty byly středně až silně zatíženy synergickým působením antropogenních a přírodních stresových činitelů. Toto zatížení postupně narůstá, a bude tak docházet k vzrůstu zátěže na porosty, což se projeví na jejich zdravotním stavu. V budoucnu lze očekávat nárůst zhoršeného zdravotního stavu, a to především v souvislosti s klimatickými změnami.

Z výsledků je patrné, že mezi zjištěným průměrným přírůstem a defoliací příslušných stromů je negativní závislost. Mezi věkem stromů a hodnotami defoliací naopak nebyla prokázána žádná závislost.

11. Summary

In 2014, was detected vitality Norway spruce in mountain spruce forest in CHKO Jeseníky overall at 10 plots. Assessment of health status were detected average total defoliation 39.75 %, defoliation of the primary structure 51.12 % and the degree of transformation treetop 1.43. In these areas occurred primarily damaged a few trees transformed trees (33 % see chart 1) in the cyclic regeneration of shoots (the period when there is a continuous replacement defoliated shoots by secondary shoots) (see chart 2). Resistant trees (see chart 1) in the excess internal tolerance tree (which is dominated by processes defoliating) (see chart 2), also achieved values 33 %. The evaluation of response observed during the retrospective effect of growth on the stress factors that plants were moderately to heavily burdened by the synergistic effects of anthropogenic and natural stress factors. This load is gradually increasing, and will lead to an increase in load on the stands, which is reflected on their health. In the future we can expect an increase in ill health, particularly in relation to climate change.

The results show, that between mean increment and average defoliation is negative dependence. Between the age of the tree and average defoliation on contrary not found proved no dependence.

12. Literatura

- BOHÁČOVÁ, L., BURIÁNEK, V., a kol. 2010. Monitoring zdravotního stavu lesa v České republice, Ročenka programu ICP Forests/FutMon data 2008 a 2009. VÚLHM, 137-142, ISBN 97-80-7417-032-4.
- BUČEK, A., MADĚRA, P., a kol. 2003. Hodnocení významu, stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz Národní přírodní rezervace Praděd a jejich ohrožení rekreačními aktivitami. Manuskript, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a typologie MZLU, Brno. 88 str.
- CUDLÍN, P., ŠIFFEL, P. 1992: Interrelationships Between Responses of the Assimilative Apparatus and Root System of Norway Spruce in a Mountain Forests Stressed by Air Pollution. In: Proc. Sem. Industrial Pollution Damage of Forest Ecosystem in ČSFR, Federal Committee for Environment, Prague, p. 23–26.
- CUDLÍN, P., TŘÍSKA, J. 1997. Hodnocení ekologických rizik v lesních ekosystémech. In: CUDLÍN, P., TŘÍSKA, J., Hodnocení rizik pro životní prostředí, ERA, MU Brno, s. 108–116.
- CUDLÍN, P., NOVOTNÝ, R., MORAVEC, I., CHMELÍKOVÁ, E. 2001. Retrospective evaluation of the response of montane forest ecosystems to multiple stress, Ekol. Bratislava 20, pp. 108–120.
- CUDLÍN, P. 2003. The long-term effect of acidification on the condition and structure of Norway spruce foliage. In: HRUŠKA, J., CIENCIALA, E. (eds.) Long-term acidification and nutrient degradation of forest soils – limiting factors of forestry today. MZe, ČGÚ, IFER: 131–137.
- ČADA, V., SVOBODA, M. 2012. Dendrochronologická analýza pralesovitých smrkových porostů v NPR Praděd, PR Pod Jelení studánkou a PR Břidličná. AOPK ČR Praha, pp. 4–8.
- ČERMÁK, P., HOLUŠA, O., CUDLÍN, P., JANKOVSKÝ, L. 2014. Ochrana dřevin, obecná ochrana, abiotické a antropogenní stresory. Mendelova univerzita v Brně 2014. Vydání 1–314. str.
- ČERNOHOUS, V. 2000. Suché periody v Orlických horách během vegetačního období a jejich potenciální vliv na ujmavost, odrůstání a zdravotní stav smrkových kultur.

- Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře. Opočno, VÚLHM s. 25–29.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P., (eds) a kolektiv, 2006. Zeměpisný lexikon ČR Hory a nížiny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 590 str.
- DOBBERTIN, M., BRANG, P. 2001. Crown defoliation improves tree mortality models. *Forest Ecology and Management* 141, pp. 271–284.
- FALKENSTRÖM, H., EKSTRAND, S. 2002. Evaluation of IRS-1c LISS-3 satellite data for defoliation assessment on Norway spruce and Scots pine. *Remote Sensing of Environment*, 82, pp. 208–223.
- FEEN, M., POTH, M., ABER, J., BARON, J., BORMANN, B., JOHNSON, D., LEMLY, D., MCNUTTY, S., RYAN, D., STOTTLEMYER, R. 1998. Nitrogen excess in North American ecosystems. Predisposing factors, ecosystem responses and management strategies. *Ecological Applications* 8: 706–733.
- HAŇÁKOVÁ, V. 2012. Hodnocení zdravotního stavu smrku ztepilého *Picea abies*. Diplomová práce. Brno. 63 s.
- CHEN, Z., KOLB, T., E., CLANCY, K., M. 2001. Mechanisms of Douglas-fir resistance to western spruce budworm defoliation: bud burst phenology, photosynthetic compensation and growth rate. *Tree Physiol.* 21: 1159–1169.
- KAMENEC, M. 2013. Bakalářská práce hodnocení zdravotního stavu smrku (*Picea abies*) na Králické Sněžníku, revír sušina. MU Brno. 52str.
- LARCHER, W. 2001. *Ökophysiologie der Pflanzen*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LANČEŠ, S. 2007. Zdravotní stav porostů smrku ztepilého (*Picea abies*(L.)Karst.) ve vztahu k působícím biotickým, abiotickým a antropogenním stresorům na vybraných lokalitách KRNAP. Diplomová práce. Brno. 80 s.
- LICHTENTHALER, H. K. 1995. Vegetation stress. Based on the International Symposium on Vegetation Stress. Munich. Neugerberg, June 19–21, 1995.
- LICHTENTHALER, H. K. 1997. In vivo chlorophyll fluorescence as tool for stress detection in plants. In: LICHTENTHALER, H. K. (ed.), *Applications of chloro-*

- phyll fluorescence of photosynthetic research, stress physiology, hydrology and remote sensing, Klewer Academic Publ., London et Dordrecht: 129–142
- MAGILL, A. H., ABER, J. D., BERNTSON, G. M., MCDOWELL, W. H., NADELHOFFER, K. J., MELILLO, J. M., STEUDLER, P. 2000. Longterm nitrogen additions and nitrogen saturation in two temperate forests. *Ecosystems* 3: 238–253.
- MANION, P.D. 1981. *Tree disease concepts*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ. 399pp.
- MANION, P.D. 1991. *Tree disease concepts*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 402 pp.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London. Second edition.
- MCLAUGHLIN, S., PERCY, K. 1999. Forest health in North America: Some Perspective on actual potential roles of climate and air pollution. *Water Air Soil Pollution* 116: 115–197.
- MIKKELSEN, T. N., RO-POULSEN, H., PILEGAARD, K., HOVMAD, M. F., JENSEN, N. O., CHRISTENSEN, C.S., HUMMELSHOJ, P. 2000. Ozone uptake by an evergreen forest canopy: temporal variation and possible mechanisms. *Environmental Pollution* 109: 423–429.
- MÍČHAL, I., 1992. *Ekologická stabilita. MŽP ČR. National Environmental Policy Act USA, Council on Environmental Quality. Executive Office of the President.*
- MOONEY, H. A., DRAKE B. G., LUXMORE R. J., OECHEL W. C., PITELKA L. F. 1991. Predicting ekosystém responses to elevated CO₂ concentrations. *BioScience* 41: 96–104.
- MRKVA, R. 1993. *Ochrana lesa: Ekologické pojetí a rozvoj, Lesnictví – Forestry*, 39 (8-9): 357–364.
- MZe ČR, VÚLHM 2013. *Monitoring stavu lesa v České republice 1984–2013*. MZe ČR, VÚLHM, Praha, 432 pp.
- NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. 1998. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Academia, Praha, 341 s.

