

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra pěstování lesů

Fakulta životního prostředí



**Prostorová a časová synchronizace režimu
disturbancí horských smrkových lesů
v Karpatech**

Diplomová práce

Obor: Ochrana přírody

Školitel: doc. Ing. Miroslav Svoboda, PhD.

Praha 2014

Vypracoval: Bc. Lukáš Jirka

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: **Prostorová a časová synchronizace režimu disturbancí horských smrkových lesů v Karpatech**, vypracoval samostatně, pod vedením doc. Ing. Miroslava Svobody, PhD. Další informace mi poskytl Ing. Pavel Janda, PhD. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, které byly použity pro sepsání této práce.

V Praze 22. dubna 2014

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Miroslavu Svobodovi, PhD. za umožnění zúčastnit se terénního měření na Ukrajině. Velké díky patří Ing. Pavlu Jandovi, PhD za cenné rady, připomínky a hlavně za trpělivost.

Abstrakt

Ukrajinské Karpaty jsou jedny z mála míst ve střední Evropě, kde se vyskytují přirozené horské smrkové lesy. Tato práce se zabývá jejich dynamikou v prostoru a čase. Strukturní charakteristiky studovaných živých stromů s výčetní tloušťkou ≥ 10 cm byly odebrány na 10 kruhových výzkumných plochách. Celkem bylo náhodně vyvrtáno 248 stromů ve výšce 1 m na všech plochách, pro analýzu věkové struktury a historie narušení. Byly zde použity dendrochronologické metody, jako je identifikace jedinců odrostlých v porostní mezeře (gap origine) a identifikace uvolnění podle Nowacki a Abramse (1997) pomocí náhlých změn radiálního růstu. Analýzou jsme zjistili nejvýznamnější uvolnění v období 1840-1850, 1910-1930 a 1980-2000. Stromy odrostlé v porostní mezeře jsme detekovali s nejvyšší četností v periodách 1850-1860 a 1920-1930. Na studované území působí režim narušení s pestrou časovou i prostorovou variabilitou a různou silou, kdy převažují spíše středně silná a slabá narušení.

Klíčová slova: dynamika lesa, disturbance, dendrochronologie, prostorové vztahy

Abstract

Ukrainian Carpathians are one of the few places in central Europe, where there are natural mountain spruce forests. This work deals with the dynamics in space and time. Structural characteristics of the studied living trees with DBH of ≥ 10 cm were taken at 10 circular research plots. In total 248 randomly cored trees at a height of 1 m were used to the analysis of the age structure and disturbance history. There were used dendrochronological methods, such as identifying individuals trees grown out in the gap (gap origin) and identification of release according to Nowacki and Abrams (1997) identifying by abrupt changes of radial growth. The most significant periods of releases were in 1840-1850, 1910-1930 and 1980-2000. Gap origin was detected with the highest frequency in the periods 1840-1850 and 1920-1930. In the study area is very variable spatial and temporal pattern of disturbances regime driven by moderate and light disturbances.

Key words: forests dynamics, disturbance, dendrochronologiy, spatial pattern

Obsah

1 Úvod	8
2 Rešerše	9
2.1 Smrk ztepilý (Picea Abies).....	9
2.2 Horský smrkový prales	10
2.3 Struktura horských smrkových pralesů.....	12
2.4 Disturbance.....	13
2.4.1 Vítr	15
2.4.2 Lýkožrout smrkový (Ips typographus)	15
2.5 Dendrochronologie	16
3 Cíle práce.....	17
4 Metodika	18
4.1 Lokalita	18
4.2 Sběr dat	18
4.3 Zpracování vzorků.....	19
4.4 Dendrochronologická analýza a historie disturbance	21
4.5 Identifikace stromů odrostlé v porostní mezeře (Gap origine)	21
4.6 Identifikace uvolnění	22
5 Výsledky	23
5.1 Charakteristika studovaných ploch.....	23
5.2 Dendrochronologická analýza.....	25
5.3 Analýza jednotlivých ploch.....	29
5.3.1 Plocha GR1_031	29
5.3.2 Plocha GR1_032	30

5.3.3 Plocha GR1_034	32
5.3.4 Plocha GR1_035	33
5.3.5 Plocha GR1_039	34
5.3.6 Plocha GR1_040	35
5.3.7 Plocha GR1_048	36
5.3.8 Plocha GR1_300	37
5.3.9 Plocha GR1_301	38
5.3.10 Plocha GR1_302	39
6 Diskuze	41
6.1 Obecná charakteristika	41
6.2 Intenzita disturbancí	41
6.3 Prostorová a časová synchronizace disturbancí	42
7 Závěr	45
8 Použitá literatura	46
9 Seznam grafů, obrázků a tabulek	51

1 Úvod

Horské smrkové lesy jsou jedny z mála člověkem neovlivněných nebo alespoň málo ovlivněných ekosystémů ve střední Evropě. Důvodem je špatná dostupnost, nízká hodnota živin v půdě a náročné podmínky pro život. Z logistických důvodů (obtížnost terénu) zde byla v historii nižší intenzita plošné těžby dřevin než v nižších polohách. V současné době se stávají horské smrkové lesy ohrožené z důvodu zvyšujícího se tlaku klimatických změn, využívání daných porostů s pomocí moderních technologií a turistického ruchu.

Abychom mohli tyto ekosystémy chránit, musíme porozumět jejich vývoji. Obecně platí, že jsou tyto ekosystémy ve střední Evropě brány jako málo prozkoumané. Víme však, že se dynamika smrkových porostů řídí vnějšími a vnitřními vývojovými silami. Mezi vnitřní síly počítáme genetickou variabilitu jedinců. K vnějším řadíme mimo jiné i disturbance, které mají významný vliv na utváření lesa. Disturbance jsou náhlé a neočekávané události, kdy dojde k uvolnění jedince či porostu. Nejdůležitější disturbance ve střední Evropě je vítr (Frelich 2002), dalším typem narušení smrkových porostů je lýkožrout smrkový (*Ips typographus*).

Disturbance jsou často chápány jako nežádoucí události s negativním dopadem na ekosystém. Za poslední dobu však spousta výzkumů poukazuje na to, že se jedná o důležitou a neodlučitelnou součást vývoje horských smrkových lesů.

Tato práce je zaměřena na analýzu disturbancí v oblasti hory Grofa v západních Karpatech na Ukrajině. Dále se bude zabývat její intenzitou, časovou a prostorovou synchronizací.

Disturbance budou zkoumány pomocí dendrochronologických metod, jako je analýza změn radiálních přírůstků. Pomocí této metody budeme schopny detekovat jedince, kteří odrostli v porostní mezeře tzv. „gap origine“, dále intenzitu uvolnění jako je střední uvolnění a silné uvolnění.

2 Rešerše

2.1 Smrk ztepilý (*Picea Abies*)

SM bývá považován za polostinný (až stinný) druh se střední (až vyšší) tolerancí k zástínu. Ve svém optimu může růst podobně jako jedle bělokorá (*abies alba*) v zástínu po celé desetiletí, aniž ztrácí schopnost významně akcelarovat růst po uvolnění. Schopnost snášet zastínění se mění s věkem a se stanovištními podmínkami. Obecně stromy v mládí mají na dobrých stanovištích vyšší toleranci k zastínění, než na stanovištích špatných nebo ve stáří (Musil & Hamerník 2007).

Nároky smrku na půdní i vzdušnou vlhkost jsou značné.

Ve střední Evropě je ekologické optimum přirozeného výskytu smrku obecně tam, kde slábne konkurenceschopnost buku a jedle, tedy ve výše položených, studených, mrazem ohroženějších lokalitách.

Jako optimální hodnoty se pro smrk ve střední Evropě udávají: průměrná roční teplota přes 6°C, srážky ve vegetační době 490-580 mm, teplotní amplituda nejchladnějšího a nejteplejšího měsíce přes 19°C.

Tepelné nároky jsou relativně malé. Nárůst tepla sice zvyšuje přírůst, ale pouze pokud není narušeno dostatečné zásobování vodou. V teplejších oblastech bývá vláhová nedostatečnost omezujícím až hraničním faktorem. Nároky smrku na vláhu jsou tedy střední až vyšší (snese i nadbytečnou vlhkost).

Smrk nemá zvláštní nároky na půdu, především na obsah jejích živin. Když je v klimatickém optimu, může růst, i když s menšími přírůstkami, na chudších půdách. Na rozdíl od vzdušné vlhkosti má negativní vliv nadbytečné množství vody vázané v půdě, pokud je spojen s nedostatkem kyslíku. Zvláště citlivý je smrk na záplavy.

Doprovodné dřeviny jsou vedle buku lesního i jedle bělokorá a javor klen. V horských oblastech pak jeřáb ptačí, borovice kleč. V Karpatech také modřín, borovice limba, olše zelená aj (Musil & Hamerník 2007).

2.2 Horský smrkový prales

Pralesem se rozumí lesní společenstvo, které vzniklo samovolně, řídí se a vyvíjí jen přírodními procesy. To znamená, že v jeho historii nebylo ovlivněno člověkem (těžba dřeva, pastva a jiné antropogenní vlivy). Je to les ekologicky ustálený, s trvalými dynamicky vyrovnanými vztahy mezi klimatem, půdou, organismy a uchráněn před antropogenními vlivy, které by změnily zákonitosti životních procesů a strukturu porostních útvarů (Ulbrichová 2007, Korpeř 1989).

