

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesa



STRUKTURA A REŽIM DISTURBANCÍ
PŮVODNÍHO HORSKÉHO SMRKOVÉHO LESA
V POHOŘÍ FAGARAȘ V RUMUNSKU

Diplomová práce

Ondřej Sýkora

Obor: DLES

Vedoucí práce: doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ondřej Sýkora

Lesní inženýrství

Název práce

Struktura a režim disturbancí původního horského smrkového lesa v pohoří Fagaraš v Rumunsku

Název anglicky

Structure and disturbance regime of the natural spruce mountain forests in the Fagaras Mts. in Romania

Cíle práce

Cílem práce je popsat a analyzovat strukturu horského smrkového lesa v pohoří Fagaraš v Rumunsku.

Mezi základní otázky práce patří:

- 1) jaký charakter má struktura horského smrkového lesa v dané oblasti?
- 2) jaké faktory ovlivňují strukturu horského smrkového lesa v dané oblasti?
- 3) jaký je režim disturbancí v dané oblasti?

Metodika

Práce předpokládá zapojení studenta do víceletého projektu, který probíhá v původních horských smrkových lesích v Karpatech. Student se zapojí do výzkumu, který zahrnuje založení výzkumných ploch a sběr strukturních parametrů na výzkumných plochách.

Vlastní práce budou probíhat následujícím způsobem:

1. Založení a stabilizace zkusných ploch.
2. Popis stromového patra.
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

Klíčová slova

Smrk ztepilý, struktura lesa, dendrochronologické analýzy, disturbance

Doporučené zdroje informací

- Aakala, T., Kuuluvainen, T., Wallenius, T. & Kauhanen, H. (2011). Tree mortality episodes in the intact *Picea abies*-dominated taiga in the Arkhangelsk region of northern European Russia. *Journal of Vegetation Science* 22: 322-333.
- Fraver, S., White, A.S. & Seymour, R.S. (2009). Natural disturbance in an old-growth landscape of northern Maine, USA. *Journal of Ecology* 97: 289-298.
- Jonášová, M., & Prach, K. (2004). Central-European mountain spruce (*Picea abies*) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering*, 23(1), 15-27.
- Kulakowski, D. & Veblen, T.T. (2002). Influences of fire history and topography on the pattern of a severe wind blowdown in a Colorado subalpine forest. *Journal of Ecology* 90: 806-819.
- Svoboda, M., Fraver, S., Janda, P., Bače, R. & Zenáhlíková, J. (2010). Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest Ecology and Management* 260: 707-714.
- Svoboda, M., Fraver, S., Janda, P., Bače, R., & Zenáhlíková, J. (2010). Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest ecology and management*, 260(5), 707-714.
- Swanson, M. E., Franklin, J. F., Beschta, R. L., Crisafulli, C. M., DellaSala, D. A., Hutto, R. L., Swanson, F. J. (2010). The forgotten stage of forest succession: early-successional ecosystems on forest sites. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(2), 117-125.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 22. 6. 2015

doc. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Struktura a režim disturbancí původního horského smrkového lesa v pohoří Fagaraš v Rumunsku“ vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a pokynů vedoucího.

V Praze dne 4. 2. 2016

.....

Chtěl bych velice poděkovat především vedoucímu své diplomové práce: doc. Ing. Miroslavu Svobodovi, Ph.D. a svému konzultantovi Ing. Martinovi Mikolášovi za jejich odborné vedení. Dále pak své rodině, která mě podporovala po celou dobu studia a kamarádům, kteří pomáhali sbírat potřebná data v nelehkých podmínkách pohoří Fagaraše.

Abstrakt

V mnohých evropských zemích dochází v současnosti k rozsáhlým přírodním narušením smrkových porostů. Proto je pochopení dlouhodobých přirozených procesů a vlivu disturbancí na strukturu klíčové pro management horských smrčín. Pro tento účel jsme v pracovní skupině studovali strukturu a historický režim narušení ve smrkových pralesích rumunských Karpat v pohoří Fagaraš, které patří mezi nejzachovalejší lesní ekosystémy Evropy. V letech 2011 až 2013 jsme založili téměř 50 výzkumných ploch ve čtyřech údolích, na kterých byla sebrána data o struktuře lesa. Pro účely rekonstrukce historie narušení byly odebrány vývrty takřka z 3500 jedinců smrku ztepilého (*Picea Abies*). Data byla analyzována pomocí dendrochronologických metod a popisné statistiky. Byla zjištěna částečná synchronizace narušení mezi jednotlivými údolími a následný nárůst obnovy, který ukazuje na vliv disturbancí vyvolaných větrem a poté pravděpodobnou gradací podkorního hmyzu. Zaznamenali jsme všechny závažnosti narušení (slabé – silné), která přímo působí na strukturu a tvoří tak různorodost porostu, tzv. mozaikovitost. Historie nejstarších ploch sahá 400 let zpátky, oproti tomu nejmladší plochy vykazovaly stáří 100 let. Objem mrtvého dřeva v údolích v průměru činil 135 m³. Celkově jsme na plochách zaznamenali 1380 jedinců obnovy, s dominujícím zmlazením smrku ztepilého (*Picea Abies*) se 76 % zastoupením.

Z našich výsledků vyplývá, že disturbance jsou částečně synchronizovány na úrovni krajiny i v rámci jednotlivých údolí a mají zásadní vliv na strukturu lesa a jeho dynamiku. Přírodní narušení jsou hlavním faktorem ovlivňujícím přirozenou obnovu smrkových pralesů.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, struktura lesa, dendrochronologické analýzy, disturbance

Abstract

There is a large natural disturbance in spruce stands at the present moment in many European countries. Therefore understanding of the long-term natural processes and the impact of disturbances on the structure have a key role in the management of spruce forests. For this purpose, we have studied the structure and the historical regime of the disturbances in spruce forests in the Romanian Carpathians, exactly in Fagaraș mountains, which is one of the best preserved forest ecosystems in the Europe. Between 2011 and 2013 years we have founded nearly 50 research spots in the four valleys where we collected data on the structure of the forest. For purposes of reconstruction of disturbances history samples from almost 3 500 individuals of Norway spruce (*Picea Abies*) were taken. Data were analyzed with dendrochronological methods and descriptive statistics. Partial synchronization of disturbances with the valleys and the subsequent rise in the regeneration was detected, which shows the influence of disturbances evoked by wind and then, probably, by the increasing population of bark beetles. We noticed the importance of the disturbances (weak – strong), which directly influences the structure and creates the mosaic diversity of vegetation. The history of the oldest areas goes back for 400 years, and for the youngest - for 100 years. The volume of the deadwood in the valleys was approximately 135 m³. Overall, on the investigated spots 1380 individuals of regeneration with dominating recovery of Norway spruce (*Picea Abies*) were recorded, with the proportion of 76 %.

Our results show that the disturbances are partially synchronized with the landscape level and also on the level of each valley, and have a major impact on the structure and dynamic of the forest. Natural disturbances are the main factor affecting the natural regeneration of spruce forests.

Key words: Norway spruce, forest structure, dendrochronological analyses, disturbances.

Аннотация

В настоящее время во многих европейских странах происходят крупномасштабные нарушения еловых насаждений. Поэтому понимание долговременных естественных процессов и влияния нарушений на структуру является ключевым для менеджмента горных ельников. Для этой цели мы изучали структуру и исторический режим нарушений в еловых девственных лесах румынских Карпат, на горном массиве Фагараш, который относится к самым нетронутым лесным экосистемам Европы. Между 2011 и 2013 годами мы заложили около 50 исследовательских площадок в четырех долинах, на которых были собраны данные о структуре леса. С целью реконструкции истории нарушений были собраны пробы почти с 3500 деревьев ели обыкновенной (*Picea Abies*). Данные были проанализированы при помощи дендрохронологических методов и описательной статистики. Была выявлена частичная синхронизация нарушений между отдельными долинами и последующее увеличение молодой поросли, которое показывает на влияние нарушений, вызванных ветром и предположительно последующим увеличением численности насекомых – вредителей древесины. Мы отметили всю серьезность нарушений (слабые – сильные), которые прямо влияют на структуру и образуют неоднородность насаждений, т. н. мозаичность. История самых старых площадок достигает 400 лет, а самых младших – 100 лет. Объем мертвой древесины в долинах составил в среднем 135 м³. В целом, на площадках было обнаружено 1380 единиц молодой поросли с доминирующей регенерацией ели обыкновенной (*Picea Abies*), которая составила 76%.

Из нашего исследования следует, что нарушения подвергаются частичной синхронизации на уровне местности и также в рамках отдельных долин и имеют основное влияние на структуру леса и его динамику. Естественные нарушения являются главным фактором, влияющим на натуральное возобновление еловых девственных лесов.

Ключевые слова: Ель обыкновенная, структура леса, дендрохронологическая анализа, нарушение.

OBSAH

1	Úvod.....	11
1.1	Základní pojmy	12
2	Literární rešerše.....	13
2.1	Dendrochronologie.....	13
2.2	Struktura lesa.....	13
2.3	Vývoj přírodního lesa.....	15
2.4	Narušení porostu	17
2.5	Vývoj.....	19
2.6	Intenzita disturbance a její síla.....	20
2.7	Senzitivita porostů na narušení	22
2.8	Vliv faktorů působících současně s větrem.....	23
2.9	Vzájemné působení jednotlivých větrných událostí	24
2.10	Vývoj po disturbanci.....	24
2.11	Ips typographus	25
2.12	Průběh narušení kůrovcem.....	26
3	Metodika	28
3.1	Studované území	28
3.2	Založení a stabilizace zkusných ploch	30
3.3	Odběr dendrochronologických dat.....	32
3.4	Měření výšek.....	34
3.5	Výpočet objemu dříví na stanovištích.....	34
3.6	Zpracování odebraných vzorků.....	35
3.7	Další zjišťované údaje.....	36
4	Vyhodnocení	37
4.1	Struktura.....	37
4.2	Popis režimu disturbancí	38
5	Výsledky	39
5.1	Struktura.....	39
5.1.1	Počty jedinců na plochu	39
5.1.2	Věková struktura	40
5.1.3	Tloušťková struktura.....	43

5.1.4	Výšková struktura	46
5.1.5	Stanovení objemu stojících stromů na ploše.....	49
5.1.6	Ležící mrtvé dřevo	51
5.1.7	Regenerace	51
5.1.8	Historie režimu narušení	52
6	Diskuse.....	53
6.1	Struktura.....	53
6.2	Disturbance	55
7	Závěr	57
8	Literatura.....	58

1 ÚVOD

Problematika horských smrkových lesů, ale i smrčin jako takových se v poslední době stala aktuálním tématem nejen v lesnických kruzích, ale i v široké veřejnosti, která se začíná stále více věnovat této problematice. Vzhledem k tomu, že smrk ztepilý (*Picea abies*), je jednou z hlavních produkčních dřevin našich hospodářských lesů a dominantní dřevinou horských smrkových porostů, vyvolává současný stav smrčin mnoho otázek, ale i emocí, kdy se začal v evropských zemích stále více klást důraz na rekreační funkce lesa. Les již není ryze lesnickou záležitostí a stává se tak objektem různých spekulací a zavádějících informací, které nejsou ničím podloženy. Proto jedním z hlavních a současně aktuálních úkolů lesníků je podávat veřejnosti objektivní informace na základě vědeckých podkladů.

Jen v minulých 20-ti letech byly smrkové lesy v Evropě postižené řadou kalamit, v této souvislosti uvádím např. kalamitu Lothar 1999 Švýcarsko 12,7 mil. m³ (AMT FÜR WALD & JAGD UND FISCHEREI 2009), Švédsko rok 2005 kalamita Olaf 75 mil. m³ a následně v roce 2007 kůrovcová kalamita způsobená lýkožroutem smrkovým (*Ips typhographus*) (SKOGSSTYRELSEN 2009), Slovenské Tatry rok 2004 měl za následek škodu ve výši 2,9 mil. m³ (ĎURAČKA 2008) či nám velmi dobře známé větrné smrště Kyrill a Emma z let 2007 a 2008, které způsobily celkovou škodu na lesních porostech 9 mil. m³ (KNÍŽEK & PEŠKOVÁ 2008).

Vzhledem k tomu, že o vývoji přírodních, ryze smrkových lesů víme málo a najít v centrální Evropě oblasti, kde bychom mohli jejich vývoj pozorovat a označit je jako za člověkem nepozměněné je nemožné, bylo vybráno pro tyto účely pohoří Fagaraš, které tvoří nejvyšší část karpatského oblouku v Rumunsku. Tato část Jižních Karpat je též označována jako Transylvánské Alpy. Vybraná oblast byla ideální nejen pro pozorování změn v lesních porostech, zejména pro svou nedostupnost a tedy velmi malým ovlivňováním zdejších lesů člověkem, ale je to také ideální místo pro pozorování struktury lesa.

V současné době je možné popsat dynamiku horských smrkových lesů pomocí různých metod. Tradiční modely vychází z pozorování tloušťkové struktury, a jsou časově omezené (MÍCHAL 1983, KORPEL 1989). To je do značné míry problematické, vzhledem k tomu, že u stromů ve stejných tloušťkových kategoriích na

daném stanovišti může docházet k věkovému rozdílu i 100 let (VACEK 1990, SVOBODA 2005).

Jiné metody jsou založené na základě popisu narušení (ZIELONKA et al. 2009) jedná se o způsob převzatý z prostředí Severní Ameriky, který umožňuje relativně přesně popsat zpětně průběh disturbancí i několika století (FRELICH 2002). Rozbor věkové struktury, spolu s dendrologickou analýzou, je jednou z variant, jak určit uvolnění porostu v průběhu růstu, což umožňuje vysvětlit působení okolního prostředí na dynamiku růstu díky letokruhům. Metoda „boundary line“, která hodnotí historii porostů za pomoci uvolnění a je též řazena mezi jedny z nejpodstatnějších dendrologických metod, porovnávající změnu růstu v procentech s průměrným přírůstem v předchozích letech, vytváří křivku, jež udává maxima navýšení přírůstu v daném stádiu růstu stromu a je charakterizována pomocí průměrného přírůstu (BLACK and ABRAMS 2004, SPLECHTNA et al. 2005).

Strukturu porostů v horských oblastech ovlivňují narušení velkoplošná, o čemž píše například (HOLEKSA et al. 2007) a narušení maloplošná, která zmiňuje třeba (KORPEL 1989).

Cílem této diplomové práce je navázat na předchozí bakalářskou práci, která se zabývala dynamikou horských smrkových lesů a popsat věkovou a tloušťkovou strukturu úroveňných stromů zaznamenáním narušení a jejich historii na vybraných územích rumunského pohoří Fagaraš.

Významem práce je přinést hodnověrné údaje z prakticky antropogenně nenarušených míst pohoří Fagaraš a přispět tak k porozumění problematice struktury horských smrčín. Založené zkusné plochy a údaje z nich, budou moci být do budoucna využívány k dalšímu vědeckému zkoumání.

1.1 Základní pojmy

Pojmem les původní, nebo prales se označují ty porosty, u kterých nebyla antropogenně narušena jejich vývojová linie, nebo došlo pouze k zanedbatelnému vlivu.

Přírodní les byl ovlivněn v minulosti antropogenními vlivy, ale vyvíjí se dále přirozenými procesy. Antropogenními vlivy se v tomto smyslu myslí zejména pasení dobytka, toulavá těžba atd. Nejedná se o porosty uměle vysazované, dosazované apod. Svou dřevinnou skladbou a strukturou odpovídá daným stanovištním podmínkám.

Přírodě blízké lesy jsou ty, které druhovým složením odpovídají podmínkám stanoviště, prostorová struktura je elementární. Dané porosty vznikaly pod antropogenními vlivy pravděpodobně s jasným cílem (VRŠKA et al. 2012).

Struktura porostu - jedná se o nesourodost výškovou, tloušťkovou a věkovou všech jedinců v porostu. Strukturu můžeme rozdělit do dvou skupin a to statickou a dynamickou. U statické se používají ty populace, u kterých není možné sledovat změny po celou dobu životního cyklu (VACEK 2007), naopak u dynamické struktury jsme schopni pozorovat změny po celý životní cyklus dané populace.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Dendrochronologie

Dendrochronologie je vědní obor používající exaktně naměřené roční přírůsty na letokruzích stromů, sloužící k vysvětlení řady témat využívaných následně v různých vědních oborech, jako je klimatologie, archeologie, hydrologie, ekologie a další (RUBINI & MCCARTHY 2004).

V ekologii se tato část odvětví nazývá dendroekologie. Celé toto odvětví je postaveno na změně v rychlosti radiálního růstu v čase. To slouží k zhodnocení změn životního prostředí na celkový růst jedince, stavbu porostu a jeho vývoj. Za celou dobu růstu jedince je možné pozorovat zpětnou vazbu na změny v působení biotických a abiotických činitelů (RUBINI & MCCARTHY 2004). Tato metoda je velice cennou a prověřenou v řadě studií. Dokáže určit množství a počet předešlých disturbancí zejména pokud je tato metoda spojena s věkovou skladbou porostu a povědomím o bádáném území (BLACK & ABRAMS 2003). Základem při zkoumání dendroekologických studiích narušení, je určení a nalezení uvolnění v letokruhové řadě (FRELICH 2002, BLACK & ABRAMS 2004).

2.2 Struktura lesa

Pod pojmem struktura je míněno vnitřní uspořádání porostu, jeho složení a stavba (POLENO et. al. 2009). Lze předpokládat, že při zkoumání a analýzách porostů, si nejsou jedinci vzájemně rovnocenní. O to více toto tvrzení platí, jestliže se jedná o

různověké porosty. Tyto rozdíly tvoří strukturu populace. Tu dělíme na statickou strukturu, tedy stanovenou na základě jednoho šetření v určitém čase, nebo dynamickou, která se zjišťuje po celou periodu životního cyklu dané populace. Jestliže hovoříme o statické struktuře, je nezbytné, abychom si určili podle jakého kritéria, budeme data vyhodnocovat. Jestliže se rozhodneme roztrždit jedince podle věkových tříd, budeme hovořit o tzv. věkové struktuře. Jestliže budeme zkoumat tloušťku daných jedinců v porostu, můžeme zjistit jak prostorovou, tak ontogenetickou strukturu, v případě zkoumání vývoje jednotlivých jedinců (VACEK 2007).

Základní lesnické dělení struktury porostů se řadí do tří skupin:

1. Dřevinná struktura porostu
2. Věková struktura porostu
3. Prostorová struktura porostu

Jinými slovy, do ekosystému lesa zahrnuje struktura lesa jak biotické, tak abiotické složky, kdy hlavními faktory při tvorbě struktury jsou intenzita, opakování se vnějších proměnných činitelů ovlivňující porost a samozřejmě vývojová fáze porostu. Struktura je značně proměnlivou veličinou. Největší rozličnosti můžeme zaznamenat ve fázi obnovy lesa, nebo naopak v porostech s vysokým věkem. Vysokou strukturovanost porostu můžeme postřehnout v tvrdých luzích, nebo jedlových bučinách (POLENO et. al. 2009).