- ODUM, E. P., FINN J. T., FRANZ E. H. 1979. Perturbation theory and the subsidy-stress gradient. *Bioscience* 29: 344–352.
- OULEHLE, F., HRUŠKA, J. 2009. Rising trends of dissolved organic matter in drinkingwater reservoirs as a result of recovery from acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Environmental Pollution*. 2009.06.020.
- POLÁK, T., ROCK, B. N., CAMPBELL, P. E., SOUKUPOVÁ, J., SOLCOVÁ, B., ZVÁRA, K., ALBRECHTOVÁ, J. 2006. Shoot growth processes, assessed by bud development types, reflect Norway spruce vitality and sink prioritization. *Forest Ecology and Management* 225: 337–348.
- QUITT, E. 1971. Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica* 16, ČSAV, GgÚ Brno, 73 s., Brno.
- SALEMAA, M., JUKOLA–SULONEN, E. L. 1990. Vitality rating of *Picea abies* by defoliation class and other vigour indicators. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 413–426.
- SELYE, H. 1974. *Stress without distress*. J. P. Lippincott, Philadelphia.
- SOLBERG, S. 1999. Crown condition and growth relationships within of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 320–327.
- ŠAFÁŘ, J. a kolektiv 2003. Chráněná území ČR Olomoucko, svazek VI. AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha: 290–330.
- ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ V. 2011. Životnost a množství kořenů smrku ztepilého na plochách mezinárodního monitoringu ICP Forests v České republice. *Zpráva lesnického výzkumu*, 56, (1): 58–67
- URBAN, O., ZITOVÁ, M., POKORNÝ, R., TOMÁŠKOVÁ, I., MAREK, M. V. 2011. Podstata a ekofyziologické předpoklady ukládání uhlíku. In: MAREK, M. V. et al. 2011. *Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu*. Academia Praha: 51–98.
- VACEK, S. a kolektiv 2000. Vývoj poškození lesních ekosystémů Orlických hor. *Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor*. Sborník referátů z celostátního semináře. Opočno, VÚLHM, s. 39–64.

- VEJPUSTKOVÁ., M. 2008. Trendy tloušťkových a výškových přírůstků smrku ztepilého (*Picea abies*) v oblastech s historicky odlišnými vstupy dusíku. Disertační práce. Praha. 112 s.
- ŽID, T., ČERMÁK. P. 2007. Health condition of spruce stands in the Orlické hory Mts. in relation to climatic, antropogenic and stand factors. Journal of forest science. Brno. 53, (1): 1–12.