Prales představuje vrcholné (klimaxové) stádium dřevin, které jsou svými ekologickými nároky nejlépe přizpůsobeny příslušné lokalitě. Tento lesní ekosystém je tvořen jednou dřevinou, která je nejlépe přizpůsobena daným ekologickým podmínkám a její konkurence je tak silná, že na této lokalitě vytlačí ostatní druhy dřevin (Vacek et al. 2007, Jasík & Polák 2011). Typickým příkladem tohoto pralesa, který je tvořen převážně jednou dřevinou, je horský smrkový prales, kde ekologické podmínky vylučují existenci jiných druhů dřevin než je právě smrk (Jasík & Polák 2011).

Díky chladnému charakteru podnebí je zpomalen růst dřevin a rozklad organické hmoty. Horské smrčiny se často vyznačují specifickými podmáčenými nebo extrémně kamenitými půdními podmínkami. Půdní profil bývá obvykle relativně mělký a nepříliš bohatý na živiny (Míchal 1983).

V pralesích určité výměry nastávají jen nepatrné změny v celé cenotické složce, která je značně ustálená, hlavně na půdách neovlivněných vodou, kde má klimaxový charakter. I na půdách ovlivněných vodou se společenstvo přírodního lesa udržuje v relativně vyváženém stavu. Změny jsou menší, probíhají-li pomalu a na malých plochách (Korpeř 1989).

Dalším znakem pralesa je věková diferenciacie podmíněná různou dobou dožívání jednotlivých stromů a proměnlivými poměry obnovy (Ulbrichová 2007). I na menší ploše se stromy téhož druhu nedožívají fyzického věku. Stejnověkovost stromů v pralesi je podmíněna katastrofou (vítr, požár, kalamitní škůdce). Přírodní les v těchto případech nastupuje ontogenetickým vývojem (Korpeř 1989, Ulbrichová 2007).

Dynamika porostů a jejich struktura je řízena vnitřními a vnějšími silami. Mezi jejich vnitřní síly řadíme konkurenci jednotlivých druhů a genetickou variabilitu. Jako vnější síly vnímáme disturbance, klimatické a stanovištní faktory (Frelich 2002).

Velký vývojový cyklus je spojen, jak již bylo řečeno, s rozpadem lesa na velkých plochách v důsledku disturbancí. V tomto případě se v ekosystému dočasně ztrácí charakter lesa jako plochy, zásadně se mění mikroklimatické i ostatní fyzikální podmínky prostředí. Roste zde intenzita a amplituda radiace, tepelné rozdíly, dochází ke zvýšené mineralizaci a dočasně vyšší nabídce živin, zvyšuje se půdní vláha až k zamokření lokality. Kromě bylinné a travní vegetace na tyto změny reagují některé dřeviny, využívají dočasné absence druhů konkurenčně silnějších a využívají volný prostor ke svému prospěchu. Nastupuje ekologická sukcese, která vede k obnově lesního prostředí až k závěrečnému, klimaxovému společenstvu (Ulbrichová 2007).

Velký vývojový cyklus pak rozlišujeme na další tři části:

- přípravný les: přípravné či pionýrské dřeviny typické rychlým růstem a bohatou úrodou semen (bříza, olše, jeřáb).
- přechodný les: má charakter prostředí lesa a vznikají tak podmínky pro obnovu náročnějších dřevin (jedle, smrk, javor). Postupnou obnovou s podrůstáním těchto dřevin pod lesem přípravným tak vzniká les přechodný, zpravidla dvouetážový.
- vrcholný les (klimax): dřeviny závěrečného lesa postupně dorůstají a předrůstají přípravné dřeviny a postupně je zcela potlačí.

Malý vývojový cyklus lesa probíhá v rámci klimaxového lesa ve velkém cyklu lesa a obnovuje jeho strukturu. Tato obnova probíhá v rámci tří specifických základních vývojových stádií (Ulbrichová 2007):

- stádium optima: vyznačuje se maximální akumulací objemu dřevin. Toto stádium je charakterizováno poměrně malým počtem stromů na plošné jednotce lesa. Na konci tohoto stádia dochází k úhynu jedinců a pomalu tak les přechází do stádia rozpadu (Jasík & Polák 2011).

- stádium rozpadu: je charakteristické postupným rozpadem lesa. Počet stromů starší generace rychle klesá, zvyšuje se počet a růst generace nové. Z jejího hlediska je porost ve fázi obnovy (Jasík & Polák 2011, Ulbrichová 2007).
- stádium dorůstání: je etapou kdy stromy mladé generace rychle rostou. Objem dřevní hmoty narůstá a stadium spěje k optimu (Jasík & Polák 2011).

2.3 Struktura horských smrkových pralesů

Porostní druhové složení převážně z jedné dřeviny s maximálně 10 % příměsí jiné dřeviny je jev typický pro horské smrčiny, a výskyt nesmíšených porostů naznačuje silný vnější tlak (Korpel 1991).

Porost se hodnotí jako stejnověký, nebo různověký. Na věkovou strukturu má vliv především druh dřeviny a způsob růstu, prostředí a vnější faktory v podobě disturbancí. Pokud v porostu převládají stejnověké stromy, došlo zde v jeho počátku vývoje k velkému narušení, u porostu s různorodou věkovou skladbou můžeme říci, že byl ovlivňován malými disturbancemi v průběhu času (Kulakowski & Bebi 2004, Frelich 2002).

Tloušťkové rozdělení je důležitý faktor, který může vypovídat o způsobu vzniku a "přirozenosti" porostu". Porosty založené uměle, které jsou víceméně stejnověké, mají tloušťkové rozpětí poměrně úzké, s nejvyšší četností pro střední hodnoty. Posouzení tloušťkové struktury porostu, respektive rozdělení počtu stromů v jednotlivých tloušťkových třídách, je velmi důležité pro vyhodnocení dynamiky přírodních lesů. V podmínkách klimaxových lesů střední Evropy do jisté míry nahrazuje i věkovou strukturu lesních. Díky schopnosti smrku růst v potlačení i 80-120 let (Korpel 1958), je pro růst a vývoj jedinců důležitější jejich postavení z hlediska úrovně, než skutečný fyzický věk. Tloušťková struktura tak nepřímo charakterizuje i věkové složení porostů jako dominantní složky lesních ekosystémů (Ulbrichová 2007).

2.4 Disturbance

Disturbance jsou všudypřítomné, neodmyslitelné a nevyhnutelné jevy ovlivňující všechny úrovně biologických společenstev (White & Jentsch, 2001). V lesních ekosystémech mohou mít v širším kontextu buď negativní, nebo pozitivní účinky (Darrel et al, 2001). Mění složení rostlinných společenstev poškozením, nebo zničením živé vegetace. Vytváří prostor pro regeneraci. Mění dostupnost zdrojů takovým způsobem, že mají vliv na konkurenční vztahy mezi rostlinnými druhy (Haeussler et al. 2002). Disturbance jsou jednou z hlavních příčin dynamické proměnlivosti lesních porostů. Vznikají působením přírodních faktorů nebo i antropogenních vlivů. Díky přírodní disturbanci dochází ke změnám zastoupení druhů, populační hustoty a věkového složení. (Kulakowski & Bebi 2004). Tyto jevy jsou již dlouho chápány jako důležitý činitel ovlivňující vývoj lesních ekosystémů (Spurr & Barnes 1973). Počet typů přírodních disturbancí ovlivňující les je mnoho. Patří mezi ně především tornáda, hurikány, vichřice, zemětřesení, půdní sesuvy, záplavy, sucho, požáry, laviny, přemnožení hmyzu, choroby, škody způsobené zvěří a změny klimatu. Liší se svou intenzitou, rozsahem a tvarem postižené oblasti, načasováním a četností (Ross et al. 2001). Díky tomu se může lišit vliv disturbancí na složení, uspořádání a funkci lesa od méně důležitých až po katastrofální. Mimoto nejsou režimy narušení nikdy stejné a mají rozmanité účinky, což vede k mozaikovitě a mezernaté struktuře (Pickett & White 1985). Stejně tak jako disturbance ovlivňují věkovou strukturu lesů, věková struktura ovlivňuje míru dopadu disturbancí. Protože je les v různých věkových stádiích jinak náchylný na poškození. V mladém porostu nedochází k poškození v takové míře, jako v porostech vyššího věku. Nízké a pružné stromy jsou odolnější nežli dospělé stromy. U starších porostů dochází velmi často k velkoplošným poškozením v důsledku jejich vysoké náchylnosti na narušení (Kulakowski & Bebi 2004). Jako příklad můžeme uvést velkoplošné narušení u starších porostů v důsledku silného větru (Frelich 2002).