Oproti tomu vysokohorské smrčiny jsou strukturované velmi málo, díky nepříznivým klimatickým podmínkám pomalému rozkladu živin a nízkému půdnímu profilu na těchto lokalitách (SVOBODA 2005). Struktura horských smrčín má úzký vliv na jejich stabilitu. Mladé porosty dosahují větší odolnosti díky nižšímu těžišti a menší ploše, do které se případný vítr může opřít. Proto mladší smrkové porosty lépe čelí silnému náporu větru. S narůstajícím věkem porostu dochází i ke zvětšování jeho dimenzí což způsobuje postupné snižování stability. Tuto skutečnost u smrkových porostů umocňuje mělký kořenový systém, který není schopen dřevinu pevně uchytit v půdě, a tedy dochází ke snadnějším vývratům.



Obr. 1 Struktura na jedné z TVP v údolí Ucea Mare.

Autor: Ing. Martin Mikoláš

2.3 Vývoj přírodního lesa

Obecně se vývoj přírodního lesa rozděluje do dvou cyklů - malého a velkého. Velký vývojový cyklus probíhá na základě velkoplošného rozpadu porostu, kdy dochází k odumření větší části zápoje, nebo došlo k narušení některým z typů disturbance, zejména větrem, ohněm, sněhem a lýkožroutem smrkovým. Nezáleží, zda se jedná o jejich synergické, či jednotlivé působení (JONÁŠOVÁ 2008). V této souvislosti se tedy mění i dané mikroklima stanovišť a s tím i fyzikální podmínky takto narušených stanovišť. Jako jedny z faktorů můžeme uvést zvýšenou mineralizaci půdy, zvětšení záření na plochu, které má za následek růst teplotních poměrů na stanovišti (PODRÁZSKÝ 1999, HADAS & LITSCHMANN 2007). Velký vývojový cyklus se rozděluje do tří základních stádií (PODRÁZSKÝ 1999).

a) Fáze přípravného lesa

Nastupuje bezprostředně po disturbanci, na ploše se nedochoval téměř žádný porost. Území je kolonizováno světlomilnými dřevinami, tzv. pionýrskými, které můžeme řadit i mezi přípravné. Jejich nároky na stanoviště jsou méně náročné.

Typický je pro ně rychlý růst, zejména v první fázi svého vývoje. Mají dostatečnou úrodu semen a kratší životní cyklus oproti jiným dřevinám. To je prakticky vyřazuje z možnosti se účastnit v závěrečné fázi lesa. Jedná se zejména o tyto druhy: jeřáb, olše, osika.

b) Fáze přechodného lesa

Je další vývojovou fází lesa, která přichází bezprostředně po fázi přípravné, kdy pod zápojem pionýrských druhů dřevin se začínají objevovat druhy tzv. klimaxové. Tyto dřeviny dobře snášejí polostín až stín. Oproti druhům pionýrským mají pomalejší růst, to se projevuje i v tloušťce letokruhů a dobře snášejí konkurenční prostředí jiných druhů. Jejich růstová vytrvalost a doba životnosti je větší, než u druhů převládajících ve fázi přípravného lesa. Jedná se o dřeviny jako je buk, jedle a smrk.

c) Fáze závěrečného lesa

V této fázi dojde k postupnému nahrazení pionýrských dřevin dřevinami klimaxovými, až k jejich takřka úplné převaze. Na stanovišti jsou obnovovány druhy klimaxové. Toto období je považováno za stabilní. V porostu dochází k největšímu nahromadění biomasy.

V případě závěrečné vývojové fáze, tedy klimaxového lesa, se další vývoj a obnova stanoviště řídí podle tzv. malého vývojového cyklu, za předpokladu, že nedojde k rozsáhlé disturbanci. Závěrečná fáze klimaxu také není neměnná. V rámci ní dochází ke třem vývojovým etapám - fáze rozpadu, fáze růstu a optima, a to na malých plochách. Tento cyklus vede k rozmanité struktuře lesa jak věkové tak tloušťkové. Řada autorů mluví o tzv. mozaikovitě struktuře (MICHAL 1983, PODRÁZSKÝ 1999, CAMBERS et al. 2013). Zatímco listnaté a smíšené porosty mírného pásma se vyvíjejí zejména prostřednictvím malého vývojového cyklu, pro lesy boreální, tedy lesy severních oblastí, je typické plošné narušení celého porostu. Podmínky v horách odpovídají spíše charakteru boreálních lesů, kdy je ovlivňuje chlad, vlhko, pomalý rozklad a růst. Podle dostupných vědeckých studií vyplývá, že plošná narušení porostů jsou hlavním faktorem, který hraje roli ve vývoji jak boreálního, tak horského smrkového lesa. Ač bychom mohli usuzovat, že horské lesy se řídí zejména podle velkého vývojového cyklu, nemůžeme toto tvrzení tvrdit stoprocentně a to zejména z

toho důvodu, že oba vývojové cykly, jak malý, tak velký, se navzájem prolínají. Již z dostupných historických pramenů můžeme čerpat informace o velkoplošných narušení středoevropských horských lesů a to i v případě, jestliže mluvíme o porostech původních.

2.4 Narušení porostu

Vývojový cyklus lesa a tvorba jeho struktury, je neodmyslitelně spjat s neustále se opakujícím narušováním porostů a následným procesem obnovy (ROSS et al. 2001) jej dokonce definuje jako dlouhodobě uznávaný činitel, který má vliv na vývoj lesních ekosystémů. Jiný pohled na disturbanci je definován jako samostatně vzniklou událost v čase, která narušuje nejen ekosystém, ale i společenství a strukturu populace, při které dochází ke změně zdrojů, prostředí a dostupnosti živné půdy. Narušení se projevuje zejména v horním stromovém patře, kdy se mění počet jedinců a celkový stav, což se projevuje na vitalitě jedinců (poškození koruny, kmenové části, kořenového systému atd.). Toto tvrzení (PERRY AND AMARANTHUS 1997) je zcela logické, vzhledem k dominanci stromů v porostním ekosystému. V souvislosti s tím se změny projeví v čase i na dalších organismech na stanovišti, zejména kvůli prosvětlení, teplotním změnám i minerálnímu složení půdy. Na porosty působí řada přírodních činitelů, které narušují jejich strukturu. Jedná se zejména o větrem vyvolané činitele jako tornáda, hurikány a větrné smrště. Vodou a sněhem podmíněné činitele - sesuvy půdy, záplavy a laviny a činitele vyvolané suchem, jako jsou např. požáry. Mezi další řadíme škody způsobené hmyzem a zvěří, nebo antropogenní vliv na porosty. Jejich působení se liší jak rozsahem, tak tvarem disturbované plochy, intenzitou narušení, roční dobou a cykličností (ROSS et al. 2001). V závislosti na výše vyjmenovaných faktorech, můžeme pozorovat následky způsobené disturbancemi ve složení porostu, jejich struktuře, až po tlak vyvolaný na funkci lesa jako takového, kdy mohou být narušené méně důležité funkce, až po ty které jsou nenahraditelné a dochází tak k úplnému odumření porostu.

(PICKET & WHITE 1985) konstatují, že disturbance porostů jsou unikátní a neopakovatelné. Mají za následek tzv. mozaikovitost porostů vyvolávající mezerovitou různorodou strukturu a mění složení druhů v ekosystému. Oblasti, kde dochází k opakovaným, silným disturbancím, jsou složeny ze stejnověkých a relativně mladých porostů, které nejsou tolerantní k zastínění. Oproti tomu oblasti, kde se disturbance

projevují v méně častých periodách, jsou tvořeny starými porosty, kde v druhovém složení jsou obsaženy zejména stinné druhy.

Disturbance lze popisovat na základě jednotlivých typů narušení způsobených na lesních porostech. Základními vlastnostmi jsou síla, rozsah a četnost, na základě kterých se rozhodujeme, o jaký typ disturbance se jednalo, a jak se narušení ovlivňují mezi sebou. Jestliže v průběhu času porost prodělal řadu disturbancí, pak základní charakteristiky nemusejí být jednoznačné a hovoříme o tzv. nestabilním režimu narušení.

(FRELICH 2002) uvádí, že ustálenost režimů je přímo závislá na délce působení a rozsahu zkoumaného území, proto můžeme pozorovat jak režimy, které jsou v krajině stabilní, tak režimy neustálené.

Disturbance dále můžeme rozdělovat na ty, které jsou vnitřního původu a vnějšího původu. Tedy vzniklé uvnitř, nebo mimo porost. Ty, které vznikají uvnitř porostu, jsou součástí dynamiky porostu. (WULDER AND FRANKLIN 2007).

Každý z jednotlivých druhů narušení, ať už se jedná o disturbance vyvolanou větrem, ohněm či jiným činitelem ovlivní svým působením zcela jinak daný ekosystém. To se promítá i ve složení a dalším vývoji porostu. U slabších jedinců, kteří nemají kondici v optimu, je větší pravděpodobnost, že dojde k jejich narušení. Následkem toho může být změna poměrů na stanovišti, která ovlivňuje další vývoj stromů. Dřívější narušení, která vyvolávají tlak na krajinu v souvislosti s plochou a periodicitou v každém vývojovém stupni a závislosti na časovém úseku, mají přímý dopad na úspěch budoucí strategie obnovy. To se samozřejmě odvíjí od síly a typu disturbance. Jako příklad můžeme uvést situaci ze Severní Ameriky, kde jak známo, oheň při lesních nadzemních požárech odstraní horní část humusu. Dřeviny, které jsou závislé na pokročilé fázi obnovy, jsou tedy vyřazeny z budoucí skladby ekosystému. Takovým příkladem je např. jedle balzámová (*Abies balsamea*) (WULDER & FRANKLIN 2007). Jiná situace nastává v případě, kdy dojde k narušení horního etáže porostu, ale podrost zůstává nepoškozen a tedy není vyloučen z následného vývoje ekosystému. To je typické například pro narušení porostu v důsledku vyvolaným hmyzem (WULDER & FRANKLIN 2007).

2.5 Vývoj

Rozmanitost narušení se může odrážet i v netypické skladbě porostů v rámci ekosystému, ve kterém nejsou obsaženi vzrostlí jedinci, nebo v porostech bez dolního podrostního patra. Jedná se zejména o mladší porosty, které vyplňují horní patro náležející k určité skupině za předpokladu, že došlo ke vnější disturbanci po předchozím narušení, kdy na stanovišti zůstaly některé stromy. Proto v porostu bude obsaženo více vertikálních skupin. To bude mít vliv i na větší prostorovou variabilitu ve skladbě, oproti nenarušeným celkům. K takovému jevu dochází, pokud celky budou mít obdobnou strukturu se starými porosty (WULDER & FRANKLIN 2007).

Při disturbancích může docházet ke změně objemu vody a živin v porostu, což může ovlivnit jak kladně, tak i negativně celkový růst v čase. K okamžitému uvolnění živin z organické hmoty, je charakteristické například pro narušení způsobená ohněm na druhou stranu takováto disturbance snižuje vázaný dusík v porostu, což může způsobit sníženou produkci stanoviště na nějaký čas (WULDER & FRANKLIN 2007).

Narušení, která proběhnou na velkých plochách, umožňují snižovat počty druhů, které nemohou dostatečně rozmístit svá semena na disturbovanou oblast. Možnosti rozptýlení semen jsou značně variabilní v závislosti na druhu dřeviny. Liší se svou velikostí, formou a uspořádáním orgánů napomáhajícím k přemístění semene na delší vzdálenost. Druhy pionýrské, jako například osika, nebo bříza, mají lehká semena. To jim umožňuje svá semena šířit za pomoci větru do velkých vzdáleností a osidlovat tak rozsáhlá území po narušení, oproti druhům s těžkými semeny bez křidélek, nebo podobných morfologických částí, sloužících k šíření semen (BURNS & HONKALA 1990). V některých případech se druhy s limitním rozptýlením zachovávají i na rozsáhle disturbovaných plochách díky změnám v síle disturbance, která tvoří ostrůvky vitálních jedinců po celém porostu a tvoří tak body, ze kterých se semena šíří dál. Jako příklad můžeme uvést části porostů, které byly částečně zasažené, nebo vůbec nezasažené požárem a roztroušeně se nacházejí po celém postiženém území (WULDER & FRANKLIN 2007).

Plošné disturbance jsou jednou ze součástí přírodních celků ovlivňující dřeviny a půdní vlastnosti v různých vývojových fázích. Tato skutečnost se dá pozorovat v rozsáhlých lesních areálech severní Ameriky či Sibíře (WULDER & FRANKLIN 2007).

V těchto částech planety jsou schopné přežít pouze ty dřeviny, které jsou schopné přizpůsobit se a obnovovat se na narušených plochách například po požáru. Velká část areálu je tvořena podrostem díky častému narušení, které neumožňuje stromům dorůst do dospělosti. Krajina jako taková a porosty nacházející se v ní jsou značně sensitivní k disturbancím a každé narušení prakticky zvyšuje sílu a prostorový dopad na porost. Jediné co může zmírnit tyto dopady a snížit ničivost narušení může být variabilita vegetace. Jestliže porozumíme režimu disturbancí a následnému vlivu na ekosystém, můžeme do budoucna snížit důsledky narušování porostů (ROSS et al. 2001).

2.6 Intenzita disturbance a její síla

K popsání režimů disturbancí je důležité si vysvětlit dva základní pojmy: intenzita a síla. Intenzitou se rozumí vydaná energie, která působila na porost. Sílou je míněna velikost mortality na organismy ekosystému, která vznikla následně po disturbanci (FRELICH 2002).

K určení intenzity narušení se využívá jedna z následujících metod, která se zakládá na hypotéze, že uvolnění stromu z potlačení a jeho rychlý růst v juvenilním stádiu, kdy strom se vyvíjel v zápojové mezeře, poukazuje na bod, kdy došlo k disturbanci v odpovídajícím časovém rozmezí. Intenzita disturbance je tedy formulována procentem ze všech zaujatých stromů na ploše a zápojem porostu v každém deceniu. Vzniklá chronologická řada ukazuje poměr porostu k jeho mezerám. Tato metoda umožňuje dobré znázornění stupně zápoje porostu, při cyklech malého mezerovitěho narušení i při disturbancích většího rozsahu. V případě sledování intenzity narušení tato metoda není citlivá k vzniklým drobným mezerám a dochází tak k jejich přehlížení. Vzhledem k tomu, že les, jako takový, je neustále vyvíjející se ekosystém, některé ze stromů mohou být nestabilní již před vzniklou událostí a před začátkem chronologické řady. Během vývoje může docházet i k několikanásobnému uvolnění jedinců a proto se na tuto metodu zjišťování intenzity narušení nemůžeme stoprocentně spolehnout (FRELICH & LORIMER 1991).

Při narušení vyvolaných větrem, můžeme konstatovat, že intenzita a síla jsou vzájemně proporcionální. Čím větší síla větru působí na porost – jedince, tím je větší pravděpodobnost, že stromy budou vyvráceny. Ač intenzita a síla je udávána v jiných veličinách, celkový efekt na porost – jedince je shodný. Jestliže hovoříme o narušení

porostu hmyzem nebo býložravci je intenzita způsobená na ztrátě biomasy velmi malá, vzhledem ke konzumačním možnostem jedinců a době působení. Nicméně výsledný dopad na porost může být značně variabilní. Od takřka nezaznamenanatelného, až po kompletní ztrátu životaschopnosti porostu (FRELICH 2002).

Podle FRELICHA (2002) se dělí síla disturbance do následujících 3 kategorií:

1). Narušení o malé síle

Dochází k menším poškozením porostu, zejména na jedincích horního porostního patra. To může způsobit roztroušené odumření stromů, maximálně několika jedinců v blízké vzdálenosti, které vede k formování mezer v porostu a vzniku tzv. mozaikovitě struktury zápoje.

2). Narušení střední síly

Může docházet k odstranění značné části podrostu, nebo horní etáže. Následný vývoj je zajištěn zbytky dospělců a semenáčů na stanovišti. V případě větrných narušení zůstává na stanovišti velké množství biomasy.

3). Narušení velké síly

Dochází k odumření značného počtu horní a spodní etáže, semenáčky nevyjímaje. Typickým příkladem může být požár. Téměř veškerý nahromaděný klest a hrabanka je postižena touto událostí.

Opakování cyklů narušení je formulováno jako perioda v čase, potřebná k rozrušení celého porostu. Na základě toho je možné zjistit pro většinu disturbance, kolik etap proběhne na daném území (FRELICH 2002). Celou periodu zjistíme, když vypočítáme obrácený průměr rychlosti disturbance za rok, a to zejména v porostech, které byly postiženy větrem nebo ohněm (FRELICH & LORIMER 1991). Systém narušení dává zejména údaje o četnosti stability cyklů různých druhů disturbance. Narušení v prostoru určuje míru, tvar a složení disturbancevaných míst (WULDER & FRANKLIN 2007).

2.7 Senzitivita porostů na narušení

Vnímavost lesních ploch na disturbanci silnou větrnou událostí, se odvíjí na charakteru a členitosti krajiny a lesním typu a vývojovém stádiu porostu. Obecně platí, čím mladší a stejnorodější porost, tím je větší pravděpodobnost, že nebude postižen větrnou smrští, díky svému nízkému vzrůstu a přizpůsobivosti (PANAYOTOV 2011). Jedinci, s výčetní tloušťkou ≥ 46 cm, jsou 1 ½ krát častěji poničeny větrnou smrští, oproti jedincům s průměrem 26-45,9 cm, ale zároveň jsou 1 ½ krát častěji postiženy, než dřeviny ve stádiu tyčoviny. Příčinou může být nižší ohebnost kmene u stromů s větší výčetní tloušťkou (FRELICH & LORIMER 1991). Rozhodujícím faktorem je schopnost stromu se poddat k působícímu proudu větru v průběhu větrné události, kdy je síla větru rozložena na větší část kmene a tak dochází k menšímu namáhání (FRELICH 2002). Pokud kmen stromu nemá takovou vlastnost, veškerá síla proniká kmenem a projeví se na bázi. To často vede k vyvrácení celého stromu s kořenovou částí, nebo jeho zlomem.

Starší stromy často bývají zasaženy hnilobami. Ty se nejčastěji projevují v dolní části kmene, což snižuje stabilitu vůči působícímu větru. Často stromy bývají v pokročilém věku duté, tím se snižuje hmotnost jedince, tedy váha působící na bázi stromu při kmitavém pohybu způsobeném větrem není taková, ačkoliv jedinec dosahuje větší šířky.

Poslední faktor, který ovlivňuje vzrostlé stromy, je jejich výška. Rychlost větru ve vrchní etáži dosahuje oproti podrostu větší rychlosti. Z území, které bylo postiženo 20 % ztrátou z celkového zápoje, činí okolo 10 % vzrostlí jedinci horní etáže, 6 % středně vzrostlých stromů a 4 % mladých stromů. Tím vznikají úseky bez zápoje. Dochází k aktivaci podrostu a převzetí role horního etážového patra a značné variabilitě zápoje (FRELICH 2002).