13. Přílohy

Seznam příloh

Příloha č. 1 – fotodokumentace

Příloha č. 2 – terénní zápisníky

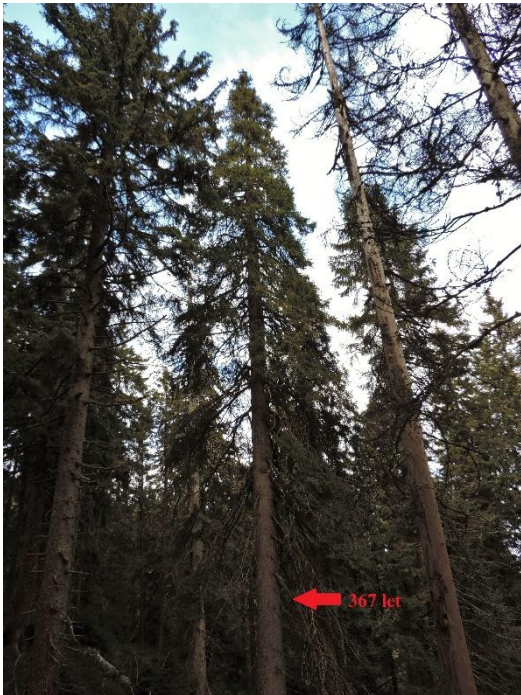
Příloha č. 1: Fotodokumentace



Obr. 1.: Defoliace 20 %



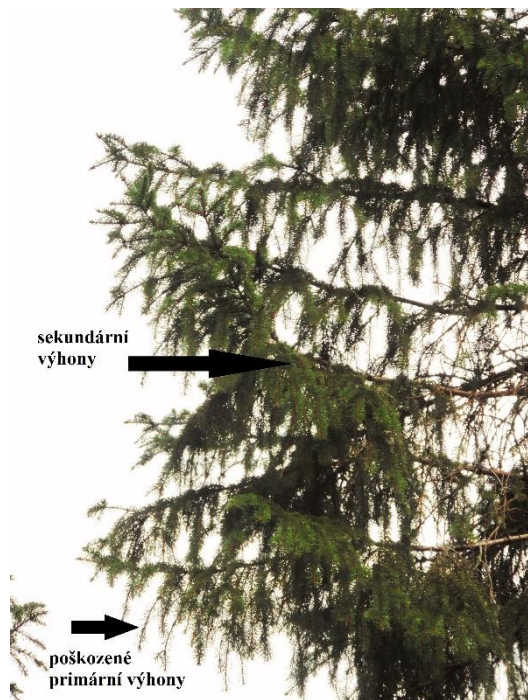
Obr. 3.: Defoliace 45 %



Obr. 2.: Defoliace 30 % a zároveň nejstarší strom



Obr. 4.: Defoliace 50 %



Obr. 5.: Primární a sekundární výhony smrku



Obr. 6.: Odebírání vývrty



Obr. 7.: Odebraný vývrt



Obr. 8.: Přirozená obnova



Obr. 9.: Umělá obnova

Příloha č. 2: Terénní zápisník

zk. plocha			J01								
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst
12	106	35	50	55	/	2	/	/	RS	AIII	61
1	185	45	40	45	/	1	/	/	PM	AII	49,1
2	186	35	70	65	/	2	/	/	RZ	BIII	37,4
4	165	40	40	50	/	1	/	/	PM	AII	160,4
29	176	35	45	40	/	1	/	/	RS	U	284,4
30	/	40	60	55	/	2	/	/	PS	AII	203,2
25	164	40	35	45	/	1	/	/	PM	AII	74,9
27	182	60	80	80	/	2	/	/	PS	CII	30,7
28	203	35	40	55	/	2	/	/	RZ	AIII	46,1
15	125	45	40	50	/	1	/	/	PM	AII	161,2
17	/	40	60	55	/	2	/	/	PS	AII	206,4
9	/	35	30	40	/	1	/	/	RS	U	241,9
průměr	165,78	40,42	49,17	52,92		1,50					129,73
směr.od		7,22	15,20	11,17		0,52					

zk. plocha			J02								
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst
42	180	50	80	40	/	1	/	/	PM	CI	26,7
43	185	40	60	40	/	1	/	/	PM	AI	35,8
39	134	40	65	45	/	1	/	/	PM	AII	159,4
41	166	35	60	40	/	1	/	/	RS	AI	162,3
44	155	35	50	55	/	2	/	/	RS	AIII	37,6
45	166	40	60	40	/	1	/	/	PM	AI	38,3
49	168	50	70	65	/	2	/	/	PS	BII	15,2
53	163	40	65	55	/	2	/	/	PS	AII	208
51	174	35	35	45	/	1	/	/	RS	U	301,6

56	183	50	60	55	/	2	/	/	PS	All	69,1
52	171	40	35	45	/	1	/	/	PM	All	73,2
55	104	40	60	35	5	1	/	/	PM	AI	11,3
1	104	30	40	35	/	1	/	/	RS	U	214
3	115	35	50	40	5	1	/	/	RS	AI	22,8
9	119	35	40	55	/	2	/	/	RS	All	52
8	113	35	40	45	/	1	/	/	RS	U	290,6
10	111	40	30	40	/	1	/	/	PM	U	357,5
11	143	40	45	45	/	1	/	/	PM	All	17,8
12	142	40	35	45	/	1	/	/	PM	All	160,7
13	154	35	40	30	/	1	/	/	RS	U	169,9
14	148	30	30	40	/	1	/	/	RS	U	90,5
15	160	60	80	80	5	2	5	/	PS	CII	17,5
19	157	50	60	55	/	2	/	/	PS	All	142,8
21	177	30	50	40	/	1	/	/	RS	AI	97,4
22	173	40	50	45	/	1	/	/	RS	All	12,7
23	163	30	35	40	/	1	/	/	RS	U	207,6
25	147	30	35	55	/	2	/	/	RS	AIII	52,5
29	163	40	35	45	/	1	/	/	PM	All	47
30	168	40	50	40	/	1	/	/	PM	AI	170,5
33	161	35	40	55	/	2	/	/	RS	AIII	139,3
34	182	40	55	40	/	1	/	/	PM	AI	56,1
průměr	153,19	39,03	49,68	46,13		1,29					111,54
směr.od		7,00	14,08	9,98		0,46					