Disturbanci v horských lesích chápeme jako přímou destrukci jednotlivých jedinců či celých lesních porostů (Frelich 2002). Jedná se o krátkodobou událost. K popisu a charakteristice určitého typu disturbance používáme základních ukazatelů, jako jsou frekvence, intenzita a velikost zasaženého území (Frelich 2002). Narušení,

která mají častou frekvenci, nemívají vysokou sílu. Takovéto disturbance jsou již poměrně dobře prozkoumány a máme o nich množství informací, narozdíl od velkých a rozsáhlých narušení, která jsou vzácnější (Turner et al. 1997). Síla narušení může mít různé rozpětí. Od minimálního dopadu až po téměř celkové odumření stromů v porostu. Frelich (2002) uspořádal sílu disturbancí do tří kategorií:

- 1) Disturbance s malou silou ničí drobné části podrostu nebo horní etáže či obojí, což vede k rozptýlené a méně rozsáhlé mortalitě. Příkladem mohou být vichřice, které odstraní několik větších stromů nebo jednotlivé stromy či malé skupinky v porostu, což vede k vytvoření porostních mezer a mozaikovému charakteru zápoje.
- 2) Středně silná narušení likvidují významný či celý podíl buď podrostu, nebo stromů horní etáže, ale zanechávají dědictví v podobě nedotčených dospělých jedinců či semenáčků. Vichřice a holoseče, které odstraní zápoj, ale ponechají vrstvu semenáčků, které nejsou poničeny zvěří a povrchovými požáry, jsou právě tímto případem.
- 3) Narušení o velké síle zabíjí většinu stromů spodní i horní etáže a jako příklad je možné uvést korunové požáry a holoseč doprovázenou spalováním zbylého klestu.

Významným typem disturbance lesů v mírném pásu Evropy, který ovlivňuje dynamiku lesa je vítr (Frelich 2002, Schelhaas et al. 2003), dalším typem narušení horských smrkových lesů Evropy je lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), oheň, laviny (Kulakowski & Bebi 2004), houby, a v ojedinělých případech dochází k odumírání vlivem stáří (Korpel 1989, Holeksa & Cybulski 2001).

Disturbance můžeme rozlišit na dvě základní části podle původu a to na antropogenní a přírodní. Antropogenní pak dále na přímé (těžba, sběr půdy...) a nepřímé jako je pastva, znečištění půdy a ovzduší (Picket & White 1985, Ross et al. 2001, Korpel 1985).

Přírodní disturbance můžeme rozdělit na abiotické (vítr, oheň...) a biotické (lýkožrout, okus zvěře, dřevokazné houby...), které jsou mnohdy mezi sebou provázány či na sebe navazují.

Přírodními i antropogenními disturbancemi podstupují ekosystémy změnami náhle, postupně, dramaticky či pozvolna (White & Jentsch, 2001).

2.4.1 Vítr

Je jev, vyskytující se v téměř ve všech druzích boreálních lesů. Hlavním výsledkem tohoto jevu je výskyt maloplošné dynamiky v lesních společenstvech (Gromtsev 2000, Ulanova 2000). Asi nejvýznamnější z fyzikálních jevů, který ovlivňuje dynamiku horských smrkových lesů ve střední Evropě je právě vítr (Kulakowski & Bebi 2004, Gromtsev 2000). Důležitým ukazatelem stability lesa, kde je vítr hlavním disturbančním činitelem, je jeho odlišná věková struktura. Jak již bylo napsáno výše, náchylnost k narušení stoupá s věkem (Frelich 2002).

Dalším důležitým faktorem v odolnosti lesa vůči větru je půda, na které se porost nachází. Záleží zejména na hloubce půdního profilu a zamokření půdy (Frelich 2002). Smrkové porosty nacházející se na podmáčených půdách jsou méně stabilní. Dalším důležitým ukazatelem stability je také zdravotní stav jedinců v porostu, a adaptace na stanoviště (Frelich 2002). Po velké větrné katastrofě je počet přežívajících stromů a míra přirozené obnovy obvykle menší, než v případě kůrovce, který je druhou nejčastější poruchou v horských smrkových lesích (Jonášová et al.

2010). V případě vichřice dojde k vytvoření mozaiky stanovišť narušených i nenarušených. To vede k vytvoření heterogenity porostů v porovnání s asanací, která vytváří homogenní umělé podmínky (Svoboda 2007).

2.4.2 Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*)

Za normálních podmínek napadá především stromy oslabené, jejichž schopnost čelit úspěšně náletu kůrovců je snížena, případně polomy a vývraty. V případě kůrovce dochází pouze k odumření horního stromového patra, půda, vegetace a zmlazení zůstane zachované (Svoboda 2007). Ke kůrovcové gradaci dochází při vhodných klimatických podmínkách (teplá a suchá léta), nebo při oslabení porostů jinými druhy narušení. Disturbance v podobě přemnožení

lýkožrouta smrkového jsou často spojeny s jinými disturbancemi (Kulakowski & Veblen 2002, Kulakowski et al. 2003). Během jeho silné gradace mohou napadat i stromy jinak zdravé. Lýkožrout smrkový se pak může stát významným činitelem zapříčiňujícím nejen odumření jednotlivých stromů, ale i rozsáhlých smrkových porostů (Kindlmann et al. 2012). Kůrovcová kalamita výrazně ovlivňuje dynamiku mrtvé dřevní hmoty, prostorovou výstavbu a charakter lesa v dané oblasti (Svoboda 2012).

2.5 Dendrochronologie

Dendrochronologie je mezioborová vědní disciplína, která se zabývá vlivem faktorů prostředí na tvorbu letokruhů a nachází uplatnění v mnoha vědních oborech, např. lesnictví, ekologii, geobotanice, archeobotanice, historii a klimatologii (Čejková 2009). Základem je analýza časových řad a šířka letokruhů. Tato technika byla původně navržena a vyvinuta v průběhu 20. století A. E. Douglassem na Arizonské universitě v Tusconu. Pomocí této techniky se přiřadí jednotlivým přírůstkům kalendářní roky, ve kterých byly letokruhy vytvořeny (Holuša et al. 2007).

Nejdůležitější přírodní faktory ovlivňující přírůstky stromu jsou klimatické podmínky. Základním kamenem dendrochronologie je poznatek, že stromy rostoucí na stejném stanovišti jsou vystaveny stejným podmínkám a projevují stejnou reakci vyjádřenou objemem vytvořené dřevní hmoty (Rybníček et al. 2009).

Dendroekologie využívá změn v rychlosti radiálního růstu v čase k vyhodnocení změn životního prostředí na růst stromu, strukturu porostu a jeho dynamiku. Radiální růst během jednotlivých let znázorňuje celkovou reakci abiotických a biotických faktorů (Rubino & McCarthy 2004). Dendroekologie je často používaný a užitečný přístup k rozpoznání množství a četnosti disturbancí v minulosti (Black & Abrams 2003). Jeden ze základních kamenů dendroekologie je identifikace uvolnění ke studiu historie narušení porostu (Black & Abrams 2004, Frelich 2002).

3 Cíle práce

Cílem práce je analýza režimu disturbancí horského smrkového lesa s využitím dendrochronologických metod.

Hlavní otázky práce jsou:

1. Jaká je prostorová a časová synchronizace disturbancí?
2. Jaká je intenzita disturbancí na studované lokalitě?

4 Metodika

4.1 Lokalita

Studie byla provedena v přirozeném horském smrkovém lese nacházejícím se v pohoří Horhany v okolí hory Grofa ležící v severní části ukrajinských Karpat. Konkrétní lokalita byla vybrána terénním průzkumem tak, aby studie byla provedena v porostu bez zřejmého ovlivnění člověkem (těžba, v okolí stavení, pastva). V terénu byly vybrány tři fragmenty (polygony) označeny jako GRO1, GRO2 a GRO3. Formy smrkových lesů smíšených (nižší polohy), nebo nesmíšených (výšší polohy) zde stojí ve výškovém rozmezí 800 - 1600m n.m.. Ostatní stromové lesní druhy, které v této lokalitě utvářejí horské smrkové lesy, jsou: borovice kleč (*Pinus mugo*), borovice limba (*Pinus Cembra*), jedle bělokorá (*Abies alba*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Průměrná měsíční teplota v nejteplejším měsíci červenci je 16,4 C a nejchladnější je leden -7,6 C. Průměrné roční srážky se pohybují v rozmezí od 853 do 1007 mm, s maximem v červnu a červenci. Sněhová pokrývka zůstává v průměru 79 dnů. Charakteristickým půdním typem této lokality je podsol. Geologické podloží je tvořeno flyšovými horninami a pískovcem. (Chernyavskyy & Shpylchak 2011)

4.2 Sběr dat

Sběr dat na studované lokalitě proběhl v srpnu roku 2012. Pro sběr dat byla vytvořena pravidelná čtvercová síť (141,42 x 141,42 m odpovídá rozloze 2 ha). Uvnitř jednotlivých buněk sítě byl umístěn koncentrický čtvereček o rozměru (0,5 ha), ve kterém byly vygenerovány náhodně 3 body, a to z důvodu, aby se následně vytvořené plochy nepřekrývaly. Pro vytyčení v terénu se pomocí GPS navigace používal přednostně 1. vygenerovaný bod, pokud na jeho místě byla skála, silně podmáčené místo či jiné nereprezentativní místo, tak se tento bod nahradil dalším bodem v pořadí.