2.8 Vliv faktorů působících současně s větrem

Druh a předpoklady stanoviště mají vliv, do jaké míry bude porost narušen větrem (EVANS et al. 2007). Následky těchto narušení působí na biotické činitele jako druhovou skladbu, plochu a hustotu porostu. Vzájemně propojuje další narušení porostů, např. patogeny. Jestliže hovoříme o abiotických faktorech, které určují rozsah narušení, myslíme zejména půdní podmínky, reliéf krajiny a rychlost větru (EVANS et al. 2007).

Výskyt vývrátů v porostu je ovlivněn zejména půdním typem, který má vliv na tvorbu kořenového systému. Jestliže si sestavíme škálu podle rizikovosti, nejméně vývrátů se vyskytuje na písčitéch půdách díky tomu, že umožňují proniknout kořenům do větších hloubek, poté jsou to půdy hlinité, jílové a rašeliny (FRELICH 2002). Stabilita půdy pro stromy je závislá na dalších faktorech, jako jsou vlhkost, či promrznutí. Z toho plyne závěr, že ne každý vítr o dané rychlosti způsobí stejnou škodu. Rychlost 75 km/h je stanovena jako rychlost vichřice. Vítr o takovéto síle se vyskytuje každý rok, ale ne vždy dochází k narušení porostu. Aby byl porost narušen, musí dojít k synergickému efektu výše zmíněných faktorů (KREJČÍ 2013).

Síla vyvíjená na stromy vzrůstá lineárně s rychlostí větru, která narůstá od normálu, který se pohybuje mezi 10 až 20 km/h až po 100 kilometrové rychlosti. S narůstající silou větru začínají stromy nabývat proudnicového tvaru. Nejprve se asimilační orgány nakloní po směru proudění a sníží tak plochu. Poté dochází k ohybu drobných větví, kdy jsou vyrovnány za sebou. Následně se poddají i velké větve a natáčejí se po větru. Tím je snížena plocha, na kterou vítr může působit na minimum. V určité fázi už nemůže být sníženo působení větru na jedince a vyvíjená síla na strom narůstá na druhou mocninu síly větru. Řada jehličnanů umí snížit svůj povrch až o 45 % již při rychlosti větru okolo 40 km/h (FRELICH 2002). Kritická rychlost větru je stanovena na 270, 170 a 185 km/h pro plantáže smrku sitka (*Picea sitchensis*) se sponem 3 m a výškou 7,11 a 18 m (BLACKBURN & PETTY 1988). Hodnoty, které uvádí Blackburn a Petty, kopírují údaje rozsáhlých disturbancí v přírodních porostech. Rychlost větru 200 km/h a více, způsobí rozrušení pro cca dvou třetin vzrostlých jedinců v přírodních podmínkách. Jak bylo zmíněno i reliéf krajiny hraje svou úlohu při větrných událostech. S větší rychlostí větru se můžeme setkat v horní části svahů, v případě, že jsou pravoúhle s hřebenem. V prostředku svahu v situaci, kdy je úhel ostrý a dole v údolí, jestliže vítr fouká souběžně s hřebenem. Různé překážky při proudění

větru mohou vytvářet turbulence a víry, které mají ničivý charakter pro porost, zejména pokud jsou tvořeny na závětrné straně masivu. (FRELICH 2002).

Zákonnosti průběhu narušení a jejich význam se mění s každou novou disturbancí. Biotické a abiotické faktory na plochách můžeme zjistit díky poruchám vzniklých v přirozené obnově díky působení síly vichřice (EVANS et al. 2007)

2.9 Vzájemné působení jednotlivých větrných událostí

V průběhu větrných smrští dochází k rozhybání stromů, řada větrů má tzv. rezonanční efekt. Ten rozkmitá stromy a sladí jejich pohyb přesně s poryvy větru opírající se o porost. Rezanční efekt bývá často zpomalován půdou, radikulárním systémem jedince, nebo vzdušným tvarem koruny a narážením o sebe. V souvislosti s tím dochází k rozrušení kořenového systému, zejména menších kořenů, tím je narušena stabilita, která vede k pádu jedince. Nejčastěji stromy padají ve směru větru, ale v některých případech, kdy dojde k náhlému přerušení v poryvech větru, dochází k vývratu rozkmitaného stromu v opačném směru proudění větru (FRELICH 2002).

Následující větrné události se navzájem v čase ovlivňují. Prvotní větrné narušení většinou eliminuje stromy, které mají tendenci být odstraněny. Při následující větrné události již nemusí být na ploše jedinci, kteří jsou náchylní k narušení. Období, kdy se na ploše nevyskytují vhodné jedinci k odstranění, je přímo závislá na síle předchozí disturbance. Například vítr o nižší rychlosti větru odstraní pár nakažených stromů s hnilobou, ale dojde k poškození dalších stromů v porostu. Následující větrná událost o stejné intenzitě může odstranit tyto jedince, kteří se stanou náchylní (FRELICH 2002). Jestliže při intenzivní disturbanci dojde k odstranění porostu na celé ploše, pak tato plocha bude po dobu několika decenní zcela necitlivá k větrným událostem (FRELICH & LORIMER 1991).

2.10 Vývoj po disturbanci

Větrná narušení mají vliv na skladbu porostu a vývoj ekosystému. Pokud disturbance vytvoří rozvolnění v porostu stinných dřevin s dostatečným podrostem, nebo zásobou semen, dřeviny se na ploše udrží. Jestliže na ploše chybí podrost a dostatek semen stinných druhů, je dřevinná skladba na ploše nahrazena dřevinami

slunnými. K tomu dochází v mladých porostech, které ještě neprodukují semena a v hustě zapojených porostech, u kterých díky homogennímu zápoji nedochází k odrůstání zmlazení. Jestliže rozrušení proběhne u porostů se slunnými dřevinami a v podrostu se nacházejí stinné druhy dřevin, může jím být tato situace ku prospěchu a postupně tak plochu opanovat (KORPEL 1989).

Obnova vyvráceného porostu po disturbanci, závisí od věku, který určuje vývojové stádium. Značnou roli má přítomnost podrostu, která se projeví v krátkém čase. Na plochách, kde se podrost nenachází, může obnova takovéto plochy trvat i více jak 65 let (KULAKOVSKI & BEBI 2004). Ve smrkových lesích jižní tajgy probíhá obnova porostních mezer za pomoci slunných dřevin, jako jsou bříza nebo jeřáb. Ideální podmínky pro ně tvoří vývraty. Následky vzniklé narušením se ustálí již zhruba po 100 letech, jestliže mluvíme o rostlinné skladbě a stopy v mikroreliefu až po třech-pěti staletích. Díky tomuto způsobu jsou vytvářeny narušeními mozaikovitě struktury porostu, které přispívají k rostlinné a věkové diverzitě a větší stabilitě ekosystému (GROMTSEV 2002).

V horských smrčínách větrné události mají jeden z efektů, který dokáže nastartovat přirozenou obnovu. Výzkumy v těchto lokalitách ukázaly, že různé formy větrných událostí vytvářejí v porostech 30 – 50 m mezery. Na exponovaných místech dochází k narušením o rozloze 0,9 – 1,9 ha. Tato čísla neplatí u lesů, které jsou nepůvodní. U nepůvodních lesů dochází k mnohem větším škodám, často celoplošným. Po narušení porostu větrem zůstává na stanovišti dostatek biomasy. Při rozkládání dřeva dochází k uvolňování živin a tak nově vznikající les nachází příznivé podmínky ke svému vývoji (VALENTA 2007).

2.11 *Ips typographus*

V porostech, kde je zvýšený výskyt smrku ztepilého (*Picea abies*) je považován za jeden z podstatných faktorů narušení lýkožrout smrkový. Výskyt lýkožrouta smrkového v porostech má vliv na vitalitu stromů. Když dojde k jeho přemnožení, začíná napadat i zcela zdravé jedince (GÖTHLIN et al. 2000). Z podčeledi kůrovcovití (*Scolytidae*) je lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) jeden z nejagresivnějších. Na řadě míst centrální Evropy je smrk pěstován v porostech zejména z ekonomických důvodů, na úkor původnějších, smíšených lesů. V těchto případech vznikají problémy, kdy smrk

není zcela adaptován k těmto stanovištím, a proto je náchylnější k disturbancím (SEIDL et al. 2007). Ohroženy jsou zejména jedinci od stáří 70 let a rozvolněné porosty s výskytem takto starých jedinců. Vhodné prostředí pro gradaci brouka vytváří prvotní narušení porostů větrem. Následný vývoj je často pro porost fatální.

2.12 Průběh narušení kůrovcem

Proces disturbance porostu lýkožroutem je ovlivněn řadou biotických i abiotických faktorů. Do biotických faktorů řadíme stavy jedince a porostu, jako jsou zápoj, věkové rozvrstvení, zdravotní stav spojený s vitalitou lesa, které se dále odráží na výskytu dalších nemocí a škůdců. Abiotické faktory jsou zejména ty, které se týkají klimatu a počasí, tedy teplota, srážky, proudění větru a celkové poměry na stanovišti. V poslední době řadíme do této kategorie i kyselé deště a imise, které se projevují v řadě oblastí a mají za následek opadávání jehličí a hynutí porostů (SKUHRVÝ 2002).

V poslední době jsme mohli pozorovat řadu kůrovcových disturbancí, které byly vyvolány a spjaty s narušením řady porostů větrem, a teplejšími roky, vhodnými pro příznivý vývoj kůrovce. Zejména navýšení jeho generací (SEIDL ET AL. 2007). Teplejší počasí v jarních měsících zvyšuje letovou dobu brouka a urychlení jeho vývoje. Samozřejmě gradace brouka díky těmto faktorům se může, nebo nemusí potvrdit (SKUHRVÝ 2002).

Negativně se na porost odráží i nedostatek vody. Při nedostatku vody se zmenšuje turgor ve stromu a dochází tak ke snížení obranyschopnosti jedince před útoky lýkožroutů. Náchylní k těmto situacím jsou zejména jedinci ve vlhčích oblastech, kteří mají umístěny své kořeny na povrchu a nepočítají s nedostatkem vláhy, oproti stromům, které vyrůstají v sušších oblastech a mají tak svůj kořenový systém přizpůsobený těmto výkyvům. (SKUHRVÝ 2002).

Gradace narušení lýkožroutem je závislá na spouštěcích faktorech jako je vítr, námraza a sníh, po kterých většinou přichází optimum v potravní nabídce pro brouka díky vývrátům, polomům, nebo narušením kořenového systému, což snižuje vitality stromů (SKUHRVÝ 2002).

Životaschopnost stromů závisí, jak bylo zmíněno výše, od řady přírodních činitelů a okolností. Značnou roli zde hraje i genetika jedince, jeho původ. Schopnost přizpůsobit se, do jisté míry vytváří záštitu proti narušení lýkožroutem. V případě

zaútočení lýkožroutů v malém počtu na jedince, se strom brání výtoky smoly. Jestliže je hustota lýkožrouta velká, strom už nedokáže odolávat těmto počtům a postupem času jim podléhá. Šíření brouka záleží i na kvalitě potravy – lýka. V případě kvalitní potravy mohou lýkožrouti vytvořit dostatečné zásoby tukového tělesa, což jim umožní migraci do větších vzdáleností, oproti jedincům s malým tukovým tělesem. U samic je nutriční hodnota potravy spojena s vyšší plodností (SKUHRAVÝ 2002).



Obr. 2 Kůrovcová oka v údolí Arpasul

Autor: Ing. Martin Mikoláš

3 METODIKA

3.1 Studované území

Pohoří Fagaraš se nachází v centrální části Rumunska. Celý masív je situován na průsečíku rovnoběžek 45°30' severní šířky a 24°30' východní délky a zaujímá přibližně plochu 1 500 km², což je asi 10,6 % z celkové plochy jižní části Karpat. Hlavní hřeben se táhne z východu na západ a prakticky rozděluje pohoří na část se severními a jižními svahy. Jeho celková délka je uváděna mezi 70-80 km (VOICULESCU 2009). Největší vrcholy dosahují výšky přes 2500 m.n.m a je nejvýznamnějším glaciálním dědictvím Jižních Karpat.

Morfogeneticky má Fagaraš dobře rozlišitelné horské periglaciální útvary, které pokrývají 439,6 km². V severní části se jedná o zhruba 148,9 km² a na jižních sklonech o plochu 289,7 km².

Klima horského masivu je dostatečně nepříznivé. Vzhledem k vysoké nadmořské výšce je průměrná roční teplota na hřebenech kolem 0,2 C°, roční úhrn srážek se pohybuje od 1 200 do 1 300 mm. Sněhová pokrývka se v nejvyšších horských polohách drží 8 – 9 měsíců v roce. Charakteristické pro tuto oblast je rychle měnící se počasí, kdy často dochází k poklesu teploty pod 0 C° v průběhu roku, což má za následek sněhové srážky i v průběhu letních měsíců. Začátky vzniku Fagaraše sahají do období křídý, tedy konce druhohor. Základní složky tvořící pohoří jsou krystalické břidlice, zejména chloritové a sericitové, dále se můžeme setkat s rulami, zejména v jižní části pohoří. Na některých místech se vyskytují dolomity a dokonce i vápence. Nejběžnějším půdním typem, se kterým se můžeme setkat v této části Karpat, je podzol. Dominantními druhy, které tvoří dřevinnou strukturu pohoří, jsou smrk ztepilý (*Picea abies*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jedle bělokorá (*Abies alba*). Méně časté druhy jsou javor klen (*Acer pseudoplatanus*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), tis červený (*Taxus baccata*), nebo borovice limba (*Pinus cembra*) (VOICULESCU 2009).

Tabulka č. 1 Popis ploch

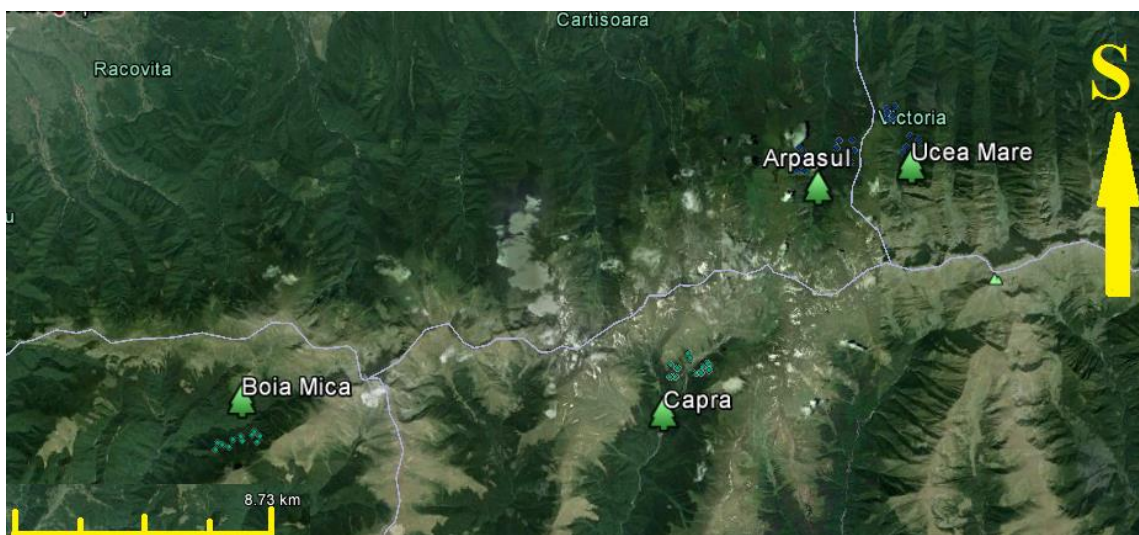
Název lokality	Zeměpisná délka	Zeměpisná šířka	Nadmořská výška	Aspekt	Sklon (°)	Počet ploch	Dominantní druh
Arpasul	24.66805234	45.63410099	1450	197	39	14	<i>Picea abies</i>
Ucea Mare	24.70019094	45.64289661	1458	222	35	12	<i>Picea abies</i>
Boia Mica	24.42568959	45.55279958	1465	263	42	12	<i>Picea abies</i>
Capra	24.61342614	45.5742427	1574	210	36	12	<i>Picea abies</i>

Poznámka: Zeměpisná délka a šířka jsou v systému WGS84

Nadmořská výška je udávána v m.n.m

Aspekt je poloha oblasti ve stupních (systém 360°)

Spád se určuje ve stupních



Obrázek č.3 Zakreslení zkoumaných ploch v mapě na základě souřadnic GPS

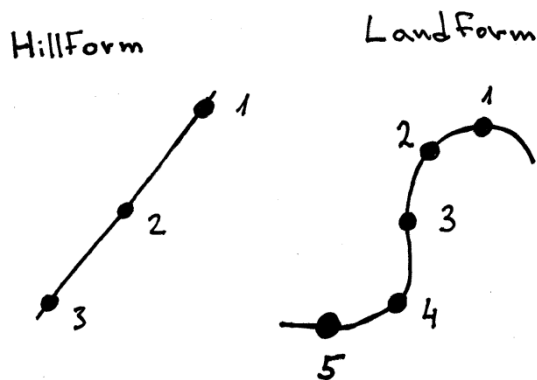
Poznámka: mapový podklad GPS/GoogleEarth 7.1.5.1557,2015 Google Inc.

3.2 Založení a stabilizace zkusných ploch

Zkoumané plochy byly stabilizovány jak v severní části, tak v jižní části pohoří. V každém údolí bylo stabilizováno minimálně 12 TVP, které se nachází ve třech transektech. Tyto transekty, procházející každým údolím, byly umístěny 500 až 1000 m od sebe, v případě, že neprocházely územím, na kterém nebylo možné TVP stabilizovat (skály, průrvy atd.). Na každé straně údolí bylo umístěno minimálně 6 TVP a to tak, aby v jednotlivých transektech byly umístěny jak vyšší, tak nižší pozice. Na každé TVP jsme odebrali středy z 25 stromů pro analýzy zjišťování historie disturbancí.

Jednotlivé, náhodně vygenerované body, byly vyhledány v terénu pomocí systému GPS. Poloha těchto ploch se stanovila pomocí geodetického kolíku a do vzdálenosti 2 m od kolíku na sever se zahlubí roxor. Tento bod se dále přesněji zaměřil pomocí 50ti záměr v Geografickém informačním systému a to v aplikaci ArcPad. Daný bod se stal středem trvalé výzkumné plochy (TVP) o celkové ploše 500 m², nebo 1000 m², v závislosti na četnosti stromů na ploše. Území o ploše 500 m² bylo zvoleno pouze v případě, že se jednalo o plochu s hustým mladým porostem, s denzitou více jak 150 stromů na 0,1 ha. TVP má tvar kruhu o poloměru 12,62 m, nebo 17,84 m. Vychází se při tom z poznatků, které jsou například uváděny v práci Zjišťování stavu lesa (SIMON & KADLEC 2014). Na 3 až 5 nejbližších stromů ke středu plochy se umístí napínáčky na kmen a to do výšky 1,3 m nad zemí tak, aby směřovaly ke středu plochy. Tento krok usnadní hledání středu plochy v příštích letech.