zk. plocha			J08								
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst
29	153	30	30	25	/	1	/	/	RS	U	251,5
11	204	40	40	45	/	1	/	/	PM	All	97,4
12	72	30	40	30	/	1	/	/	RS	U	201,1
16	79	40	60	50	/	1	/	/	PM	All	93,6
10	222	40	70	50	/	1	/	/	PM	BI	115,4
9	75	30	30	30	/	1	/	/	RS	U	137,2
2	215	40	50	40	/	1	/	/	PM	AI	73,7
1	214	35	40	30	/	1	/	/	RS	U	89,1

26	210	40	65	50	/	1	/	/	RS	All	52,6
24	72	20	30	20	/	1	/	/	RS	U	231,4
23	67	30	50	30	/	1	/	/	RS	AI	106,4
27	280	30	50	65	/	2	/	/	RZ	AIII	64,9
25	71	40	50	30	/	1	/	/	PM	AI	161,5
19	220	50	50	55	/	2	/	/	PS	All	43,1
Průměr	153,86	35,36	46,79	39,29		1,14					122,78
směr.od		7,46	12,65	13,28		0,36					

zk. plocha			J14									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
1	215	40	50	80	5	2	/	/	PS	All	101,8	
2	217	35	40	80	/	2	/	/	RZ	AIII	114,9	
10	153	60	70	55	/	2	/	/	PS	BII	123,8	
13	86	50	40	55	/	2	5	/	PS	All	61,5	
9	211	55	40	50	/	1	/	/	PM	All	31	
3	/	35	50	55	/	2	/	/	RS	AIII	105,3	
31	109	40	45	45	/	1	/	/	PM	All	358,9	
4	130	40	50	60	/	2	/	/	PS	All	243,2	
5	96	45	60	55	/	2	/	/	PS	All	116,2	
28	132	30	50	40	/	1	/	/	RS	AI	109,1	
26	101	60	80	95	/	3	/	10	PS	CII	107	
36	160	50	80	80	/	2	/	/	PS	CIII+	26,4	
34	/	40	60	80	/	2	/	/	PS	All	220,2	
25	/	50	65	40	/	1	5	/	PM	AI	8,7	
22	/	35	65	55	/	2	/	/	RZ	AIII	195,4	
21	164	30	60	40	/	1	/	/	RS	AI	156,1	
Průměr	147,83	43,44	56,56	60,31		1,75					129,97	
směr.od		9,78	13,13	17,27		0,58						

zk. plocha			J21									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
18	146	50	40	50	/	1	/	/	PM	AII	90,8	
19	143	40	30	50	/	1	/	/	PM	AII	117,7	
4	215	50	50	65	/	2	/	/	PS	AII	68,6	
5	234	65	80	80	5	2	5	/	PS	CII	8,9	
6	216	40	45	55	/	2	/	/	PS	AII	91,3	
1	137	35	40	35	/	1	/	/	RS	U	191,9	
13	/	45	50	55	5	2	5	/	PS	AII	40,1	
22	194	50	65	80	/	2	/	/	PS	AII	35,7	
21	/	45	45	50	/	1	/	/	PM	AII	79,5	
29	181	40	40	50	/	1	/	/	PM	AII	80,3	
31	201	50	50	40	5	1	/	5	PM	AI	41,2	
25	158	35	55	60	/	2	/	/	RZ	AIII	117,4	
28	218	45	35	55	/	2	/	/	PS	AII	52,8	
42	102	35	45	50	/	1	/	/	PM	U	277,4	
53	167	40	65	55	/	2	/	/	PS	AII	124,5	
40	173	40	40	55	/	2	/	/	PS	AII	61,5	
37	111	40	35	45	/	1	/	/	PM	AII	167,2	
49	181	35	40	45	/	1	/	/	RS	AII	105,1	
55	149	35	40	50	/	1	/	/	RS	U	200,1	
průměr	172,12	42,89	46,84	53,95		1,47					102,74	
směr.od		7,69	12,27	11,37		0,51						