Jednotlivé náhodně vygenerované body byly vyhledány pomocí GPS a jejich poloha se v terénu ustanoví pomocí geodetického kolíku. Daný bod je středem trvalé výzkumné plochy (TVP) o ploše 1000 m. TVP je kruhového tvaru o poloměru 17,84 m. Na ploše byly všechny stromy s výčetní tloušťkou nad 10 cm očíslovány. U daných jedinců se zaznamenává jejich výčetní tloušťka (v 1,3m nad zemí), druh a stav (živý/mrtvý, uvolněný/potlačený, úrovňový či podúrovňový).

Dále se u stromu hodnotí stav, jestli roste v podmínkách otevřeného zápoje (R – released), či v podmínkách uzavřeného zápoje (S - suppressed) (více než 50 % koruny roste pod přímým zástínem sousedních jedinců, z této kategorie vyjímáme též jedince tzv. „vrůstavé“ – pokud není jejich koruna silně zdeformovaná a potenciálně utlačená od okolních jedinců). U pěti náhodně vybraných jedinců (uvolněných, nepoškozených) se měří výška jedince.

Z očíslovaných stromů (pouze *Picea abies*) se náhodně vybere 25 živých a uvolněných jedinců pro odebrání vývrtnu. Pokud na ploše byl vyhnílý jedinec, byl nahrazen jedincem podobné výčetní tloušťky v co nejbližším okolí (přednostně stromy z plochy poté mimo plochu). Pokud plocha neobsahuje 25 stromů určených k vrtání, postupujeme tak, že zbytek počtu chybějících jedinců do 25 byl náhodně odebrán ze stromů mimo plochu v blízkosti její hranice.

Samotné vrtání bylo provedeno Presslerovým nebozezem. Vývrt se odebírá ve výšce 1m nad zemí, tak aby místo vývrtnu nebylo ovlivněno kořenovými náběhy, nebo nebyl nerovnostmi terénu. Vývrt vedeme kolmo na střed vždy po vrstevnici. Pokud byl vývrt úspěšný a obsahoval střed, vložili jsme jej do plastového brčka, aby se neponičil transportem. Každé brčko bylo popsáno číslem plochy a číslem vrtaného stromu. Pokud vývrt neobsahuje střed, a víme, že jsme od středu ve vzdálenosti více než 1cm, vrt opakujeme.

4.3 Zpracování vzorků

Vývrty byly vyňaty z plastových brček a přilepeny lepidlem na dřevěná prkýnka do předem připravených drážek. Každý vzorek byl popsán číslem plochy i stromu podle čísel na brčkách. Vývrty v drážkách byly dále seříznuty skalpelem nebo

žiletkou tak, aby bylo možno jednotlivé letokruhy číst na mikroskopu. Před samotným měřením byly letokruhy natečkovány tužkou po 10ti letech. Pokud byly letokruhy zhuštěné či špatně čitelné bylo třeba seříznutý vývrt přetřít bílou křídou. Takto upravený vývrt byl snadno čitelný, jelikož vynikly kresby buněk, které určují hranice přelomu letokruhů.

Měření jednotlivých vývrtů probíhalo od kůry ke dřeni (mimo první letokruh – nedorostlý rok 2012) a bylo měřeno mikroskopem propojeným s počítačem. Jednotlivé naměřené vzdálenosti zapisoval počítačový program TSAP-Win. Šířka byla měřena s přesností 0.01 mm. Stolek s mikroskopem byl ovládán ručně a pro změření jednoho letokruhu bylo potřeba pohnout stolkem a kliknout pro uložení informace v programu.

U vzorků, u kterých nebyla dosažena dřev, byl dopočítán střed pomocí šablony standardizovaných kružnic na průsvitných plastových fóliích. Šablony se přiloží ke vzorku a odhadne se chybějící vzdálenost pomocí zakřivení letokruhů na vzorku (Duncan 1989).

Po měření bylo provedeno datování a kontrola měření jednotlivých naměřených křivek pomocí křížového datování (Yamaguchi 1991). K jednotlivým letokruhům tak přiřadíme konkrétní rok. Tzv. křížové datování je nalézání synchronní polohy letokruhové řady X o neznámé dataci letokruhů s jinou letokruhovou řadou Y s letokruhy datovanými. Obě řady jsou vzájemně srovnávány ve všech možných vzájemných polohách (Vinař et al. 2005).

Šířka letokruhů je závislá na biotických a abiotických faktorech. Na základě úzkého nebo širokého letokruhu lze odvodit podmínky, ve kterých se strom nacházel. Nesrovnalost uvnitř letokruhových řad se zvyšuje s extrémními podmínkami prostředí a výskytu neočekávaných události (Fritts 1976). Velké rozdíly mezi šířkami sousedních letokruhů může způsobit částečně nebo úplně chybějící informace o letokruhu v daném roce (Schweingruber 1996). Každý rok má svůj specifický přírůst, kdy se šířka letokruhu liší od ostatních. Díky tomu je možné sestavit přesnou chronologii, na níž můžeme porovnat letokruhové série v jednotlivých letech (Schweingruber et al. 1990).

4.4 Dendrochronologická analýza a historie disturbance

Nejspolehlivějším ukazatelem dynamiky jednotlivého stromu je změna v průběhu jeho růstu. Tyto změny se odrážejí v radiálním růstu letokruhů (Frelich 2002). Hodnotíme proto stromy, které během své životní historie jasně odrážejí výskyt disturbancí, tedy změny růstu letokruhů. Obecně platí, že každý strom, který je současným členem korunové klenby, musel vyklíčit buď v mezeře, nebo byl část svého života potlačen v podrostu a pak byl uvolněn z potlačení. Postupným rozpadem horního patra lze předpokládat zlepšení světelných podmínek, které povede k lepšímu odrůstání zmlazení (Zenahlíková et al. 2011). Předpokládáme, že oba typy se zobrazí v podobě letokruhových přírůstků (Lorimer & Frelich 1989).

Pro identifikaci náhlé radiální změny tzv. uvolnění, byla použita procentuální růstová změna tempa růstu (PGC = Percent Grows Change) každého letokruhu, vypočtena za pomoci vzorce:

$PGC = [(M2 - M1) / M1] \times 100$. M1 zde vyjadřuje 10 let před posuzovaným datem letokruhového přírůstku (tzv. Prior growth). M2 je následujících 10 let zaznamenaného růstu.

Prvních a posledních deset let každé letokruhové série byla vypuštěna z další analýzy (Nowacki & Abrams 1997).

4.5 Identifikace stromů odrostlé v porostní mezeře (Gap origine)

Nejprve jsme vypočítali průměrný radiální růst ke každému roku, který jsme k dané ploše zaznamenali. Z průměrů jsme sestrojili graf průměrných radiálních přírůstků. Vytvořený graf není odrazem reálné skutečnosti. Průměrováním dojde ke zkreslení radiálních přírůstků jednotlivých stromů v ploše tak, že „uhladí“ extrémní hodnoty jako jsou maxima a minima. Ukáže nám však trend přírůstků k danému roku. Může tedy sloužit tak, že nám poskytne náhled na vývoj plochy v čase. Za

normálních okolností bude mít křivka od počátku růstu stromu po současnost klesající tendenci. Důvodem je dorůstání porostu do zápoje, tím se snižuje prostor a dostupnost světla. Pokud bude křivka vykazovat během času nárůst, nejspíše došlo k uvolnění z potlačení. Důvodem může být buď disturbance, anebo rozpadu porostu v důvodu věku.

Identifikace stromů, které odrostly v porostní mezeře (gap origine), byla vypočítána z průměrů prvních deseti radiálních přírůstků. Strom odrůstal od počátku v otevřeném zápoji pokud průměr šířky prvních deseti letokruhů byl vyšší než 1mm, nebo nejevil známky uvolnění po celou dobu růstu.

4.6 Identifikace uvolnění

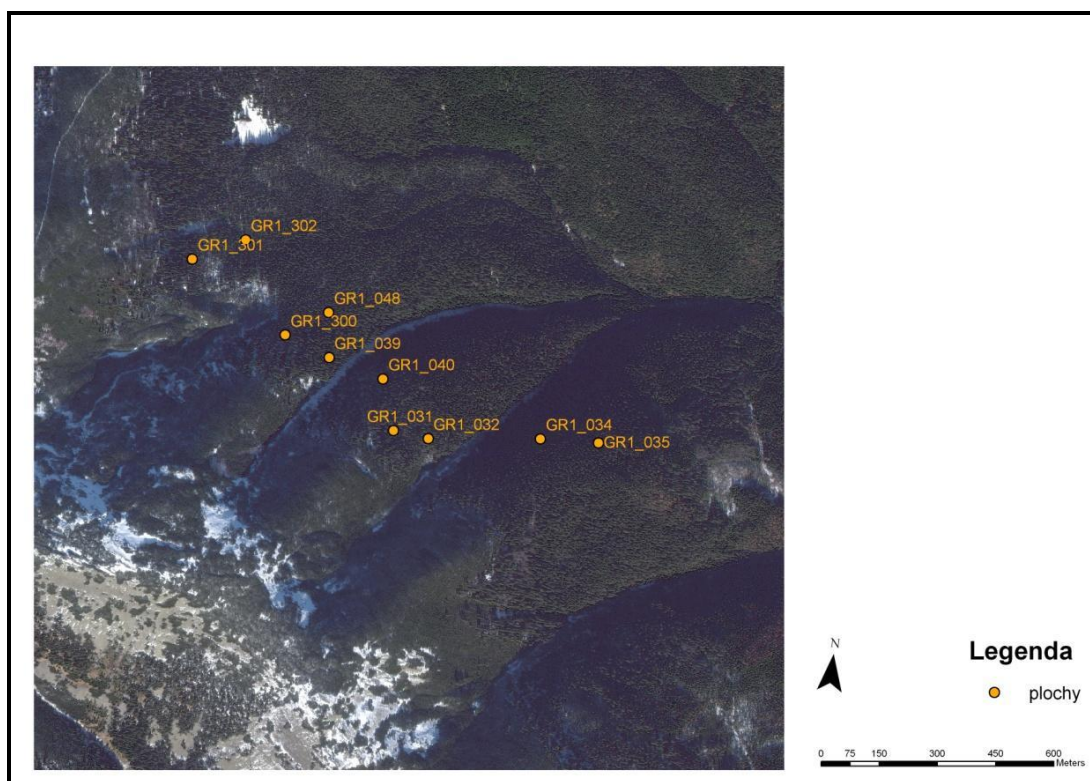
Dalším krokem bylo vypočítat podle vzorce Nowacka a Abramse (1997) u každého stromu v každém roce, krom první a poslední dekády, procentuální změnu radiálního růstu.