U jednotlivých ploch se zaznamenaly následné charakteristiky, jako je topografie terénu. Tedy tvar svahu (landform) a poloha na svahu (hillform). Poloha na svahu viz. obrázek č.4. – 1. nahoře na svahu, 2. uprostřed svahu, 3. dole na svahu – makroreliéf. Tvar svahu (landform) – 1. na kopci, 2. na svahu pod kopcem konvexní, 3. přechod mezi kopcem a údolím, 4. Nad údolím konkávní, 5. v údolí.



Obr. č. 4

Dalším údajem, který se zjišťoval, je svažitost terénu, která se měřila 10 m pod, a nad středem kolmo na vrstevnice, z čehož zjistíme jeden údaj sklonu. Pro změření sklonu jsme použili přístroj Vertex. Následovalo zapsání expozice (sever, jih, východ, západ) a stručný popis, který vystihoval stav plochy.

Dalším údajem, který se zjišťoval na celé ploše TVP, je obnova. Obnova se zjišťovala od výšky jedince 0,5 m. Jedinci se rozdělili do tří skupin 1. skupina od 0,5 m do 1,3 m, 2. skupina od 1,3 m – 2,5 m 3. skupina od 2,5 m výšky až do výčetní tloušťky 10 cm. Stromy s výčetní tloušťkou 10 cm a více patří do kategorie zájmových stromů. Stromy obnovované na stanovišti se též rozdělily podle druhů.

Přirozená obnova se dále rozdělila do kategorií podle mikro stanoviště (vyvýšené místo, snížené místo, na tlejícím dřevě – kláda či pahýl, jiné mikrostanoviště). Předpokládá se, že vyvýšené kupy a snížená místa na stanovišti mohly vzniknout po vývratu jedince z horního stromového patra. V případech, kdy není vizuálně úplně jasné, zda jedinec roste na místě značně pokročilého stádia rozkladu mrtvého dřeva, pomůže rýpnutí pod stromek např. výtyčkou. Pokud je zem narezivělá, jednalo se o mrtvé dřevo. Obnova a její počet je sice součástí zkoumaného území a měla by napomoci při objasnění vývoje a struktury lesa, ale akcent je kladen spíše na jiné poznatky ze stanovišť. Čas vydělený obnově na každou plochu byl maximálně 20 minut. Při zjišťování obnovy se též provádělo sčítání vývratišť a zaznamenávalo se, zda mají příslušnou kládu či jsou již bez ní.

Na TVP jsme očíslovali všechny stojící stromy (živé i mrtvé) s výčetním průměrem nad 10 cm. Spadlé stromy spadají do kategorie mrtvého dřeva. U stojících jedinců se zaznamenávala jejich výčetní tloušťka, druh, stav, jestli je daný jedinec mrtvý či živý. U souší jsme zaznamenávali odhad výšky souše v intervalech po deseti

metrech a stupeň rozkladu souše. Stupeň číslo - 1 krátce po uschnutí stromu, zůstávají drobné větve se zbytky olistění, st. č. 2 zůstávají drobné větvičky bez olistění, st. č. 3. většina drobných větví chybí, ale silné větve jsou kompletní, st. č. 4. často již zlom souše, zůstávají jen některé nejsilnější větve, st. č. 5. pahýl pod 2 m výšky, větve chybí, silně rozložený, st. č. 6. evidentní pařez po těžbě. Dále zjišťujeme, zda strom roste v podmínkách otevřeného zápoje (R – released), či v podmínkách uzavřeného zápoje (S – suppressed). O uzavřeném zápoji mluvíme tehdy, pokud je více než 50 % koruny stromu pod přímým zástínem sousedních jedinců. Z této kategorie jsme vyjmuli též jedince tzv. „vrůstavé“ – pokud není jejich koruna silně zdeformovaná a potenciálně utlačená od okolních jedinců z více jak poloviny. Jeden z hodnotících faktorů je i sociální status, jestli je jedinec v úrovni, nebo v podúrovni. Úrovní se rozumí více než 75 % výšky největších stromů na ploše. Jako v případě obnovy se zaznamenává mikrostanoiviště, tedy jestli strom rostl na mrtvém dřevě, na kupě po vývratu, nebo v prohlubni po vývratu.

U pěti náhodně vybraných jedinců, kteří patří mezi uvolněné a nepoškozené, se měřila výška jedince, nasazení koruny a šířka koruny ve dvou na sebe kolmých směrech. Vše se měřilo přístrojem Vertex.

Z očíslovaných stromů se náhodně vybralo 25 uvolněných stromů. Náhodný výběr byl zajištěn pomocí generátoru náhodných čísel. V terénu se prakticky používala jejich vytištěná forma. Mimo uvolněných stromů se odebrala dendrochronologická data i z pěti potlačených stromů, včetně stojících mrtvých jedinců, pokud se jedná o odumřelé v nedávné době. Pokud z jakéhokoliv důvodu se na ploše nepodaří odebrat vzorek z jedince (např. vyhníly kmen) a nebyl na vytyčené ploše nalezen totožný jedinec v rámci plochy, vybere se takový jedinec v bezprostředním okolí.

3.3 Odběr dendrochronologických dat

Odebírání vzorků v pohoří Fagaraš probíhalo na podzim 2011 a 2013. Sběr dat byl proveden ve čtyřech údolích a to údolí Ucea Mare a Arpasul, která se nacházejí v severní části pohoří Fagareše a jsou v těsném sousedství, v údolí Boia Mica a Capra, která jsou v jižní části Fagareše. Přitom údolí Boia Mica je orientováno v jihozápadním směru viz. Obr. č. 3. Předpokládalo se, že struktura horských smrčín bude v údolí Ucea Mare a Arpasul mít podobný charakter, vzhledem k tomu, že tyto údolí spolu přímo sousedí. V jižní části u ploch Boia Mica a Capra se též předpokládalo, že budou mít

podobný vývoj, ale již ne tak blízký jako v severní části pohoří a to z důvodu částečné změny v orientaci údolních těles a také vzdálenosti obou ploch od sebe. Struktura jižní a severní části se předpokládala značně odlišná a to kvůli orientaci svahů a předpokládaným odlišným klimatickým vlastnostem, ačkoliv např. plocha Arpasul a Capra jsou prakticky sousední údolí.

Pro odebrání vzorků z jednotlivých stromů byl zvolen Presslerův nebozez. Jedná se o nejstarší používanou přístrojovou metodu sloužící k hodnocení minulosti a stavu jedince. Metoda spočívá v odebrání dřevního válečku pomocí nebozezu, kdy se snažíme navrtat strom s jeho dřeně nebo co nejbližší. V našem případě byla tolerance 0,5 cm od dřeně. Presslerův nebozez je dutý vrták s vrtnou hlavou, vybavený extraktorem pro vyjímání dřevního válečku (KOLARČEK 2006). Před samotným vrtáním jsme nebozez dezinfikovali v lihu. Vývrt se odebral ve výšce 1 m nad zemí, a to vždy ze strany kolmé na spádnici a ze strany, kde strom jevil intenzivnější přírůst v koruně. V případě, kdy se na ploše vyskytnul shnilý jedinec, byl nahrazen jedincem obdobné výčetní tloušťky v co nejbližším okolí. Nejprve se vybírali stromy z plochy. Jestliže se takovýto jedinec na ploše nenacházel, vybral se strom mimo plochu. Pokud na ploše bylo méně stromů než kýžený počet, byly náhodně vybrané stromy mimo plochu dovrtnány podle následného postupu. Zvolil se směr S, J, V, Z. Postupovali jsme od středu plochy až k nejbližšímu nevrtanému stromu. Živé stromy mohly být vrtané maximálně 3 krát a to z důvodů nenarušení jejich životaschopnosti. Otvory vzniklé po odebrání vývrtů se zatřely štěpařským voskem. V našem případě byl použit štěpařský vosk značky Primax. Účinné látky kalafuna < 30 %, lanolin < 30 %, abiester < 30 %, terpentýn < 20 %, líh 6,2 %.

Pro přenos a dočasné uložení vývrtů, které jsou dostatečně křehké, se použila brčka, která jsme sešily sešivačkou z obou stran tak, aby vývrt nemohl vypadnout. Na provizorně vzniklý obal se nadepsalo lihovým fixem několikrát o jaké území, plochu a číslo stromu se jednalo. Takto odebrané vývrty byly připravené k transportu z plochy a čekalo se na zpracování v laboratoři.

Dalším sledovaným faktorem bylo vyhodnocení, zda jedinec v mládí odrůstal v otevřeném či uzavřeném zápoji. Proto byly vrtány i některé stromky s výčetní tloušťkou od 5 cm do 10 cm rostoucí v různých podmínkách přímého osvětlení koruny. V blízkosti TVP byly identifikovány a popsány rozličné rozměry, mezery v zápoji, ve kterých byly odebrány vzorky z mladých jedinců. Velikost mezer (gapu) bylo vždy

nutné změřit a zaznamenat. Poté byli odebráni jedinci rostoucí pod zapojenou korunovou klenbou.

3.4 Měření výšek

Výška stromů byla měřena za pomoci výškoměru Vertex a transpondéru TRP 60 (aktivní ultrazvukové odrazky) na každé TVP. Postup měření probíhal následovně. Na kmen vybraného jedince se umístil transpondér. Od měřeného stromu se poodešlo na potřebnou vzdálenost, tak abychom pohodlně viděli špičku stromu a aktivní odrazku (transpondér) na kmeni stromu. Díky zaměření přístrojem Vertex na transpondér a vysláním signálu, si přístroj odečetl vodorovnou odstupovou vzdálenost od měřeného stromu. Dalším zacílením na patu stromu a posléze na špičku měřeného jedince přístroj spočítá na základě podobnosti trojúhelníků výšku stromu. Výšky se změřily pouze u 5-ti jedinců, tak aby zahrnuly reprezentativní vzorek, ze kterého by se mohly dopočítat výšky u zbývajících jedinců. Výšky u ostatních stromů na ploše se dopočítávaly v programu Excel pomocí vyrovnané výšky s pěti výšek, naměřených v porostu pomocí logaritmické regrese $y = a * \ln(x) - b$ (MACHEK 1988).

3.5 Výpočet objemu dříví na stanovištích

Pro výpočet přibližného objemu dříví na stanovišti byl použit vzorec viz. obr. č. 5. Tento vzorec odpovídá výpočtu objemu ideálního válce. V případě, že bychom chtěli zjistit skutečný objem, museli bychom tento vzorec vynásobit nepravou výtvarnicí. My jsme zvolili zcela subjektivně, pro orientační určení objemu dříví, výtvarnici $f=0,45$. Zjišťováním nepravé výtvarnice jsme se v naší práci nezabývali. Vzorec pro výpočet orientačního objemu dříví byl použit z učebnice Dendrometria (ŠMELKO 2007):

$$v = \frac{\pi}{4} * d^2 * h * f$$

Obr. č. 5. Vzorec pro výpočet objemu stojícího dříví

3.6 Zpracování odebraných vzorků

Po příjezdu z terénu se odebrané vzorky nejprve vyjmou z provizorních obalů a nalepili se na předem připravená prkýnka s vyříznutými drážkami. K přilepenému vzorku se napsalo na prkýnko zkratka území, číslo plochy a stromu. Přilepené vzorky se po vysušení seříznuli pomocí žiletky a nabarvili pomocí křidy, pro lepší čitelnost letokruhů v mikroskopu. Veškeré údaje zapsané na ploše se přepsaly do počítače a ještě jednou se zkontrolovaly s nalepenými vzorky na prkýnkách. Poté se mohlo přistoupit k dalšímu procesu, k tzv. „tečkování“.

Jednalo se o proces, kdy jsou spočítány letokruhy z výřezů pod mikroskopem. U vzorků, kde byla navrtána dřeň stromu, se rozumí počátkem pro sčítání letokruhů první letokruh od dřeně. Na prvních 10 letokruhů od dřeně se nadepíše číslice od 1 do 10 v závislosti na jejich vzdálenosti od dřeně. Dále už se každý letokruh vyznačil tečkou, každý 10 byl označen čárkou, každý 50 křížkem na prkénko, stý dvěma křížky, 150-tý třemi atd. Tyto kroky byly dělány pro lepší kontrolu a eliminaci chyby. Poslední letokruh na vývrtnu se nebal v potaz a to z důvodu, že vývoj v době jeho odběru nebyl ukončen. U vzorků, kde nebyla navrtána dřeň stromu, bylo přistoupeno k dopočítávání letokruhů pomocí šablon. Šablony dopočítávající střed byly sestavovány na základě předpokladu konstantního radiálního přírůstu chybějící části středu. Hodnota se tedy odvozovala na základě zprůměrování prvních pěti letokruhů, které bylo možné měřit, respektive jejich radiálních šířek (SPLECHTNA et al. 2005). Postupovalo se tak, že na první známý letokruh na vzorku bylo napsáno, o jaký letokruh v pořadí od dřeně se jedná, tedy jeho reálná vzdálenost od středu. Další postup už probíhal stejně jako u vzorků se dřemí.

Následné měření vzorků probíhalo za pomoci mikroskopu, posuvného měřicího stolu TimeTable a programu TSAPWin. Měření mělo za úkol změřit nejkratší vzdálenost jednotlivých letokruhů mezi sebou. Přesnost, se kterou byly vývrty měřeny, byla 0,01 mm. Po tomto měření byly datovány a kontrolovány jednotlivé letokruhové série. Zvolenou metodou kontroly bylo tzv. křížové datování. Jedná se o nalezení synchronní polohy letokruhové řady. Pro první zpracování dat byla využita tzv. metoda významných roků (YAMAGUCHI 1991), která umožňuje datování a kontrolu měření, případně odstranit nedokonalosti růstu, jako jsou chybějící, nebo naopak zdvojené letokruhy.

3.7 Další zjišťované údaje

Pro dokreslení celé struktury porostů se na TVP v pohoří Fagaraš měřilo také mrtvé dřevo a obnova. U mrtvého dřeva se určovalo stádium rozkladu ležících kmenů podle kategorií 1-5 na základě metodologie (SIPPOLA & RENVALL 1999).

1. kategorie - jedinci, kteří jsou v kůře, místy mají ještě živé lýko, při vpichu nožem se zapíchneme maximálně do hloubky 0,5 cm.
2. kategorie - dřevo, které je ještě tvrdé, vpich nožem se pohybuje od 1-2 cm. Kůra je na větší části kmene ještě zachovalá, ale již bez čerstvého lýka.
3. kategorie - dřevo částečně rozložené (buď uvnitř kmene, nebo na povrchu). Hloubka vpichu kolem 3-5 cm. Kůra na kmenech se nachází jen zřídka.
4. kategorie - větší část dřevní hmoty je již měkká, celá čepel nože proniká do dřeva 15 – 20 cm, kmen je obvykle již bez kůry, část dřeva již odpadá od kmene.
5. kategorie - dřevo je zcela měkké, při zvednutí dochází k rozpadu. Kmen kopíruje terén, zpravidla bývá pokryt mechory a lišejníky, nebo již jím začíná prorůstat vegetace.

Vymezení liniových transektů bylo zvoleno hvězdicové, kdy střed byl umístěn do středu TVP, od kterého se odvíjelo jednotlivých 5 ramen dlouhých 20 m, pod úhly 0°, 72°, 144°, 216° a 288°. Tuto práci prováděli dva lidé, kdy zapisovatel si stoupl s buzolou do středu vytyčené plochy a umístil odrazku digitálního výškoměru s ultrazvukovým dálkoměrem do středu plochy. Měřič s průměrkou, navedený zapisovatelem ve směru 0°, 72°, 144°, 216°, 288°, se vydal po transektu a změřil všechny kmeny, průměrkou, které v daném směru překročil a zjistil jejich stádium rozkladu. Zapisovatel poznamenal údaje a kontroloval měřiče, jestli dodržel směr transektu. Ze zjištěných průměrů byly spočteny na základě vzorce podle (VAN WAGNER, C. E. 1968) viz. obr. č. 6 objemy ležícího mrtvého dříví. Ty pak byly shrnuty se základními statistickými údaji podle jednotlivých údolí v tabulce č. 2.

$$V = (\pi^2 \sum d^2 / 8L) \times 10\,000 \text{ m}^2/\text{ha}$$

Obr.č. 6 vzorec objemů ležícího mrtvého dříví podle (VAN WAGNER, C. E. 1968)

Při našich měřeních na TVP se provádělo i orientační sčítání regenerace, tedy malých semenáčků. Čas vydělený pro zjišťování obnovy na každé ploše byl maximálně 20 minut. Toto sčítání slouží pro dokreslení podmínek na stanovišti. V praxi probíhalo tak, že dva členové z měřičské skupiny na konci ostatních měření před odchodem z plochy systematicky celou TVP prošli a zjistili aktuální stav regenerace. Jeden člen byl v roli zapisovatele a druhý sčítal jedince, určoval jejich druh a hlásil zapisovateli, který všechny údaje vnášel do předem připraveného formuláře.

4 VYHODNOCENÍ

Cílem práce bylo získání informací o souboru dat ze 4 údolí v pohoří Fagaraš. Toto území je pokryto přírodními lesy, tedy jedná se o ideální prostředí ke zkoumání jak struktury, tak narušení porostů. K vyhodnocení dat byly jednotlivé údaje rozčleněny podle údolí a pomocí popisné statistiky zjišťovány dané charakteristiky. Statistickými ukazateli byly: počet stromů/ha, výška, tloušťka, věk a objem stromů jak v rámci celého údolí, tak i na jednotlivých plochách. Pro dokreslení celé situace na zkoumaných plochách byla zjišťována regenerace a objem mrtvého dříví. Pro určení frekvencí statistických znaků byly vytvořeny přehledné tabulky a grafy jako jsou histogramy, které byly zpracovány v programu Statistica 12 a krabicové grafy. Pro sestavení krabicových grafů jsem zjišťoval minimální a maximální hodnoty, jejich medián, kvantily a odklonění. Tyto údaje, jsem zpracovával v programu Excel, kdy následně z těchto dat byly vytvořeny grafy. Jednotlivé údaje byly poté převedeny do souhrnného grafu, který je přehlednější pro celkové srovnání a vyvození závěrů z jednotlivých dat.

4.1 Struktura

Využitím popisné statistiky jsem zjišťoval typické charakteristiky pralesu. Statistickým znakem byly tloušťka stromu, počet stromů /ha a věk. Věková struktura se odvozovala na základě zjištěného počtu letokruhů z odebraných vývrtů. Pokud na odebraném vzorku chyběla dřev, tedy střed jedince, použil jsem dopočítávací šablony.