zk. plocha			J22									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
44	149	55	50	45	/	1	/	/	PM	All	15,8	
2	151	40	30	30	/	1	/	/	PM	U	121,5	
10	143	40	45	40	/	1	/	/	PM	U	123,6	
11	151	50	45	35	/	1	/	/	PM	U	125,7	
69	150	40	40	50	/	1	/	/	PM	All	116,4	
74	160	45	40	50	/	1	/	/	PM	All	161,8	
51	151	35	30	35	/	1	/	/	RS	U	147,7	
61	144	45	50	45	/	1	/	/	PM	All	62,7	
47	151	35	40	45	/	1	/	/	RS	U	204,5	
38	141	40	30	40	/	1	/	/	PM	U	192,3	
26	150	55	40	55	/	2	/	/	PS	All	88	
22	150	55	40	50	/	1	/	/	PM	All	22,2	
36	152	45	50	60	5	2	/	/	PS	All	47,3	
56	186	40	30	40	/	1	/	/	PM	U	132,9	
54	169	35	35	50	/	1	/	/	RS	U	177,7	
55	154	45	30	50	/	1	/	/	PM	All	86,1	
průměr	153,25	43,75	39,06	45,00		1,13					114,14	
směr.od		6,95	7,58	7,96		0,34						

zk. plocha			J24									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
61	147	35	40	50	/	1	/	/	RS	U	142,2	
25	149	35	35	40	/	1	/	/	RS	U	134,3	
64	180	35	50	40	/	1	/	/	RS	AI	158	
66	144	40	35	45	/	1	/	/	PM	AII	84,3	
24	139	40	50	40	/	1	/	/	PM	AI	103,8	
23	173	30	35	40	/	1	/	/	RS	U	158	
20	156	45	65	50	5	1	/	/	PM	AII	27,5	
16	151	40	30	50	/	1	/	/	PM	AII	74,8	
17	152	35	50	55	/	2	/	/	RZ	AIII	162	
8	146	25	30	40	/	1	/	/	RS	U	126,2	
4	154	35	40	50	/	1	/	/	RS	U	103,8	
2	157	45	70	50	/	1	/	/	PM	U	73,9	
3	152	45	40	50	/	1	/	/	PM	U	63,5	
32	148	35	35	45	/	1	/	/	RS	AI	144,4	
34	149	35	35	45	/	1	/	/	RS	AII	111,3	
36	147	30	45	50	/	1	/	/	RS	AI	149,6	
39	154	45	80	65	5	2	/	/	PS	U	21,3	
37	/	70	100	95	/	3	/	20	PS	AII	10,6	
29	155	40	45	50	/	1	/	/	PM	AII	61,3	
43	149	40	45	55	/	2	/	/	PS	AIII	41,8	
45	153	45	50	65	/	2	/	/	PS	U	26,6	
46	151	40	35	45	/	1	/	/	PM	U	75,8	
62	153	40	50	60	/	2	/	/	PS	U	11,6	
67	155	35	45	50	/	1	/	/	RS	U	198,9	
69	168	35	45	55	/	2	/	/	RZ	AI	49,9	
68	113	40	50	45	/	1	/	/	PM	AII	64,7	
74	190	35	35	45	/	1	/	/	RS	AI	220,2	
73	165	35	40	55	/	2	/	/	RS	U	123,7	
60	154	40	50	60	/	2	/	/	PS	AII	165,4	
59	156	45	60	40	5	1	/	/	PM	AII	58,4	
52	155	45	60	50	/	1	/	/	PM	AIII	56,2	
51	155	45	55	60	/	2	/	/	PS	U	56,2	