Získáme tak data, která můžeme použít pro vyhodnocení uvolnění. Data, která jsou záporná, jasně dokládají pokles radiálního nárůstu vůči předchozím letopočtům. Kladná data poukazují na nárůst. Pro naši analýzu využijeme pouze ty, které mají hodnotu procentuálního nárůstu vyšší než 50%. Následně ty pak podle Nowacka a Abramse (1997) rozdělíme do intervalů 50-100% a nad 100%. Hodnoty 50-100% indikují střední uvolnění, mezi silné uvolnění řadíme čísla nad 100%.

Pro každý strom jsme zaznamenávali vždy jen jednu nejdůležitější událost v čase, kterou jsme zanesli pro každou plochu do grafu.

5 Výsledky

5.1 Charakteristika studovaných ploch



Obrázek 1 Mapa rozmístění studovaných ploch, oblast Grofa, Ukrajina

Na Ukrajině v oblasti hory Grofa byl analyzován následující výčet ploch: GR1_031, GR1_032, GR1_034, GR1_035, GR1_039, GR1_040, GR1_048, GR1_300, GR1_301 a GR1_302. Situování na mapě charakterizuje **Obrázek 1**.

Průměrná výčetní tloušťka (DBH) je 27,5 cm největší však 77,6 cm. Průměrný věk u všech vrtaných stromů (n=248) je 132 let s průměrnou tloušťkou 34 cm. Průměrná výška porostu, která byla vypočítána z 50ti jedinců, je 21 m. Nejvyšší jedinec s výškou 32m a šířkou 59,4 cm pochází z plochy GR1_034. Nejširší měřený strom rostl na ploše GR1_302 s výčetní tloušťkou 67,1 cm a věkem 203 let.

Počet vrtaných stromů s výčetní šířkou nad 40 cm byl 72 (29%) s průměrným věkem 183 let. S šířkou v rozmezí 20-40 cm bylo vrtaných 152 jedinců (61%) s

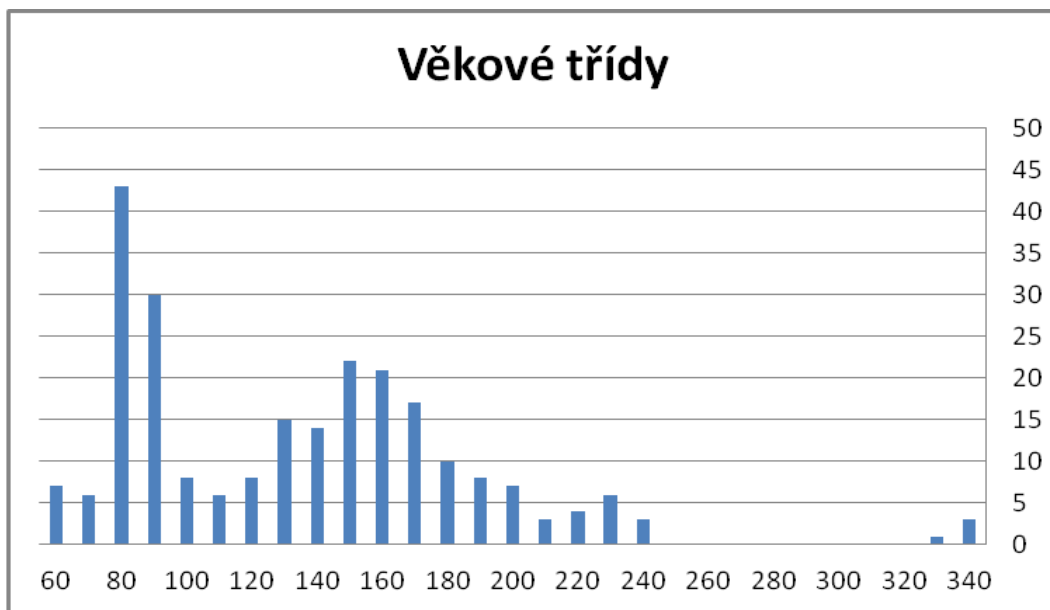
průměrným věkem 116 let. Pod šířku 20 cm se dostalo zbývajících 24 vrтанých stromů (10%) s věkem 83 let, průměrném stáří 169 let a výčetní tloušťku 59,4 cm. Ostatní charakteristiky ploch jsou v **Tabulce 1**.

Věkové třídy jsou podle **Graf 1** různorodé. S nejvyšší četností 73 jedinců byla věková třída od 70-90 let a 43 stromů od 140-160 let. **Graf 2** zobrazuje nástup jednotlivých stromů do zápoje. Je zde patrný skokový nárůst počtu stromů v roce 1780, 1840 a 1918.

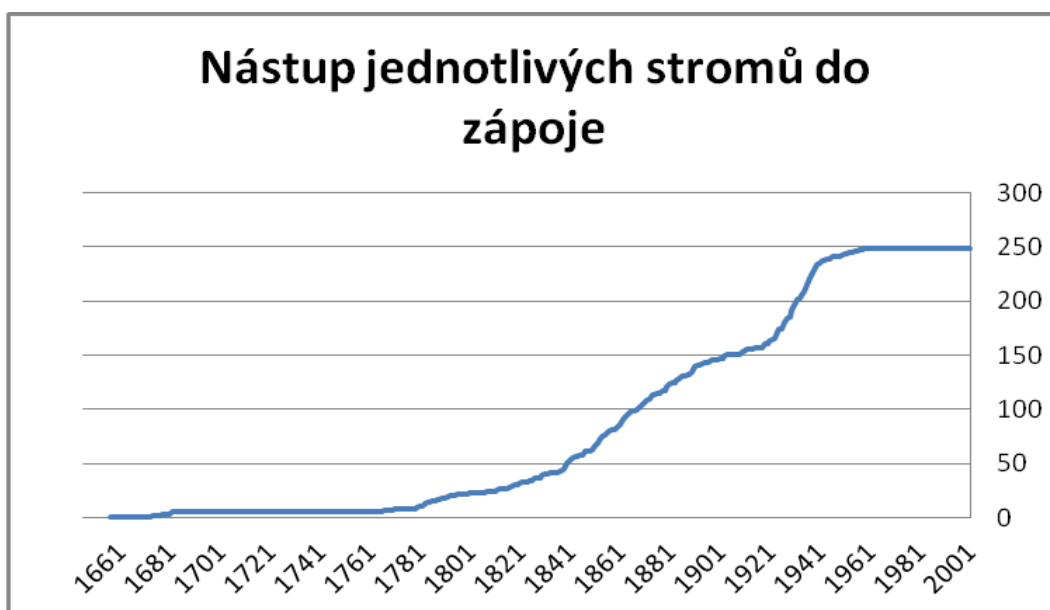
Tabulka 1 Charakteristika studovaných ploch

Plocha	Počet stromů (cm)	Průměrné DBH (cm)	Max DBH (cm)	Směrodatná odchylka DBH (cm)	Průměrný věk	Maximální věk	Směrodatná odchylka věku	Výška (m)	Max výška (m)	Směrodatná odchylka výšky (m)	Hustota stromu na hektar
GR1_031	45	32,36	56,2	11,9	159	256	32,3	23,28	29,7	6,7	450
GR1_032	57	27,98	54,4	12,5	150	337	69,4	19,62	27,9	8,0	570
GR1_034	60	30,28	56,2	12,7	144	198	39,7	25,36	32,4	5,5	600
GR1_035	92	23,45	50,5	9,7	76	87	4,2	22,52	27,3	3,9	920
GR1_039	64	28,50	61,4	14,7	112	195	35,3	23,32	30,5	5,3	640
GR1_040	50	30,35	77,6	15,4	160	256	42,6	20,22	27,7	8,1	500
GR1_048	75	25,63	41,3	7,9	82	124	12,9	17,12	20,4	3,0	750
GR1_300	44	34,05	53,4	11,7	180	250	37,3	22,06	26,5	4,3	440
GR1_301	45	34,06	66	16,0	163	237	50,4	23,38	31	8,6	450
GR1_302	84	19,40	67,1	8,9	98	333	58,8	13,02	17,3	3,3	840