Šablony dopočítávající střed byly sestavovány na základě předpokladu konstantního radiálního přírůstu chybějící části středu. Hodnota se odvodila na základě zprůměrování prvních pěti letokruhů, které bylo možné měřit, respektive jejich radiálních šířek (SPLECHTNA et al. 2005). Po vyhodnocení vývrťů jsem zjišťoval jejich dorost do výše 1,3 m. Jednotlivé stáří stromů bylo rozloženo do dekád a zachyceno v grafech jednotlivých narušení. Matematicky je možné toto zaznamenat jako $x-5 > x \leq x+5$.

Struktura tlouštěk na sledovaném území se vyhodnocovala pomocí výčetní tloušťky všech jedinců a jejich zařazení do jednotlivých tloušťkových stupňů. Tloušťkové stupně byly definovány rozsahem 10 cm, kdy byly označeny střední hodnotou v určitém rozsahu. Matematické vyjádření tloušťkového stupně lze definovat jako $x-5 > x \leq x+5$. Pro určení četností (frekvenci) statistických znaku byly vytvořeny přehledné tabulky a grafy, jako jsou histogramy, krabicové grafy tzv. boxploty a spojnicové a výsečové grafy. Využil jsem typické statistické ukazatele, jako aritmetický průměr, minimum, maximum, medián, kvantily směrodatnou odchylku a odklonění. Z naměřených dat a odebraných vzorků byly jednotlivé údaje rozčleněny podle jednotlivých údolí a ploch do souborů v programu Excel a Statistica 12.

4.2 Popis režimu disturbancí

Pro zjištění rytmu uvolnění v jednotlivých dekádách byla vybrána analýza autorů Balck & Abrams (2003,2004), která zjišťuje uvolnění na základě změny průměrného ročního přírůstu s průměrným přírůstem let předešlých. Z našich dat jsem použil křivku tzv. „boundary line“ a kritéria ze studie Splechny et. al. (2005). Hlavními kritérii jsou, data ze stromů, která přesahují hodnotu 50% změny růstu. Tyto stromy se rozdělují dále do dvou skupin a to do skupiny středně silného uvolnění, které je v intervalu od 20 do 50% hodnoty „boundary line“ předešlého zjištěného radiálního růstu a skupiny silného uvolnění, které se projevuje překročením 50% hodnoty hranice „boundary line“. Dendrologická analýza byla doplněna na závěr vyhledáním začátečního růstu jedinců, což odhalilo jedince vyrůstající pod zápojem, nebo naopak mimo něj. Metoda je založená na průměrném radiálním přírůstu 5 letokruhů do vzdálenosti 2 cm směrem od středu kmene (FRELICH 2002). Hodnota průměrného radiálního přírůstu se stanovila na 2 mm, na základě srovnání dvou skupin mladých jedinců. Jedna skupina roste pod zápojem a druhá mimo něj. Poté se zařazují trendy

růstu každého vzorku do tří skupin - klesající, s plochým průběhem křivky a parabolickým průběhem (FRELICH 2002). Jestliže průměrný radiální přírůst pěti letokruhů překročil stanovenou hranici (FRAVER et al. 2009) a trend růstu byl klesající, s plochým, nebo parabolickým průběhem, pak byl strom označen jako odrostlý mimo zápoj (FRELICH 2002)

Grafy popisující režim disturbancí jsou v této diplomové práci sestavené na základě počtu jedinců vykazujících uvolnění, nebo jejich vznik na volném prostranství. U některých autorů se můžeme setkat s jiným postupem a to zjišťováním uvolnění pomocí přepočtu korunového zápoje.

5 VÝSLEDKY

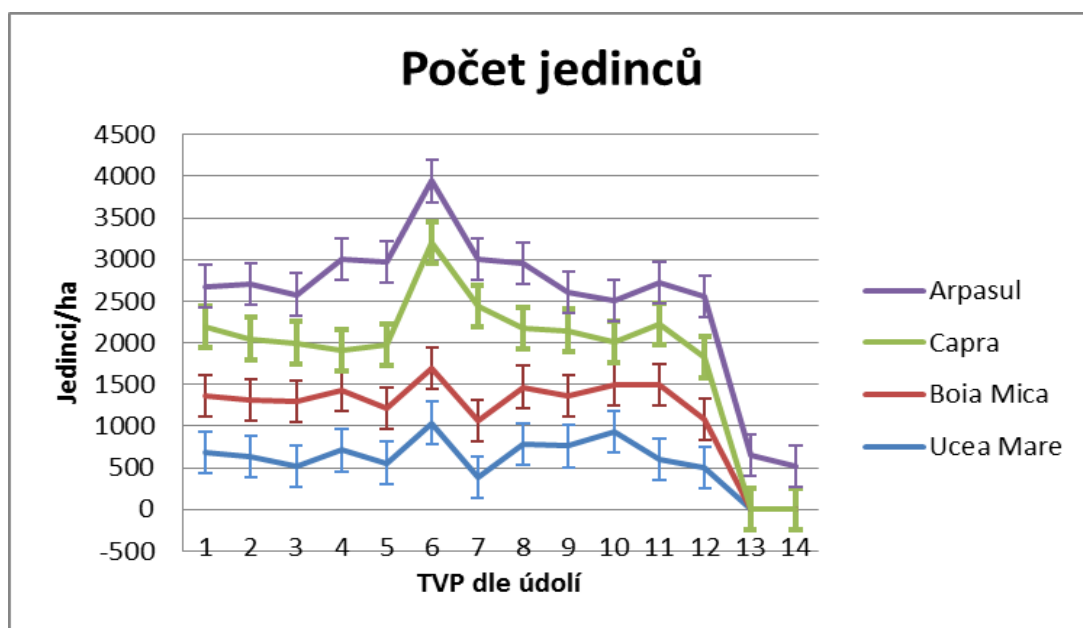
Cílem práce bylo získání informací o souboru dat ze čtyř údolí v pohoří Fagaraš. Toto území je pokryto přírodními lesy, tedy jedná se o ideální prostředí ke zkoumání jak struktury, tak narušení porostů. K vyhodnocení dat byly jednotlivé údaje rozčleněny podle údolí a pomocí popisné statistiky zjišťovány dané charakteristiky. Statistickými ukazateli byly počet stromů/ha, výška, tloušťka, věk a objem stromů jak v rámci celého údolí, tak i na jednotlivých plochách. Pro dokreslení celé situace na zkoumaných plochách byla zjišťována regenerace a objem mrtvého dříví. Pro určení frekvencí statistických znaků byly vytvořeny přehledné tabulky a grafy jako jsou histogramy, které byly zpracovány v programu Statistica 12 a krabicové grafy. Pro sestavení krabicových grafů jsem zjišťoval minimální a maximální hodnoty, jejich medián, kvantily a odklonění. Tyto údaje, jsem zpracovával v programu Excel, kdy následně z těchto dat byly vytvořeny grafy. Jednotlivé údaje byly poté převedeny do souhrnného grafu, který je přehlednější pro celkové srovnání a vyvození závěrů z jednotlivých dat.

5.1 Struktura

5.1.1 Počty jedinců na plochu

Na území údolí Ucea Mare, Arpasul, Boia Mica a Capra, byly odebrány vzorky celkem z 3494 jedinců, z toho 187 vzorků bylo odebráno mimo vytyčené plochy od totožných jedinců, nacházejících se v bezprostřední blízkosti od založených ploch, a to z důvodu nemožnosti odebrat vzorky z vybraných stromů na ploše (např. vyhnílý střed).

Celkem 625 stromů z 3494 bylo kvalifikováno jako odumřelý strom (souše). Průměrný počet stromů na plochu činil 67 jedinců, tedy přibližně 670 jedinců na hektar. Z toho nejvíce jedinců bylo naměřeno na ploše ROM_FA9_539 v údolí Capra, s přepočítaným počtem na hektar 1510 stromů. Naopak nejmenšího počtu dosáhla plocha ROM_FA4_060, s celkovým přepočítaným počtem na hektar 390 jedinců v údolí Ucea Mare. Jak je uvedeno v grafu č. 1, viz. níže, počty jedinců na hektar v jednotlivých údolích nejsou rozloženy rovnoměrně. Struktura se výrazně liší v údolích Arpasul a Capra, oproti údolí Ucea Mare a Boia Mica.



Graf č. 1 Přepočítaný počet stromů na hektar v jednotlivých údolích rozčleněný na jednotlivé TVP

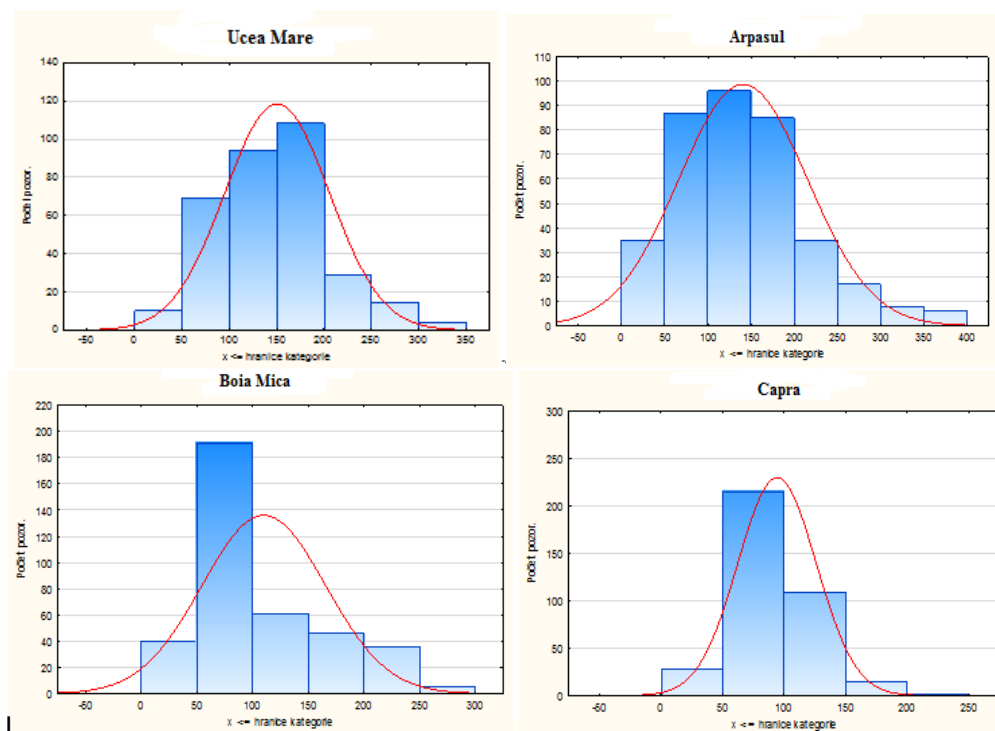
5.1.2 Věková struktura

Věková struktura v jednotlivých údolích se určovala z odebraných vzorků na jednotlivých plochách, pouze z jedinců, kteří projevovali uvolnění. Tedy nebyli potlačeni okolními stromy. Vzorky se odebíraly 1 m nad zemí, což mohlo negativně ovlivnit zjištěné hodnoty týkající se skutečného věku stromů. V takto náročných stanovištních podmínkách může rozdíl mezi stářím stromu na jeho bázi a stářím ve výčetní tloušťce 1 m činit až 40 let (MÍCHAL 1983), nicméně ke zjištěnému věku odebraných vzorků se s touto skutečností neuvažovalo. Zjištěný věk nejmladšího jedince byl 11 let, oproti tomu nejstarší jedinec měl 400 let, tedy jeho počátek se datuje

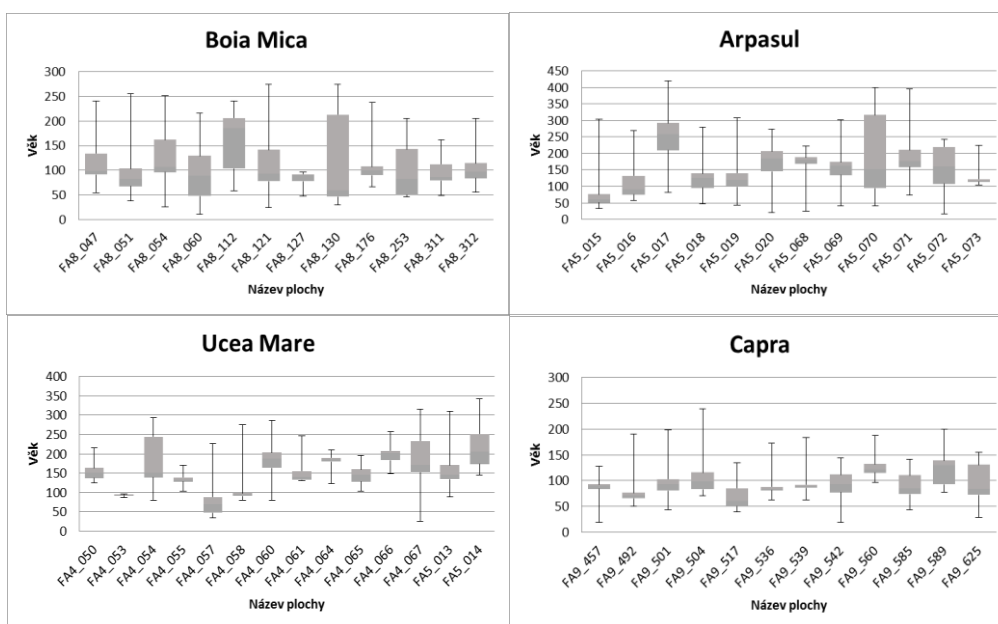
do roku 1611. Průměrný věk na všech zkoumaných plochách se pohyboval v rozmezí od 96 let v údolí Capra, po 152 let v areálu Ucea Mare. Z níže uvedených histogramů viz. obr. č. 7 vyplývá, že můžeme najít jistou spojitost mezi plochami Ucea Mare a Arpasul, kdy těžiště jejich věkové struktury se přesouvá do starších věkových tříd kolem věku 150 let. Údolí Boia Mica a Capra zaznamenávají jiný trend a tím je velké množství jedinců stejného věku, kteří se datují mezi roky 1913-1933. Můžeme předpokládat, že v tomto období došlo v této oblasti k značnému narušení tehdejších porostů, které měly za následek uvolnění ploch pro nové jedince, kteří našli vhodné podmínky a začali se dále rozvíjet na takto uvolněných plochách. Srovnání všech čtyř zkoumaných údolí, v rámci pohoří Fagaraš, můžeme sledovat na grafu č. 2.

Celkový odebraný počet vývrtů pro určení věkové struktury činil 1444 vzorků. U 865 jedinců bylo dosaženo přesného středu stromu, tedy nebylo nutné dopočítávat chybějící letokruhy pomocí šablon. U zbývajících počtu 579 jedinců musel být střed dopočítáván v laboratoři za pomoci šablon. Průměrná dopočítávaná vzdálenost od dřene, tedy středu stromu činila 5,3 mm. Z hlediska dopočítávání středů byla nejnáročnější plocha FA4_066 v údolí Ucea Mare, kdy musely být dopočítávány středy stromů u 20 jedinců. Tato plocha byla ještě specifická tím, že celkem dva vzorky z této plochy byly odebrány mimo vytyčenou plochu kvůli vyhnílému středu a absenci podobných jedinců v rámci vytyčené kruhové plochy s poloměrem 17,84 m (1000 m²). Jak je možné vidět z obrázku č. 8, jedná se o druhou nejstarší měřenou plochu ze všech čtyř údolí a nejstarší plochu v rámci areálu Ucea Mare. Tato plocha se nachází v nadmořské výšce 1525 m.n.m. Hůře odebíratelné středy stromů jsou přisuzovány vysokému věku dřevin rostoucích na ploše (průměrný věk 201 let, nejmladšímu jedinci bylo zjištěno 158 let), situování celé plochy severovýchodní expozici a tedy vlhčí poměry na stanovišti. Podle metodologie byla určena poloha na svahu (hillform) 3, tedy dole na svahu, viz obr. č. 4. Tvar svahu (landform) 2 což odpovídá konvexnímu tvaru pod vrcholem, sklon plochy činil 37°. Oproti tomu na ploše FA5-017v údolí Arpasul se dopočítávání středů pomocí šablony provádělo pouze u 2 jedinců. Průměrný věk dřevin na této ploše byl 101 let, plocha se nalézala v nadmořské výšce 1403 m.n.m. Poloha na svahu (hillform) byla zaznamenána podle obr. č. 4, a byl jí přiřazený bod 2, tedy uprostřed svahu a tvar svahu (landform), bod 3, tedy přechod mezi kopcem a údolím. Jak vizuálně, tak i ze zjištěné věkové struktury porostu plocha působí značně homogenně. Stáří u všech 25 stromů na ploše, u kterých byly odebrány vzorky, se datuje od roku 1904 až do roku 1915. To by znamenalo, že se na ploše prudce změnilo

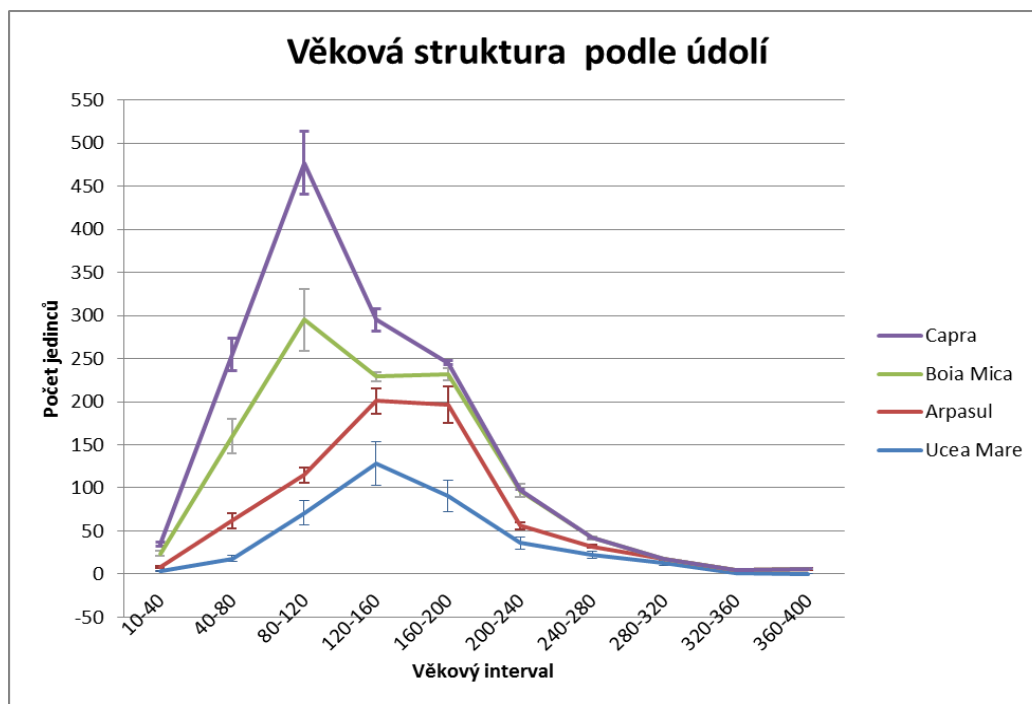
podmínky, které vedly k mohutné regeneraci. Pouze jeden vzorek byl odebraný nad rámec 25 stromů vně vytyčené plochy a to proto, že tento jedinec vykazoval jiné charakteristiky než ostatní stromy v okolí. Věk tohoto stromu byl 211 let, jeho původ se datuje kolem roku 1805 a zaznamenává uvolnění na začátku 19. století.