57	155	35	40	55	/	2	/	/	RZ	U	128,4
průměr	153,91	39,24	47,58	51,21		1,36					96,62
směr.od		7,51	14,85	10,61		0,55					

zk. plocha			J25								
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst
20	367	30	40	55	/	2	/	/	RZ	AIII	73,8
25	175	30	45	55	/	2	/	/	RZ	AIII	61,6
24	141	40	50	60	/	2	/	/	PS	AII	23
28	167	40	45	55	/	2	/	/	PS	AII	27,6
29	157	30	65	60	5	2	/	/	RZ	AIII	178,6
22	146	30	40	40	/	1	/	/	RS	U	256,7
34	114	35	75	70	/	2	/	/	RZ	BIII	40,9
19	132	30	50	55	/	2	/	/	RZ	AIII	148,5
10	256	40	40	55	/	2	/	/	PS	AII	49,1
7	152	35	45	55	/	2	/	/	RZ	AIII	89,9
14	168	30	40	55	/	2	/	/	RZ	AIII	83,9
18	149	35	45	55	/	2	/	/	RZ	AIII	36,4
průměr	177,00	33,75	48,33	55,83		1,92					89,17
směr.od		4,33	10,94	6,69		0,29					

zk. plocha			J54									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
47	162	35	60	50	/	1	/	/	RS	BI	240,5	
54	156	30	40	30	/	1	/	/	RS	U	137,8	
10	105	40	30	45	/	1	/	/	PM	All	142,3	
11	96	45	50	45	/	1	/	/	PM	All	77,6	
12	127	35	40	30	/	1	/	/	RS	U	103,8	
16	127	30	45	30	/	1	/	/	RS	U	123,9	
19	112	40	65	50	/	1	/	/	PM	All	55,3	
20	/	60	60	75	/	2	/	/	PS	All	32,4	
21	/	50	80	80	/	2	5	/	PS	CII	29,7	
22	135	60	65	70	/	2	/	/	PS	BII	64,2	
23	123	30	40	35	/	1	/	/	RS	U	125	
24	/	30	40	50	/	1	/	/	RS	U	283,7	
26	126	45	65	60	/	2	/	/	PS	All	34,1	
25	102	35	40	50	5	1	/	/	RS	U	95,6	
14	140	50	50	60	/	2	/	/	PS	All	61,7	
32	141	35	40	45	/	1	/	/	RS	U	171	
5	152	45	60	50	5	1	/	/	PM	All	124	
6	135	65	60	50	/	1	/	5	PM	All	94,7	
4	161	50	45	50	/	1	/	/	PM	All	52	
39	155	40	45	50	/	1	/	/	PM	All	107,4	
44	140	30	45	40	/	1	/	/	RS	U	159,4	
41	149	45	50	40	/	1	/	/	PM	AI	42,6	
36	164	35	35	40	/	1	/	/	RS	U	244,5	
34	158	40	60	55	/	2	/	/	PS	All	128,7	
35	145	45	65	80	/	2	/	/	PS	All	121	
Průměr	136,86	41,80	51,00	50,40		1,28					114,12	
směr.od		9,99	12,25	14,21		0,46						

zk. plocha			J55									
číslo stromu	věk stromu	celková defoliace	def. Primární struktury	% sekundární výhonů	typ vrcholu	stupeň transformace	žloutnutí	reznutí	kategorie stresové reakce	fáze reakce smrku	průměrný přírůst	
52	104	30	50	35	/	1	/	/	RS	AI	52,7	
55	101	35	60	40	/	1	/	/	RS	AI	173,3	
4	/	30	50	30	/	1	/	/	RS	AI	64,4	
77	134	30	50	40	/	1	/	/	RS	AI	130	
6	160	40	70	50	/	1	/	/	PM	BII	42,3	
7	159	50	60	55	5	2	/	/	PS	AII	22,8	
8	150	40	50	50	/	1	/	/	PM	AII	132,9	
67	108	50	65	55	/	2	5	/	PS	BII	32,1	
68	111	45	80	80	/	2	/	/	PS	CII	183,1	
69	106	55	60	50	/	1	5	/	PM	AII	32,6	
62	162	35	40	55	/	2	/	/	RS	AIII	324,5	
70	202	40	65	60	/	2	/	/	PS	AII	38,8	
71	125	35	40	50	/	1	/	/	RS	AIII	152,8	
18	106	30	50	55	/	2	/	/	RS	AIII	188,3	
22	106	30	50	55	/	2	/	/	RS	AIII	245	
25	88	30	30	30	/	1	/	/	RS	U	291,8	
Průměr	128,13	37,81	54,38	49,38		1,44					131,71	
směr.od		8,36	12,5	12,5		0,51						