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 1 Věkové třídy stromů na všech plochách



Graf 2 Kumulativní četnost stromů vstupujících do zápoje v danou dobu

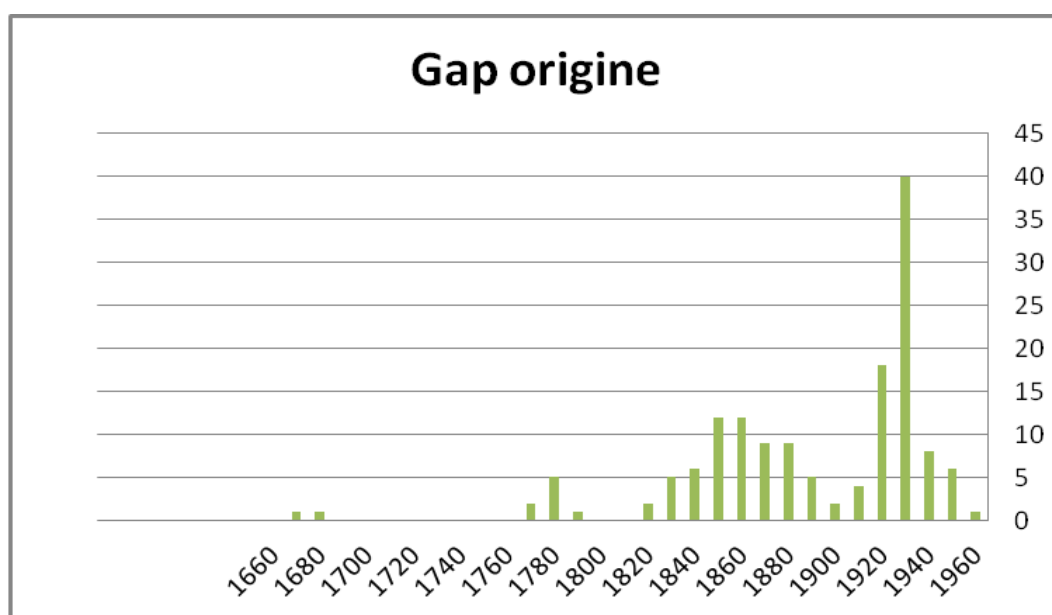
5.2 Dendrochronologická analýza

Ze všech hodnocených stromů jich 81 (32%) neukázalo žádnou událost, která by naznačovala uvolnění. Střední uvolnění bylo indikováno u 91 vzorků (38%) a silné uvolnění bylo odhaleno u 76ti stromů (30%). Všechny uvedené časové

hodnoty jsou pro zjednodušení uvedené v tzv. dekádách. Znamená to tedy, že události jsou uvedeny za desetiletí.

Z 248 stromů byl celkový počet všech jedinců odrostlých v porostní mezeře 149 (60%). Průměrný věk těchto stromů je 116 let s maximem a minimem 333 a 49 let. Plocha s nejvyšším výskytem jedinců odrostlých v porostní mezeře je GR1_035 s 26ti jedinci (100%). Průměrný věk na této ploše je 76 let. Nejmenší výskyt je zaznamenán na ploše GR1_040, kde bylo nalezeno 6 jedinců (25%) s průměrným věkem 148 let.

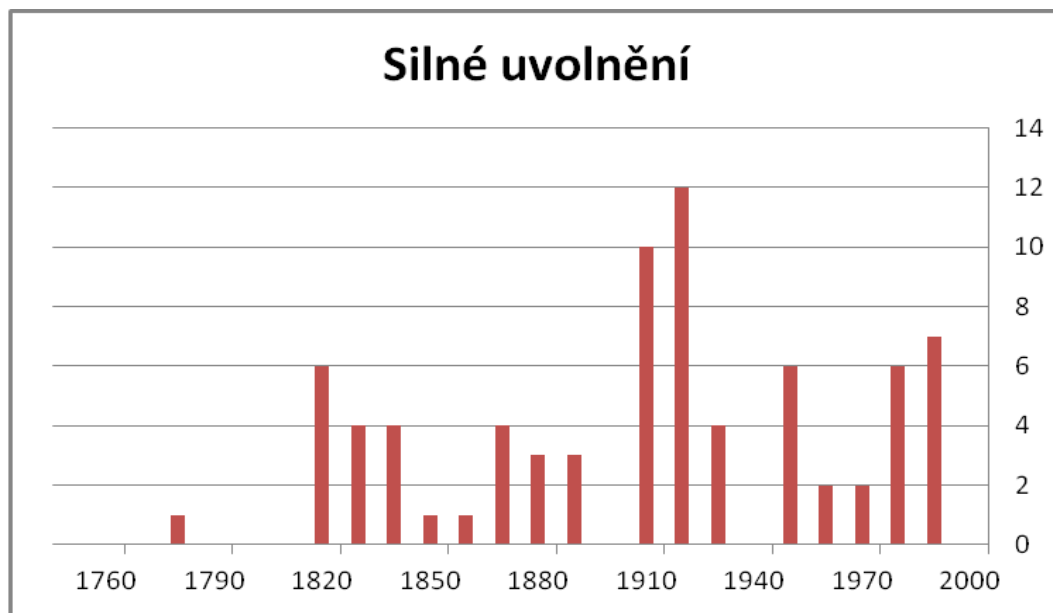
Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v dekádách 1850, 1860, vyšší 1920 a nejvyšší 1930. Čili nejdůležitější období jsou 1850-1870 a 1920-1940. Rozsah výskytu a četností jedinců odrostlých v porostní mezeře v čase ukazuje **Graf 3**.



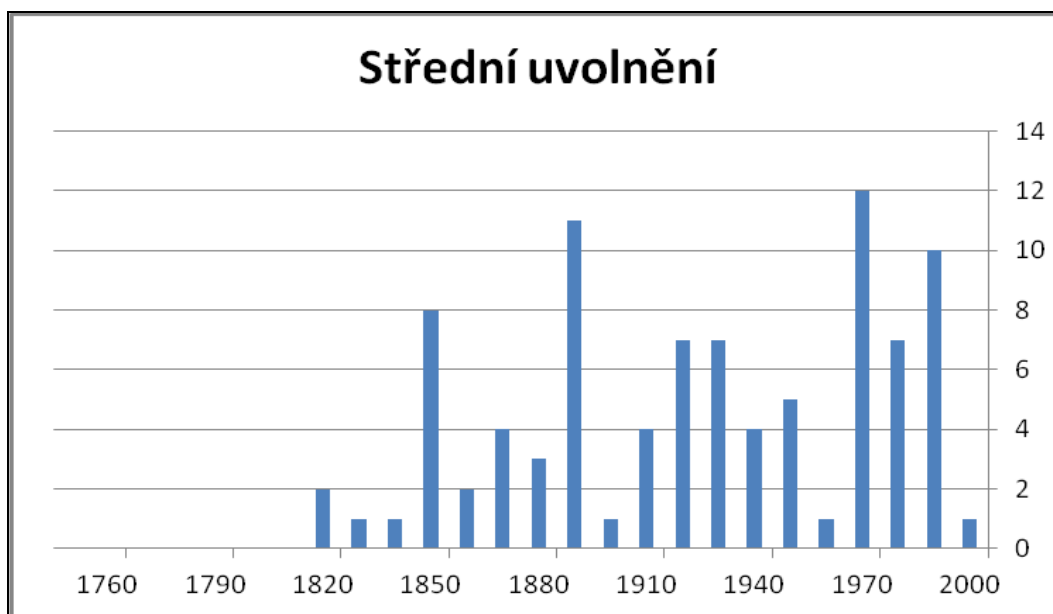
Graf 3 Rozdělení četností jedinců na všech plochách odrostlých v porostní mezeře „gap origine“ v čase

Silné uvolnění se vyskytuje s významnější četností od roku 1820 až po současnost. Nejčastější výskyt uvolnění zaznamenáváme z dekád 1820-1850 (18%), 1910-1930 (30%) a 1980-2000 (17%). Výskyt středních uvolnění se projevuje kontinuálně se střídavou četností od roku 1820 též po současnost. Významnější periody jsou 1850 (9%), 1890 (12) 1970 (13%), 1990 (11%).