Obr. č. 7 Histogramy věkové struktury v jednotlivých údolích na základě odebraných vývrtů



Obr. č. 8 grafy znázorňující věkovou strukturu jednotlivých ploch podle údolí.

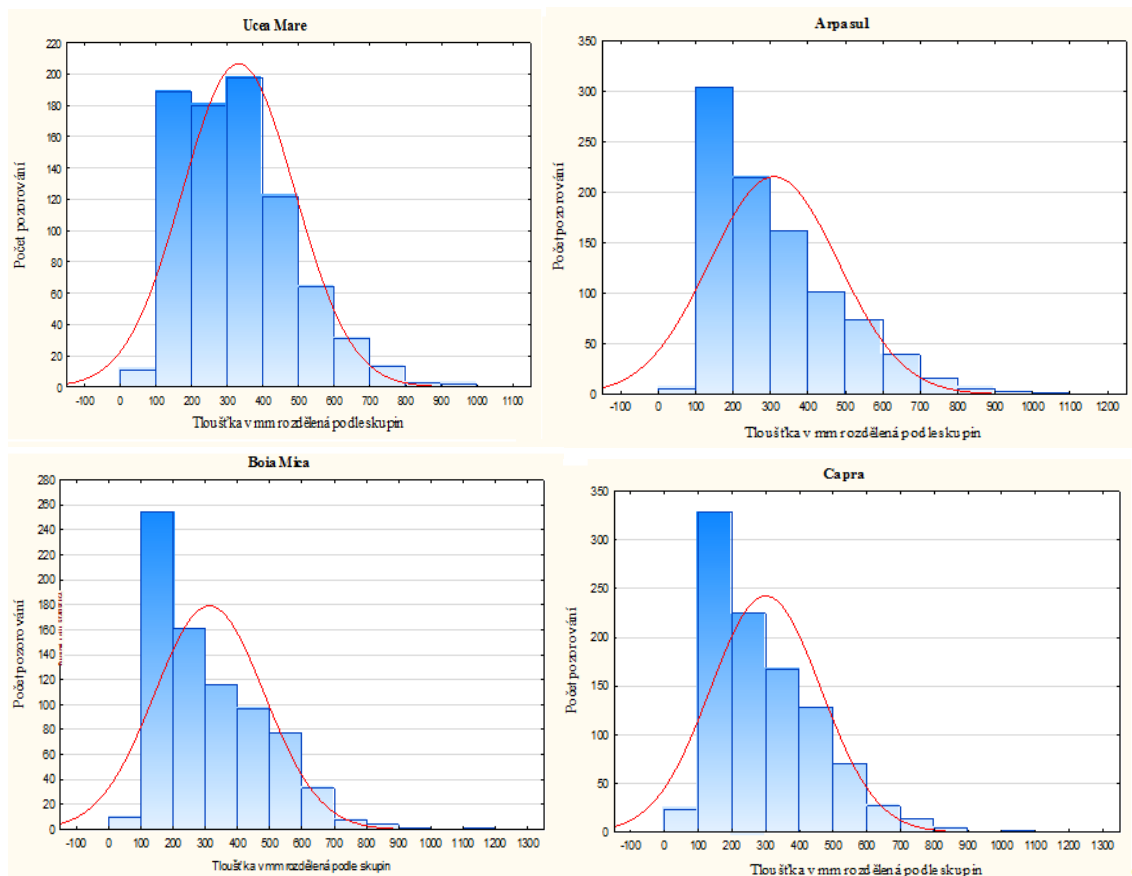


Graf č. 2. Souhrn věkové struktury všech zkoumaných TVP.

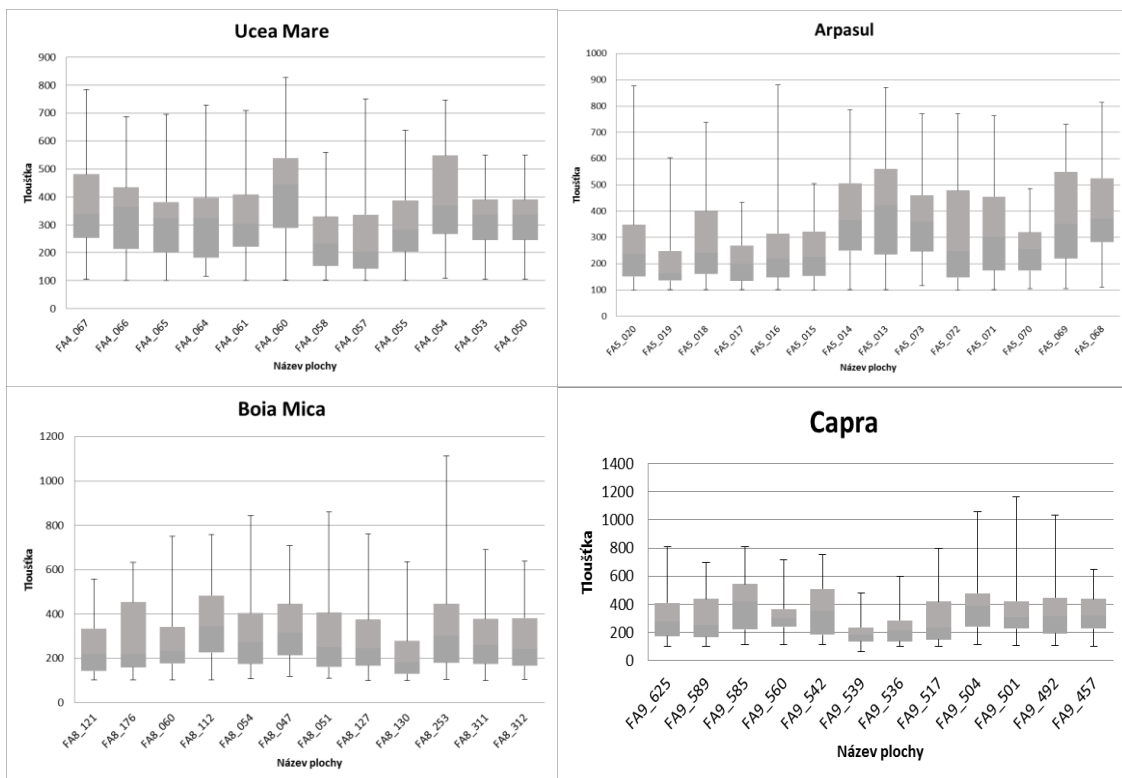
5.1.3 Tloušťková struktura

Tloušťka se měřila ve zkoumaných údolích na založených TVP u všech jedinců nad 100 mm. Pouze na některých plochách se namátkově odebíraly tloušťky u stromků, které byly pod touto hranicí a vykazovaly uvolnění v porostu (nebylo jim nijak bráněno v růstu okolními jedinci např. zastínění atd.). Celkem se jednalo o 17 jedinců. Z těchto stromů byla odebrána dendrochronologická data ke zjišťování uvolnění v průběhu posledních let, pro dokreslení celkové struktury a vývoje ve zkoumaném areálu. Pro potřeby zkoumání tloušťkové struktury bylo celkem změřeno 3494 jedinců, bez rozdílu zda se jednalo o potlačené jedince v porostu, nebo naopak o jedince, kteří zasahovali do hlavní etáže. Průměrná tloušťka dřevin za všechny údolí činila 310,7 mm. Jednotlivé tloušťkové histogramy můžeme sledovat na obrázku č. 9, které popisují rozložení tlouštěk, do jednotlivých intervalů po 100 mm, v daných údolích. V zásadě u všech údolí, až na plochu Ucea Mare, můžeme sledovat podobné rozložení tlouštěk, kdy mezi průměrem 100 mm a 200 mm se nachází nejvíce jedinců a v následujících intervalech se jejich počet postupně snižuje. Tento jev se ve zmíněné dolině neprojevil, ba naopak nejvíce jedinců bylo zaznamenáno v intervalu mezi tloušťkami 300 – 400 mm. Není proto překvapením, že plocha s největšími průměry u všech sledovaných ploch byla změřena právě v tomto údolí na ploše ROM_FA4_060, kde průměrná tloušťka u všech

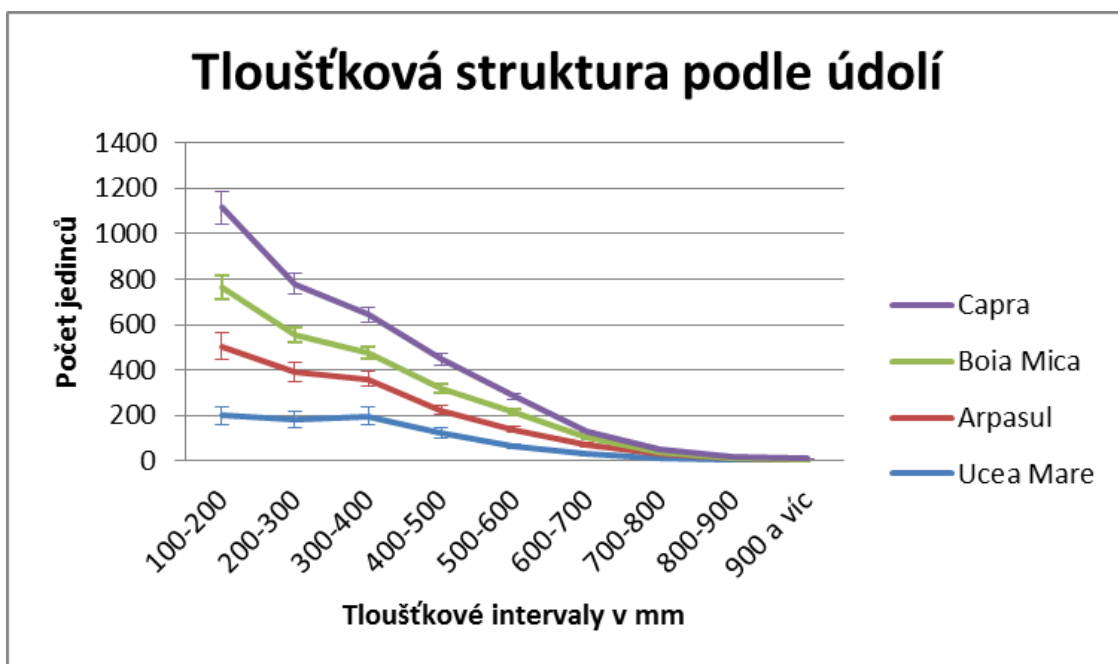
změřených 33 jedinců činila 477 mm. Naopak TVP s nejmenším průměrem byla zaznamenána v údolí Capra na ploše ROM_FA9_539, kde tloušťka změřených 138 jedinců byla v průměru pouhých 197 mm. Na základě tloušťkových četností porostu bychom tuto plochu mohli charakterizovat, jako stádium dorůstání (KORPEL 1989), kdy dominance původního porostu klesá a naopak podíl nového porostu se zvyšuje a tím se dostává do fáze dorůstání, což s sebou nese prudký vzestup, kdy spodní a střední vrstva nastartuje rychlý růst. Z pohledu staršího porostu, jestliže jsou ještě jeho jedinci přítomni, se jedná o fázi dožívání. V našem případě byli přítomni na ploše takoví dva jedinci, s tloušťkami okolo 480 mm. U nejstaršího jedince byl zjištěn věk 184 let, tedy jeho vznik se datuje do roku 1828 a v zásadě oproti jiným jedincům jsou starší zhruba o 100 let.



Obr.č. 9 Tloušťkové struktury podle jednotlivých údolí v pohoří Fagaraș



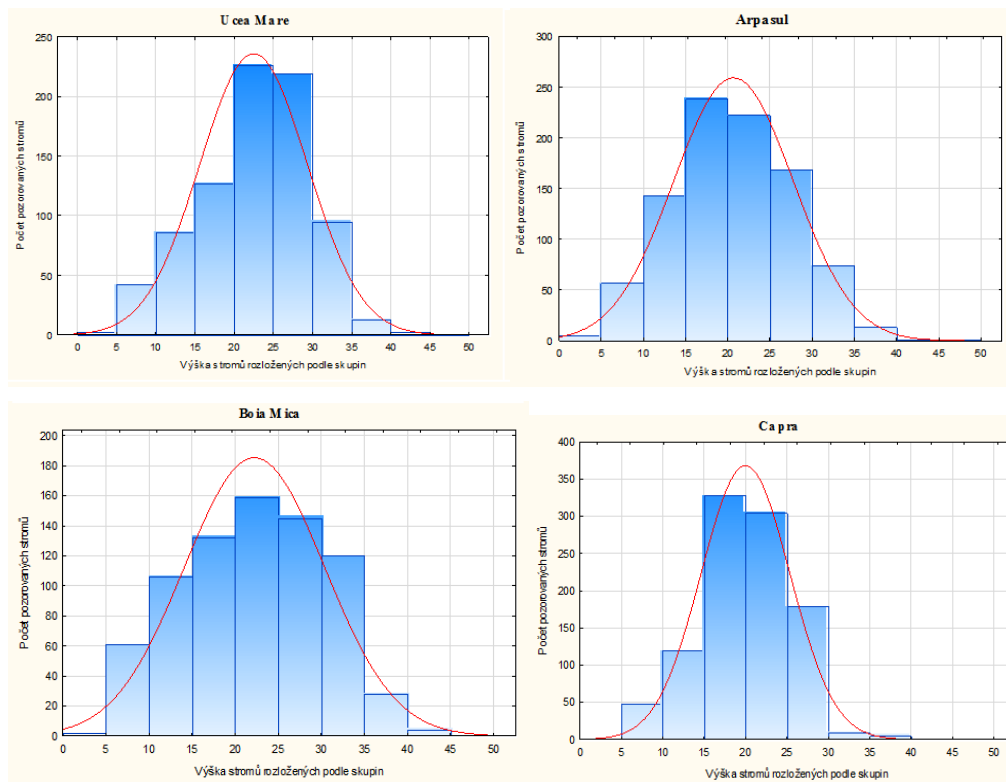
Obr. č. 10 znázorňující tloušťkovou strukturu jednotlivých ploch podle údolí.



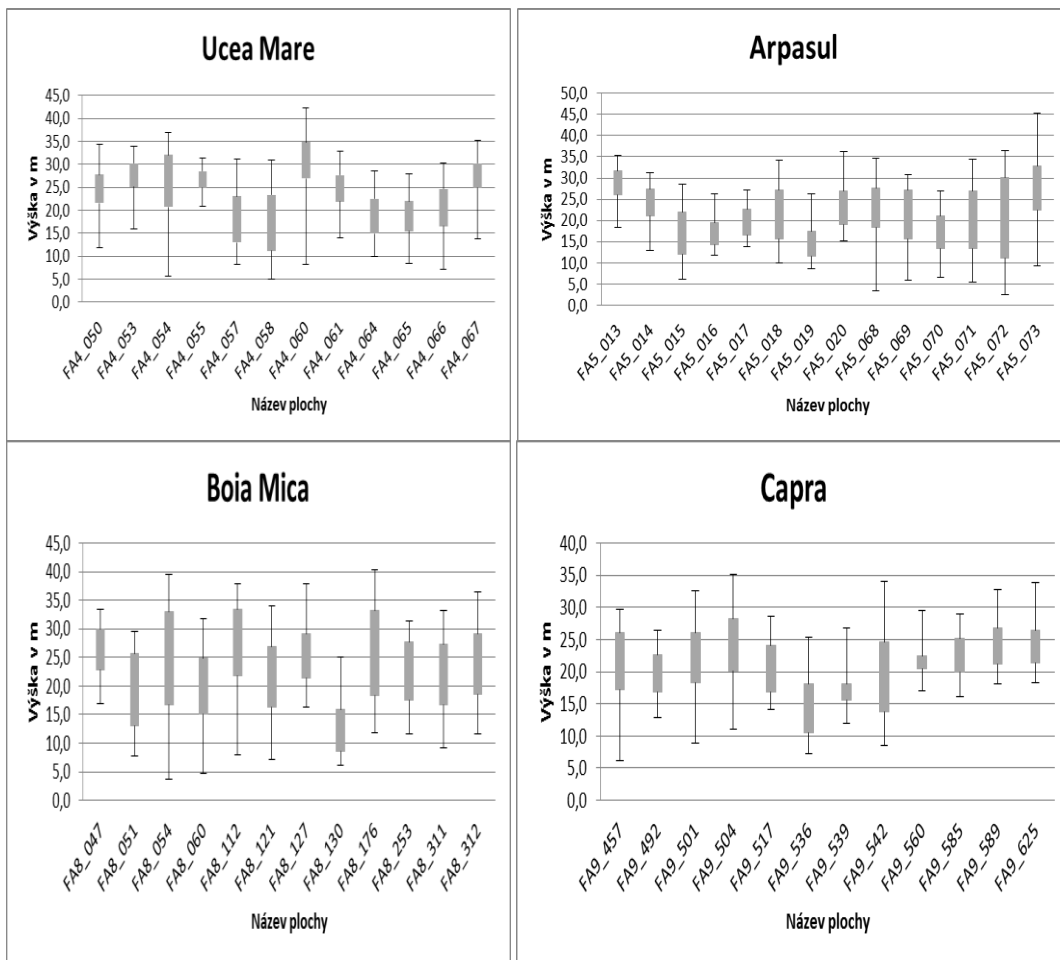
Graf. č. 3 Srovnání tloušťkové struktury podle údolí

5.1.4 Výšková struktura

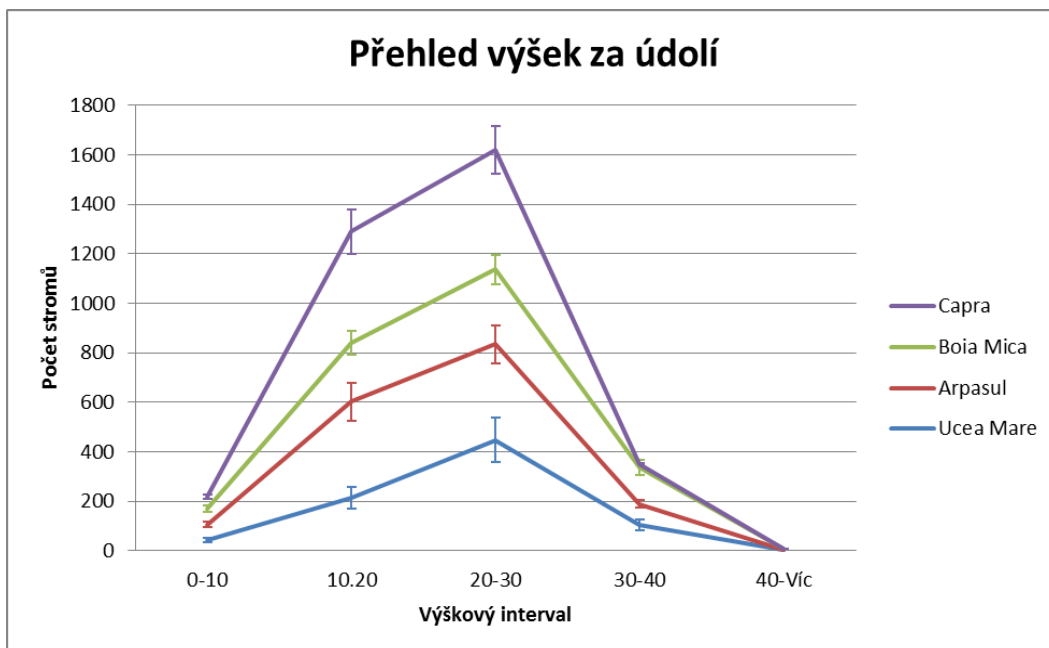
Výška stromů byla měřena za pomoci výškoměru Vertex na každé TVP, ale pouze u části jedinců. Zbývající výšky byly dopočítávány na základě regresní analýzy, kdy se stanovovala vyrovnaná výška a její grafikon pomocí logaritmické spojnice trendu v programu Excel. Regrese zkoumá vztah mezi dvěma proměnnými. V našem případě jsme měli změřené tloušťky u všech jedinců nacházejících se na TVP s průměrem 10 cm a více. Pouze u některých z nich byly naměřené i jejich výšky. Závislost mezi těmito dvěma proměnnými stanovila budoucí vývoj závislé proměnné s pomocí nezávislé proměnné. Vztah mezi regresandem (proměnná Y) a regresorem (proměnná X) je dán na základě matematického modelu, tedy rovnice. Spojení závislé a nezávislé proměnné je dáno regresní funkcí, která obsahuje neznámé parametry. Úkolem regresní analýzy je najít neznámé parametry tak, aby co nejlépe kopírovala vývoj sledovaného ukazatele a s velkou přesností odhadla jeho vývoj (HENDL 2012). Podle obrázku č. 11, histogramy výškové struktury rozčleněné podle jednotlivých výškových skupin a údolí, můžeme sledovat výškovou strukturu v rámci zkoumaných areálů. Zatím co v údolí Ucea Mare a Boia Mica bylo zaznamenáno nejvíce stromů s výškou mezi 20 až 25 m, v údolí Arpasul a Capra dosahovala většina stromů výšek mezi 15 až 20 m. Největší naměřený strom byl zaznamenán na ploše ROM_FA5_073, který měřil přes 45 m. Pro plochu, která se nachází v nadmořské výšce 1283 m.n.m., je to ale spíše ojedinělý jev.