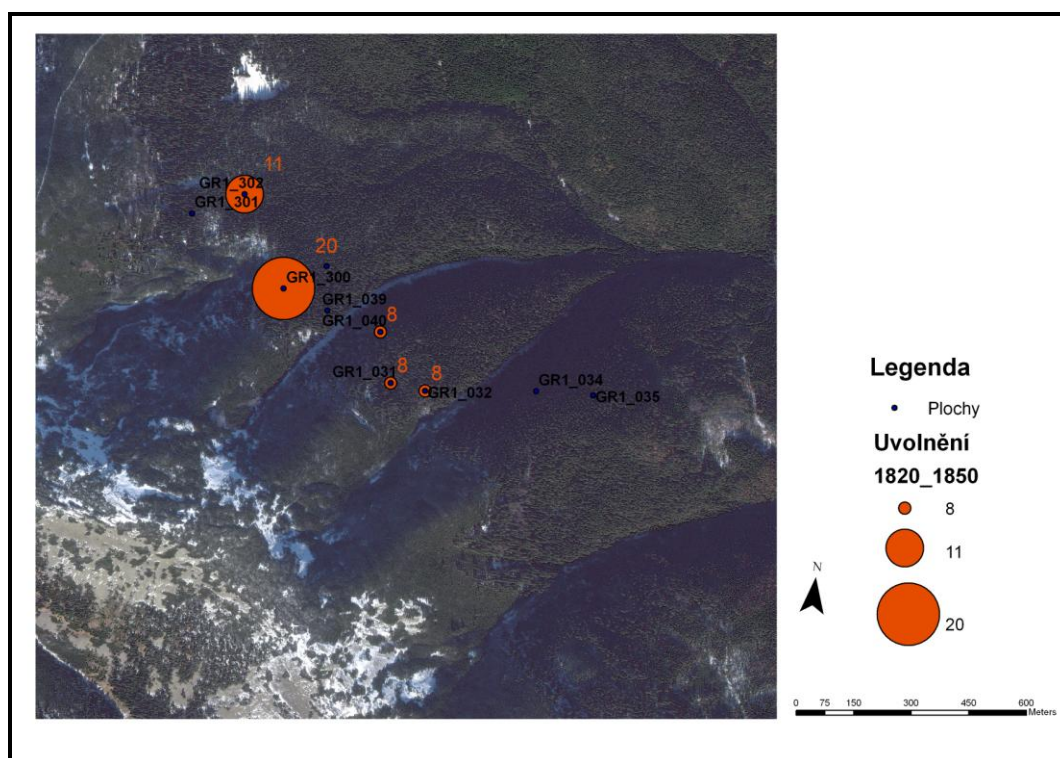
Jednotlivé četnosti jsou uvedeny v **Grafu 4** a **Grafu 5**. Silné narušení z hlediska prostorového rozmístění na jednotlivých plochách jsou zobrazeny na **Obrázku 2** až **4**.



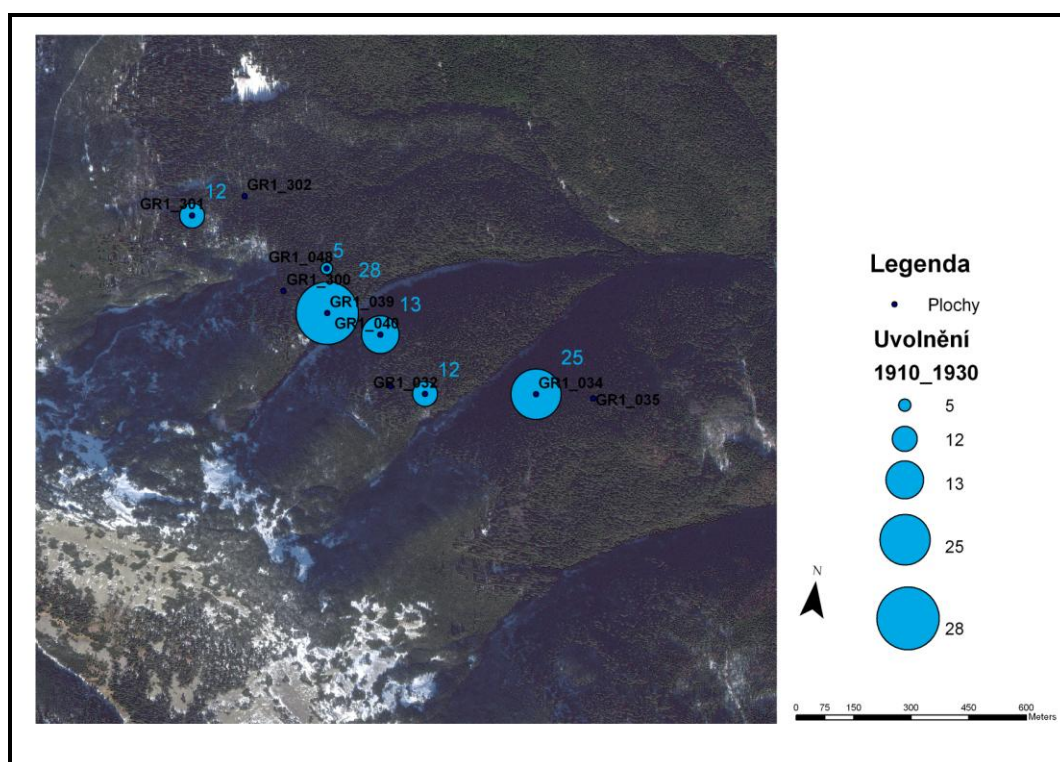
Graf 4 Graf četností silného uvolnění v čase na všech plochách



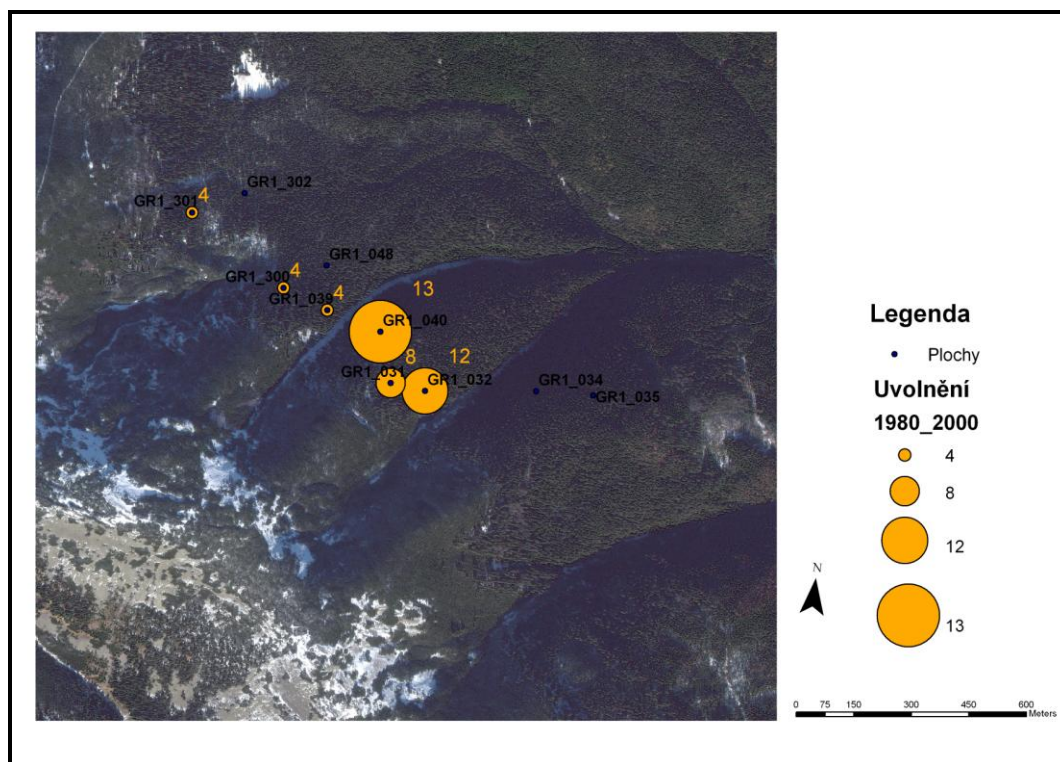
Graf 5 Graf četnosti středního uvolnění v čase na všech plochách