Obr. č. 11 výškové struktury podle jednotlivých výškových skupin rozčleněné do jednotlivých údolí.



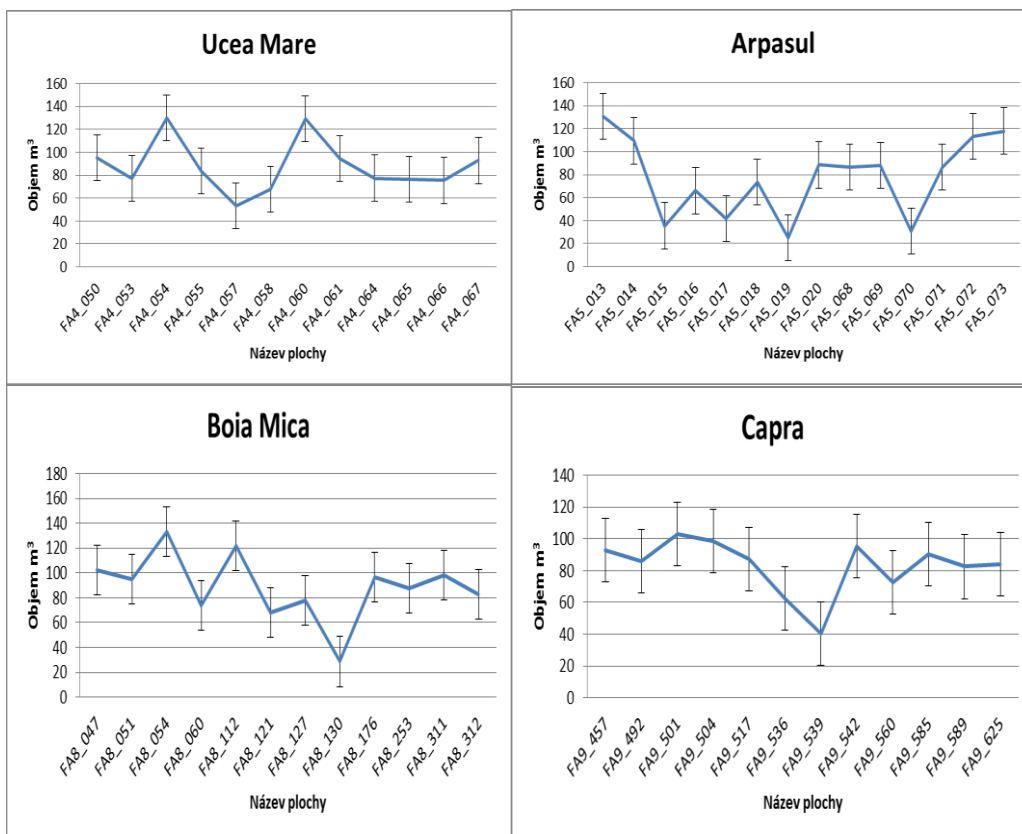
Obr. č. 12 výškovou strukturu jednotlivých ploch podle údolí.



Graf. č. 4 Srovnání výškové struktury podle údolí

5.1.5 Stanovení objemu stojících stromů na ploše

Jak uvádí (ŠMELKO 2007) ve své učebnici Dendrometria, změření a stanovení objemů je u stojících stromů mnohem obtížnější, než u poražených kmenů. Přímou lze měřit pouze dostupnou část kmene a to do výšky zhruba 2 m. Zbývající veličiny pouze nepřímou, pomocí bezkontaktního měření, nebo regresních vztahů a matematických modelů. Jak již bylo zmíněno v bodě 5.1.4 (Výšková struktura), výšky byly měřeny za pomoci zařízení Vertex u vybraných jedinců. U zbývajících jedinců byla dopočítána na základě regresní analýzy. Průměry stromů byly zjišťovány pomocí lesnické průměrky s přesností na milimetry. Tyto základní údaje, jako je šířka a dopočítaná výška stromů, sloužily pro základní výpočet objemu stojících stromů na TVP. Vzorec pro výpočet objemu stojícího stromu, viz obr. č. 5. Celkový zjištěný objem dříví na TVP dosahoval 3744 m³. Nejvíce m³ bylo naměřeno v údolí Capra, kdy na ploše ROM_FA9_501, bylo zjištěno 103,16 m³ dříví. Oproti tomu na TVP ROM_FA5_015 v údolí Arpasul dosahoval objem dříví u stojících stromů 27,74 m³. Jednotlivé objemy podle údolí, rozčleněných na TVP, můžeme sledovat na obr. č. 13 - Přehled objemu dříví na TVP. S největší zásobou v rámci údolí jsme se setkali v areálu doliny Capra, kde rozdíly mezi jednotlivými plochami byly v zásadě vyrovnané. Větší odchylka v zásobě byla zaznamenána pouze u tří ploch z celkových 12 měřených. Podobný vývoj byl i v údolí Ucea Mare. Ke značné rozrůzněnosti v objemech dříví mezi plochami docházelo na TVP v areálu zkoumaného území Arpasul a Boia Mica, jejichž areály jsou od sebe značně vzdálené.



Obr. č. 13 Přehled objemu dříví na TVP

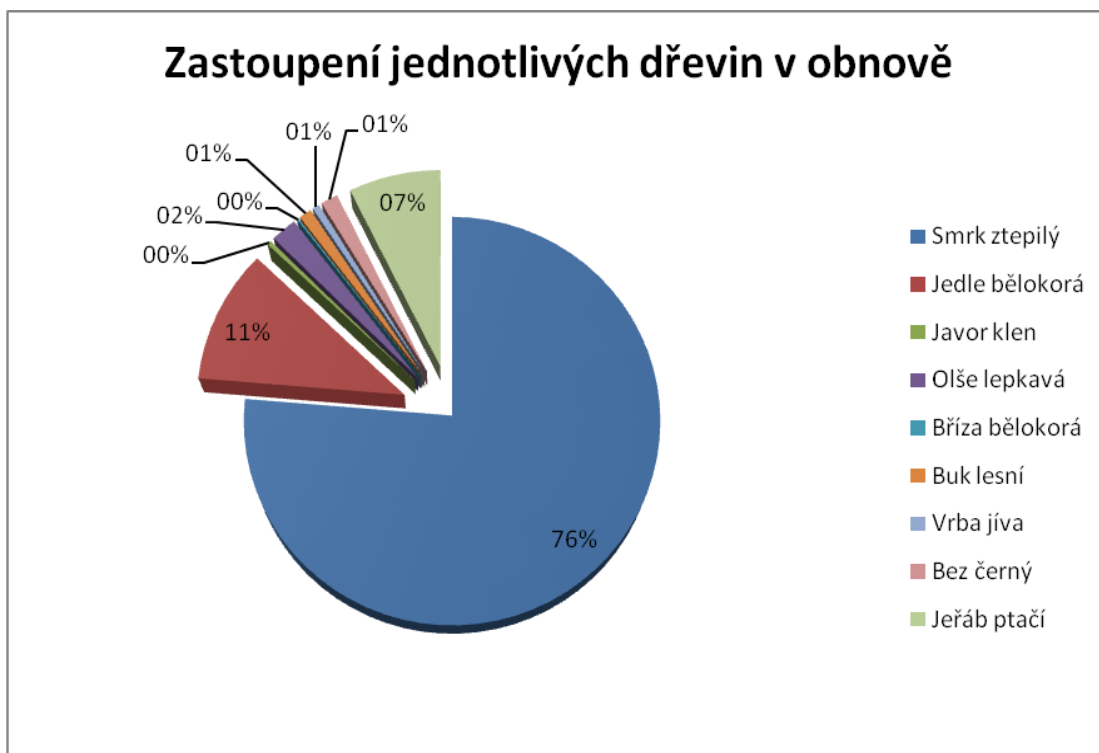
5.1.6 Ležící mrtvé dřevo

<i>Název údolí</i>	<i>Průměrný počet mrtvých stromů/ha</i>	<i>Směrodatná odchylka a počet mrtvých stromů</i>	<i>Počet mrtvých stromů/ha s průměrem (DBH) >= 50 cm) N/ha</i>	<i>Směrodatná odchylka počtu mrtvých stromů s průměrem (DBH) >= 50 cm) N/ha</i>	<i>Kvadratický průměr mrtvých stromů (cm)</i>	<i>Směrodatná odchylka kvadratických průměrů mrtvých stromů (cm)</i>	<i>Průměrný objem zbytků dřevní hmoty (m³/ha)</i>	<i>Směrodatná odchylka zbytků dřevní hmoty (m³/ha)</i>
UceaMare	143	90	3	5	24	8	105	61
Arpasul	119	121	14	13	31	12	137	40
Boia Mica	113	58	6	8	22	10	84	64
Capra	163	101	3	7	20	6	56	62

Tabulka č. 2 Souhrn ležícího mrtvého dříví podle údolí

5.1.7 Regenerace

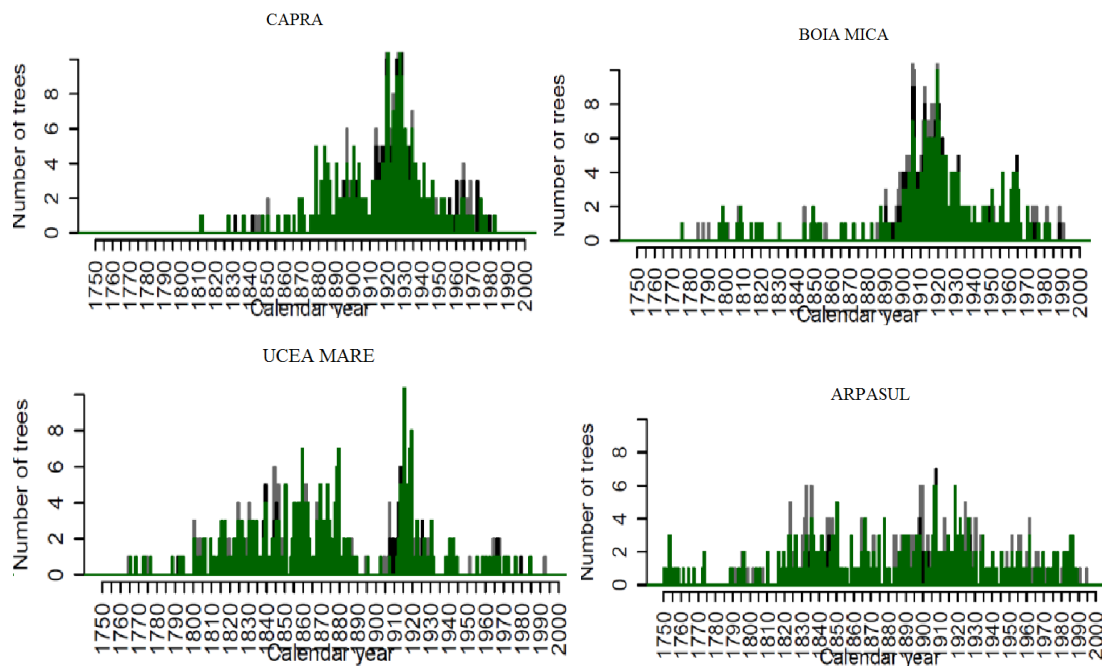
Při našich měřeních na TVP se provádělo i orientační sčítání regenerace, tedy malých semenáčků. Čas vydělený pro zjišťování obnovy na každé ploše byl maximálně 20 minut. Toto sčítání má sloužit pro dokreslení struktury lesa na zkoumaném území. Celkově na všech plochách bylo zjištěno 1380 stromků. Procentuální zastoupení s dominující obnovou smrku ztepilého (*Picea Abies*), je znázorněno v grafu. č. 5 - Procentuální zastoupení obnovy podle jednotlivých druhů v rámci zkoumaného areálu.



Graf. č. 5 Procentuální zastoupení obnovy podle jednotlivých druhů dřevin

5.1.8 Historie režimu narušení

Narušení a jeho historie bylo sledováno na 1444 úrovňových smrcích *Picea Abies*. Ze zjištěných dat vyplývá, že historie narušení měla následovný průběh. V jižní části pohoří Fagaraše na plochách Boia Mica a Capra byly porosty podrobeny silnějším narušením zhruba mezi lety 1880 až 1930, jak můžeme pozorovat na grafech, viz. obr. č. 17, kde je patrná synchronizace událostí v těchto dvou údolích. Z historie narušení a následné regenerace v údolí Arpasul a Ucea Mare, tedy údolích lokalizovaných na severu pohoří, můžeme zaznamenat dvě silnější narušení formovaná kolem roku 1830 a 1910. Zhruba mezi těmito vrcholy, bylo území kontinuálně ovlivňované menšími narušeními, s následnou postupnou regenerací na těchto plochách. Tento vývoj můžeme sledovat v obr. č. 14.



obr. 14 režimy narušení pro jednotlivá údolí. Šedá barva znázorňuje malé uvolnění, černá velké uvolnění a zelená počáteční růst v otevřeném zápoji.

6 DISKUSE

6.1 Struktura

Ze zjištěných výsledků, na základě vyhodnocení dat vyplývá, že tloušťková struktura jedinců a jejich zařazení do jednotlivých tloušťkových stupňů se mezi jednotlivými TVP liší, s velkou pravděpodobností na základě výškového gradientu a orientací dané TVP, potažmo údolního tělesa. U některých ploch se tento jev projevuje více, u jiných je tato skutečnost potlačena. Plochy v severní části pohoří Fagaraš nevykazovaly podobné znaky, co se týče tloušťkové struktury. Rozložení stromů podle tloušťkových tříd mezi údolími Ucea Mare a Arpasul bylo odlišné. Zatímco na území Ucea Mare byl největší počet jedinců začleněn do tloušťkové třídy s průměry 30-40 cm, v údolí Arpasul bylo nejvíce jedinců zastoupeno v tloušťkové třídě mezi 10-20 cm, což ostatně odpovídá i situaci v jižní části pohoří Fagaraš na plochách Boia Mica a Capra. Hovoříme-li o úrovnových stromech, vývoj odpovídá posunu porostů do konečného stádia optima, nebo počátečního rozpadu (KORPEL' 1989), vzhledem k větší tloušťkové i věkové rozrůzněnosti na TVP.

Oproti tomu věková struktura kopíruje prakticky rozdělení ploch na Sever a Jih, kdy křivky diagramu stáří porostů mezi jižními plochami údolí Boia Mica a Capra se

takřka kopírují, ale reakce na vyvolané změny v údolí Boia Mica není tak silná, jako na plochách údolí Capra. Prakticky největší počet jedinců je na těchto plochách zaznamenán s věkem 80-120 let, což by odpovídalo vývoji grafu narušení na obrázku č.17. Naopak severní části údolí Arpasul a Ucea Mare zaznamenávají posun do starších věkových tříd, kdy výkyvy v rozdílech počtu stromů v jednotlivých věkových třídách, nejsou tak rozrůzněné, jako v jižní části. Zde je nejvíce jedinců zaznamenáno se stářím 120-160 let.

Zajímavou skutečností je, že tloušťky daných stromů často nereflektují stáří jedinců na zkoumané ploše. Tedy jedinec, který má větší dimenzi průměru kmene nemusí být tak starý, jak se zprvu můžeme domnívat. Často se stává, jak potvrzují i jiní autoři (VACEK 1990, SVOBODA 2005), že jedinci s podobnou tloušťkou kmene jsou od sebe věkově vzdáleni i více jak 100 let.

Poměrně zajímavým ukazatelem na zkoumaných plochách je regenerace. Rozhodujícím faktorem pro uchycení semenáčků je dostatek slunečního záření (KORPEL 1991). Jestliže má být schopen smrk růst a přežít na daném stanovišti, potřebuje minimálně 2-4% plného osvětlení (MUSIL 2007). Přírozené zmlazení se zejména vyskytuje na rozvolněných plochách oproti zapojeným porostům a to hlavně kvůli množství dopadajícího slunečního záření (HUNZIKER & BRANG 2005). Na druhou stranu příliš intenzivní sluneční záření může semenáčky poškodit. Proto se zejména mladí jedinci vyskytují na světlinách, nebo při porostním okraji. Při prováděném výzkumu ve Slovinských Alpách, který sledoval vliv porostních mezer na zastoupení a mortalitu smrkových semenáčků, bylo zjištěno, že hustota jedinců byla větší v malých porostních mezerách (100 – 200 m²) oproti větším mezerám (600 – 800 m²). Zatímco průměrná výška zmlazení byla větší na stanovištích s velkými mezerami. Vliv na výšku stromků měla i pozice v mezeře. Nejvyšších výšek dosahovaly semenáčky na severním okraji porostních mezer. Dále bylo zjištěno, že na severně orientovaných svazích se vyskytovalo více semenáčků na svahu, oproti sníženinám (DIACI et al. 2005). Víceméně poznatky z měřených ploch reflektovaly tuto skutečnost

Vzhledem k tomu, že mrtvé dřevo je nezapomenutelnou součástí ekosystému a plní řadu úloh, jako např. podpora zmlazení dřevin vytvářením vhodného substrátu, byla mu vyčleněna v této diplomové práci zvláštní kapitola. Nejdůležitější funkce mrtvého dřeva ve své publikaci “The ecological role of coarse woody debris“ shrnuje Stevens (STEVENS 1997). Jak je v této publikaci dovedeno, mrtvé dřevo plní v ekosystému řadu funkcí. Tlející dřevo má největší význam jako zdroj živin a organické hmoty

v půdě, pozitivně působí na její fyzikální i chemické vlastnosti a s tím je spojena i produktivita lesních porostů. Mrtvé dřevo plní i funkci různorodosti a struktury biotopů v lesních ekosystémech. Ovlivňuje tak biologickou diverzitu všech částí lesních ekosystémů, působí na tvar, strukturu a funkci vodotečí v lesích a ovlivňuje morfologii svahů. Samozřejmě má vliv na koloběh uhlíku v ekosystému. Jeho význam se liší v závislosti na stanovištních a klimatických podmínkách i způsobu obhospodařování, jestliže lesní porost spadá do této kategorie.

Průměrný objem zbytků dřevní hmoty na hektar značně kolísá, ale v zásadě kopíroval rozdělení území na severní a jižní údolí, se zjištěnými objemy přes 100 m³ v severní části Fagaraše a pod 100 m³ v jižní části. V zásadě tyto hodnoty kopírují údaje z přírodních lesů například z Krkonoš, kde objem na m³/ha činil 114 m³ (VACEK 1982), nebo oblasti Tater, jak píše (ZIELONKA 2006). Jestliže pak porovnáme tyto výsledky s údaji vyplývajícími z programu NIL (Národní inventarizace lesů) probíhajícími v letech 2001–2004 zjistíme, že v našich hospodářských lesích se nachází průměrně 6,8 m³/ha mrtvého dřeva což je nesrovnatelné se zjištěnými výsledky a tedy musíme konstatovat, že v lesích přírodních, nebo původních je zastoupen počet mrtvého dříví mnohonásobně, než v lesích hospodářských.

6.2 Disturbance

Jak je patrné ze zjištěných údajů, struktura porostů byla formována na základě narušení. Jak maloplošných, tak i většího rozsahu. Odebrané vývrty z jedinců nás zavedly do roku 1611, od kterého se datuje počátek nejstaršího jedince na ploše a tedy i počátek naší datové řady. Díky tomu, můžeme pozorovat drobná uvolnění porostů kolem roku 1750 v údolí Arpasul a náznaky odezvy těchto událostí i na sledovaných plochách Ucea Mare. K dalšímu nástupu větších, ale i drobných narušení na obou plochách, tedy v údolí Arpasul a Ucea Mare docházelo od roku 1790 – 1880 s tím, že vrchol těchto událostí byl v údolí Arpasul kolem roku 1830, s odezvou 10-20 let se dostavuje vrchol i na ploše Ucea Mare. Tyto události se prakticky neprojevují v jižní části Fagaraše, kromě drobných náznaků sledujících trend ze severu. Otázkou je, zda tyto události nějak souvisí například s větrnými narušeními z let 1834 a 1840 (BRÁZDIL ET. AL. 2004) známými z oblasti České republiky. Disturbance větrného charakteru jsou provázány následující gradací podkorního hmyzu, což dále prohlubuje efekt takovéto události (SEIDEL ET. AL. 2007). To by mohlo být případným

vysvětlením pro dlouhotrvající uvolnění v těchto porostech, které mohlo být doprovázeno ještě jednou či dvěma událostmi v průběhu.

Naopak velmi výrazný jev, spojující všechny plochy podrobené výzkumu, je prudký nárůst uvolněných jedinců ze začátku 20. století, vrcholící mezi roky 1910-1920. Markantně se toto narušení však projevilo v jižních oblastech, tedy v údolí Capra a Boia Mica. Tomu odpovídá i jejich věková struktura, kdy nejvíce jedinců z ploch se datuje do tohoto období. V údolí Capra vidíme na časové ose dva menší vrcholy indikující uvolnění, poté krátkou pomlku a prudký nástup stromů zaznamenávajících rychlé přírůsty, odpovídající růstu na uvolněných stanovištích. TVP údolí Boia Mica vykazovaly před rokem 1900 v zásadě stabilní vývoj, s drobnými náznaky uvolněných jedinců. Po roce 1900 už je tento nárůst znatelný a mezi roky 1910–1920 dosahuje svého vrcholu a postupně kulminace. V Boia Mica můžeme vidět ještě jednu krátkou gradaci v 60. letech, která se poté opět stabilizuje. V severní části hřebenu Fagaraše není tento výkyv tak znatelný. V Ucea Mare je v podobě prudkého nárůstu stromů vykazujících uvolnění, ale jejich počet prakticky během dekády rychle stagnuje a navrácí se do normálu. Údolí Arpasul vykazuje zvýšený podíl uvolnění již od roku 1885, poté rychlý výkyv mezi roky 1900 až 1910 a postupnou stagnaci a udržování si trendu z 19. století.

Podle věkové struktury porostů v údolích Capra a Boia Mica se můžeme domnívat, že zdejší porosty byly značně homogenní. Poté v průběhu zhruba 40–50 let došlo k rozvolnění porostu, zapříčiněného pravděpodobně větrnými narušeními, s doprovodnou gradací podkorního hmyzu. V údolích Arpasul a Boia Mica byly v průběhu let porosty postupně rozvolňovány a tedy i jejich struktura je variabilnější, než ve zkoumaných jižních částech.

7 ZÁVĚR

Na základě provedených analýz a popisů jednotlivých údolí bylo možné zjistit v rámci zkoumaného území, jak rozdílné, tak i naopak podobné části jejich vývoje a struktury. Pro zjednodušení můžeme rozdělit údolí Ucea Mare a Arpasul na část severní a údolí Boia Mica a Capra na jižní. Následujících závěrů bylo dosaženo na základě několika dílčích výsledků:

- Údolí je možné rozdělit do jednotlivých vývojových stádií, kdy jižní části pohoří Fagaraše jsou ve stádiu dorůstání, zatímco severní se nachází v pozdní fázi optima těsně před rozpadem, nebo v rané fázi rozpadu.
- Tloušťkovou a věkovou strukturu severní a jižní části můžeme prokazatelně označit jako rozdílnou.
- Byl zjištěn značný rozdíl ve věku některých stromů, které dosahovaly podobných tlouštěk. To vypovídá o rozdílném růstu a podmínkách jedinců na stanovišti. Mnohdy se jednalo i o jedince, kteří se nacházejí na stejné ploše.
- Zatímco jižní plochy nebyly prakticky narušovány až do začátku 20. století, kdy se projevilo silné narušení, severní plochy byly postupně rozvolňovány od začátku 18. století. Intenzita a odezva na disturbance z počátku 20. století u nich neproběhla v takové míře, jako u jižních ploch, což má za následek i jejich rozličnou strukturu.
- K velkému nárůstu obnovy po silném narušení dochází s prodlevou i několika let, kdy následná intenzita a délka trvání tohoto nárůstu se projevuje v různém časovém horizontu.
- Nárůst četností a synchronizace obnovy předešlých narušení je zjištěná na celém území. Nejprve v severní části od počátku 18. století a poté se projevuje od 20. století i v jižní části. To poukazuje na působení nepravidelných drobných, středně silných a silných narušení porostu, vyvolaných s největší pravděpodobností prudkým větrem a postupnou gradací podkorního hmyzu. V severní části je tento trend patrný zhruba za posledních 300 let, zatímco s tímto modelem se můžeme v jižní části setkat zhruba až od počátku 20. století.

8 LITERATURA

AMT FÜR WALD & JAGD UND FISCHEREI, 2009: Lothar-Sturmfläche (1999–2009). Natürliche Waldentwicklung und Waldbeobachtung, Waldreservat Messen. Flyer, 3

BLACK, B.A., ABRAMS, M.D. 2003: Use of boundary-line growth patterns as a basic for dendroecological repase kriteria. *Ecological Applications*, No. 13, vol. 6, page 1733–1749.

BLACK B. A. & ABRAMS M. D., 2004: Development and application of boundary-line release criteria – *Dendrochronologia* Vol 22. Issue 1, p. 31–42

BLACKBURN P., PETTY J.A. 1988: Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, vol. 61, page. 235–244.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ŠTEKL, J., KOTYZA, O., VALÁŠEK, H., JEŽ, J., 2004: History of Weather and Climate in the Czech Lands VI: strong winds. Brno: Masarykova univerzita, 378 s.

BURNS R. M., HONKALA B. H. 1990. *Silvics of north America* Vol. 2, p. 119 United States Department of Agriculture.

DIACI J., PISEK R., BONCINA A. (2005): Regeneration in experimental gaps of subalpine *Picea abies* forest in the Slovenian Alps. *Eur J Forest Res* (2005) 124: p. 29–36.

ŘURAČKA K., 2008: Vysoké Tatry po větrné živelné pohromě – Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta Geografický ústav, 16 s.

EVANS A.M., CAMP A.E., TYRRELL M.L., RIELY CH.C., 2007: Biotic and abiotic influences on wind disturbance in forests of NW Pennsylvania, USA. *Forest Ecology and Management*, č. 245, s. 44–53.

FRAVER, S., WHITE, A.S., SEYMOUR, R.S. 2009: Natural disturbance in an old-growth landscape of northern Maine, USA. *Journal of Ecology*, č. 97, s 289–298.

FRELICH L. E., 2002: *Forest Dynamics and Disturbance Regimes – Studies from temperate evergreen-deciduous forest*. 1. vydání. New York:Cambridge University

FRELICH L.E., LORIMER C.G., 1991: Natural disturbance in hardwood forests of the Upper Great Lakes region. *Ecological Monographs*, vol. 61, No. 2, page. 145–164.

GÖTHLIN, E., SCHROEDER, L. M., & LINDELÖW, A. 2000: Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(5), 542–549.

GROMTSEV A., 2002. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: a review. *Silva Fennica*, 36(1), 41–55.

HADAS P., LITSCHMANN T., 2007: Změna porostního mikroklimatu vyvolaná plošným odlesněním, *Bioclimatology and natural hazards*, Interantional Scientific Conference, Polana nad Detvou, september 17–20, 2007

HENDL J., 2012: *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 4., rozš. Vyd. Praha

HOLEKSA J., SANIGA M., SZWAGRZYK J., DZIEDZIC T., FERENC S., WODKA M., 2007:Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. *Eur. J. Forest Res.*, č. 126 (2), s. 303–313.

HOLMES R. L., 1983: Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement – *Tree ring bulettin* Vol. 43, 1983, p. 69–74

HUNZIKER U., BRANG P. (2005): Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in mixed stands in the southern Alps. *Forest Ecology and Management*, 210. p. 67–79

CHAMBERS J.Q., NEGRON-JUAREZ R., MARRA D.M., 2013: The steady-state mosaic of disturbance and succession across an old-growth Central Amazon forest landscape. *PNAS* Vol. 110

JONÁŠOVÁ M., 2008: Vítr a kůrovec obnovují horské smrčiny. *Šumava*, 2008, roč. 13, č. léto, s. 4–7.

KNÍŽEK M. & PEŠKOVÁ V. (eds.), 2008: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2007 a jejich očekávaný stav v roce 2008. *Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum*, 74 s.

KOLAŘÍK J., 2006: Trendy ve veřejné zeleni - Přehled přístrojových metod pro hodnocení stromů . *Zahradnická fakulta MZLU*,

KORPEL Š., 1989: *Pralesy Slovenska*. 1. vydání. Bratislava: Veda, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied,. 332 s.

KORPEL Š., PEŇÁZ J., SAGINA M., TESAŘ V. (1991): *Pěstování lesa. Příroda*, Bratislava, 465 s.

KREJCI, F., VACEK, S., BÍLEK, L., MIKESKA, M., HEJCMANOVÁ, P., & VACEK, Z. (2013). The effects of climatic conditions and forest site types on disintegration rates in *Picea abies* occurring at the Modrava Peat Bogs in the Šumava National Park. *Dendrobiology*, 70.

KULAKOWSKI D., BEBI P., 2004: Range of variability of unmanaged subalpine forests. *Forum für Wissen*, s. 47–54.

LAMSON N. I., SMITH, H. C. (1978). Response to crop-tree release: sugar maple, red oak, black cherry, and yellow-poplar saplings in a 9-year-old stand.

MACHEK J., LIKEŠ J, 1988: Matematická statistika. 2.vydání. Praha: SNTL, 1988. ISBN 1. Matematická statistika, SNTL Praha 1988, s. 165–169.

MICHAL I., 1983: Dynamika přírodního lesa I. *Živa*, 31:1-6, 8–13, 48–53, 85–88, 128–133, 163–168, 233–238

MORSE B. W., KULMAN H. M. 1984. Effect of white spruce release on subsequent defoliation by the yellowheaded spruce sawfly *Pikonema alaskensis* (Hymenoptera: Tenthredinidae). *The Great Lakes entomologist (USA)*.

MUSIL I., HAMERNÍK J. (2007): Jehličnaté dřeviny, přehled nahosemenných i výtrusných dřevin. Lesnická dendrologie 1. Academia Praha, 352 s.

NOWACKI, G.J., ABRAMS, M.D. 1997: Radial-growth averaging kriteria for reconstruction disturbance histories from rresettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 1997, No. 67, Vol. 2, page 225–249.

PANAYOTOV M., KULAKOWSKI D., LARANJEIRO L., BEBI P., 2011. Wind disturbances shape old Norway spruce forests in Bulgaria. *Forest Ecology and Management*. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.04.013.

PERRY D.A., AMARANTHUS M.P, 1997: Disturbance, recovery, and stability. In: Kohm, K.A., Franklin, J.F.: *Creating a forestry for the 21century: the science of ecosystem management*. Washington: Island Press,. 475 (s. 31–56) s.

PICKETT S.T.A, WHITE P.S. 1985: The ecology of natural disturbance and patch dynamics. San Diego: Academic Press,. 472 s.

PODRÁZSKÝ V., 1999.: Dynamika a management lesních ekosystémů I., Ekologie lesa. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů, 1999. 98 s.

POLÁŠEK M., 2011: Latinské a magické čtverce - Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta ústav matematiky a statistiky, 35–37

POLENO et al., 2009, Pěstování lesů I-III, vydala LP, Kostelec n.Č.l.

PUKINSKAYA M. Y., (2007). Динамика еловых лесов Северо-Запада России в связи с образованием окон.

ROGERS P., 1996: Disturbance ecology and forest management: a review of the literature. Ogden, UT: United States Department of Agriculture, Forest service, Intermountain research station, 16 s.

ROSS D.W., DATERMAN G.E., BOUGHTON J.L., QUIGLEY T.M., 2001: Forest health restoration in south- central Alaska: A problem analysis. Portland: United States Department of Agriculture, Pacific northwest research station, 2001. 38 s.

RUBINI D.L., MCCARTHY B.C. 2004: Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events. Dendrochronologia, 2004, per. 21, vol. 3, pag. 97–115.

RUFFNER C.M., ABRAMS M.D, 1998.: Relating land-use history and climate to the dendroecology of a 326-years-old Quercus prinus talus slope forest. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 28, s. 347–358.

SEIDL R., BAIER P., RAMMER W., SCHOPF A., LEXER M., 2007: Modelling tree mortality by bark beetle infestation in Norway spruce forests. Ecological Modelling, No. 206, pag. 383–399.

SIMON J. & KADLEC J., 2014: Zjišťování stavu lesa (klasické metody zjišťování zásob) – Mendelova univerzita v Brně, fakulta Lesnická a dřevařská, p. 6

SIPPOLA A. L., RENVALL P., 1999: Wood-decomposing fungi and seed-tree cutting: A 40-year perspective. Forest Ecology and Management 115:183–2001

SKOGSSTYRELSEN S., 2009: Sustainable forest management in Sweden – Swedish forest agency, 6 s.

SKUHRAVÝ V., 2002 : Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. Praha: Agrospoj, 196 s.

SPLECHTNA B. E., GRADZER G., BLACK B. A., 2005: Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – A spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 2005, č. 16, s. 511–522.

STEVENS V., 1997: The ecological role of coarse woody debris. An overview of the ecological importance of CWD in BC forests. Ministry of Forests Research Program, Working paper 30. 25 p.

SVOBODA M., 2005: Struktura horského smrkového lesa v oblasti Trojmezí ve vztahu k historickému vývoji a stanovištním podmínkám. *Silva Gabreta*, 2005, roč. 11 (1), s. 43-62.

ŠMELKO, Š., 2007: Dendrometria Vyd. 2. Vo Zvolene: Technická univerzita, ISBN 978-80-228-1828-5.

VACEK S., 1990: Analýza autochtonních smrkových populací na Strmé stráni Krkonoších. *Opera Corcontica*, 1990 č. 27, s. 59-103.

VACEK S., 1982: Ekologické aspekty dekompozice biomasy v autochtonních ochranných smrčínách. *Zprávy lesnického výzkumu* 27 (2): 5-11

VALENTA M. 2007: Orkán Kyrill - „katastrofa“ století? *Šumava*, roč. 12, č. jaro, s. 9-10.

VAN WAGNER, C. E., 1968.: The line intersect method in forest fuel sampling, *Forest science*, 14 (1), 20-26.

VOICULESCU M., 2008: Snow avalanche hazards in the Fagarash massif (Southern Carpathians): Romanian Carpathians – Management and perspectives. Springer Science+Business Media B.V. 2008 460 p.

VRŠKA, T., et al. 2012: Developmental dynamics of virgin forest reserves in the Czech Republic III – Šumava Mts. and Český les Mts. Diana, Stozec, Boubín virgin forests, Milešice virgin forest. Academia, Prague

WULDER M. A., FRANKLIN S.E, 2007.: Understanding forest disturbance and spatial Pattern – Remote sensing and GIS approaches. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 246 s.

YAMAGUCHI D. K., 1991: A simple method for cross-dating increment cores from living trees - Canadian Journal of Forest Research 1991, 21 (3), p. 414–416

ZIELONKA T., HOLEKSA J., FLEISCHER P., KAPUSTA P., 2009: A tree-ring reconstruction of wind disturbances in a forest of the Slovakian Tatra Mountains, Western Carpathians. *Journal of Vegetation Science*, 2009, p. 1–12.

ZIELONKA T., 2006: Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine forest of the western Carpathians, Poland, Canadian Journal of Forest Research-Revue, Canadienne De Recherche Forestiere, 36, 2614–2622