Obrázek 2 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1820-1850



Obrázek 3 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1920-1930



Obrázek 4 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1980-2000

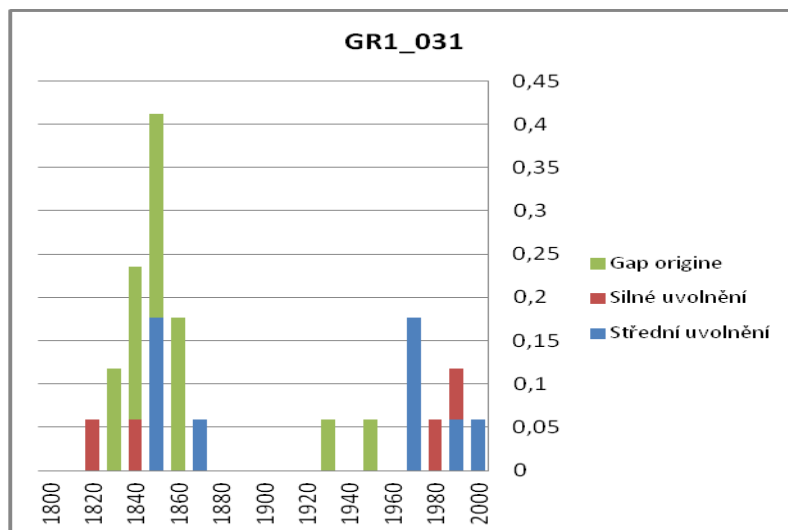
5.3 Analýza jednotlivých ploch

5.3.1 Plocha GR1_031

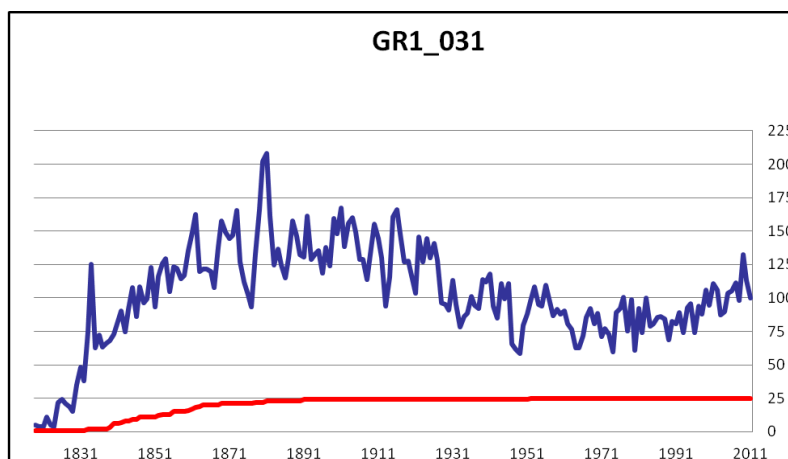
Na této ploše bylo celkem 52 stromů z toho 44 živých a 10 mrtvých. Vrtáno bylo 25 vzorků. Průměrný věk je 159 let s výškou zápoje 23 m. Průměrná výčetní tloušťka je 32,3 cm. Grafické zobrazení je uvedeno v **Grafu 6 a 7**.

Stromy odrůstající v porostní mezeře jsou zde zastoupeny 16ti (64%) jedinci s průměrným věkem 149 let. Významné výskyty na této ploše můžeme datovat do období 1840-1870. Silné uvolnění bylo nalezeno u 5ti (20%) stromů. Významná období jsou 1820-1850 a 1980-2000.

Střední uvolnění bylo detekováno u 11-ti (48%) jedinců. Významné periody jsou 1850 a 1970.



Graf 6 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_031



Graf 7 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_031 (modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

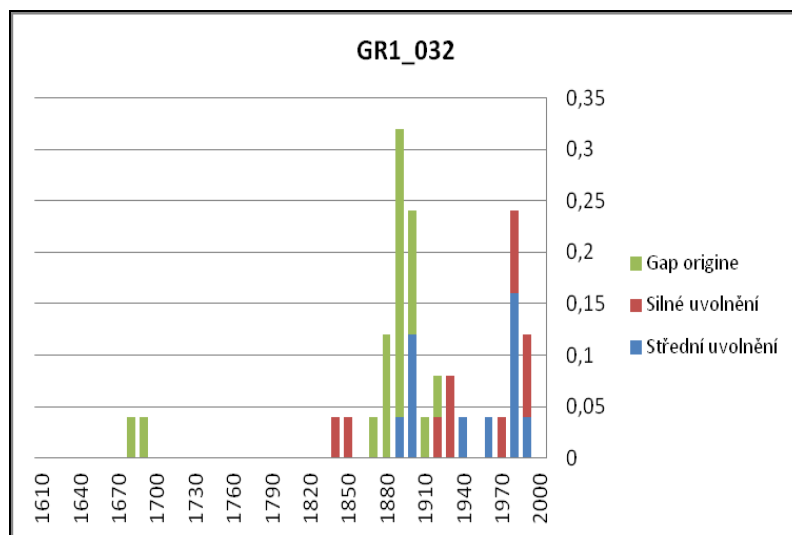
5.3.2 Plocha GR1_032

Plocha obsahovala celkem 55 živých stromů, 5 mrtvých z celkových 57 jedinců. Průměrná výčetní tloušťka měřených stromů je 28 cm. Stromy dosahovali průměrného věku 150 let a výšky 19,6 m. Grafické zobrazení je uvedeno v **Grafu 8 a 9**.

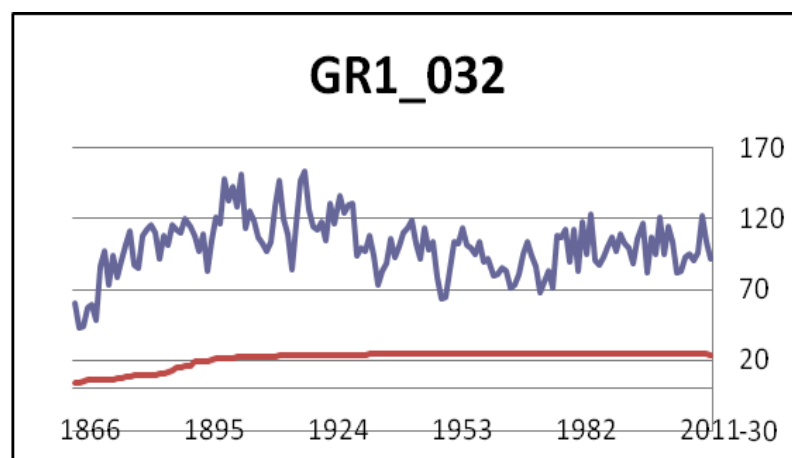
18 (72%) jedinců s průměrným věkem 152 let ukázalo původ v porostní mezeři. Významné četnosti z dekád 1870, 1910.

Silné uvolnění zjišťujeme v dekádě 1930-1850, 1910-1930 a 1980-1990. Celkově 11 (44%) jedinců vykazovalo toto uvolnění.

Střední uvolnění se na této ploše vyskytlo se stejnou četností jako uvolnění silné. Událost se projevila u 11ti (44%) jedinců. Nejvyšší četnosti jsou zaznamenány pro dekádu 1890 a 1970.



Graf 8 Graf četnosti událostí indikujících narušení – plocha GR1_032

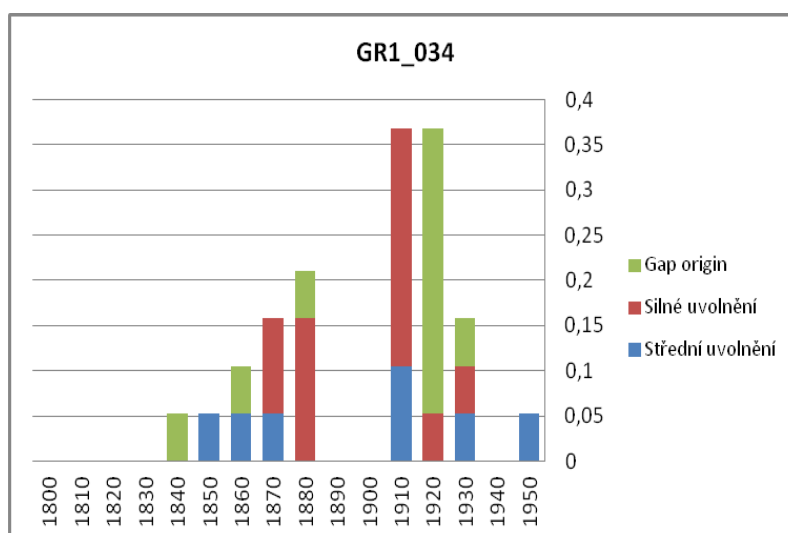


Graf 9 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_032(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

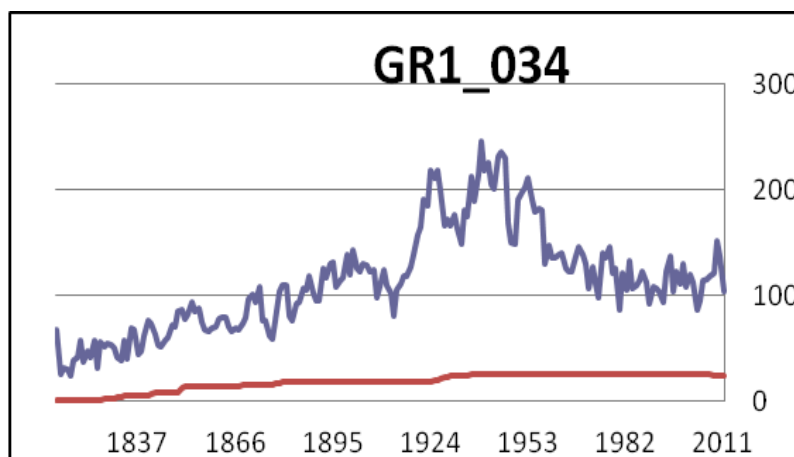
5.3.3 Plocha GR1_034

Zde se našlo 60 jedinců z toho 55 (91%) živých a 5 stojících mrtvých. Průměrná výčetní tloušťka je 30,3 cm. Výška stromů dosahovala 25 m a věku 144 let. Události zobrazuje **Graf 10 a 11**.

Jedinci s odrůstem v porostní mezeře se prokázalo v 11ti (44%) případech s věkem 108 let. Nejdůležitější četnost těchto vzorků je z dekády 1920. Silné uvolnění se nejčastěji projevilo v roce 1880 a 1910. Celkově toto uvolnění jsme prokázali ve 12ti (48%) případech. Střední uvolnění ukázalo 7 (28%) vzorků. Výskyt tohoto uvolnění je méně časté. Významnější dekáda pro tuto plochu je 1910.



Graf 10 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_034

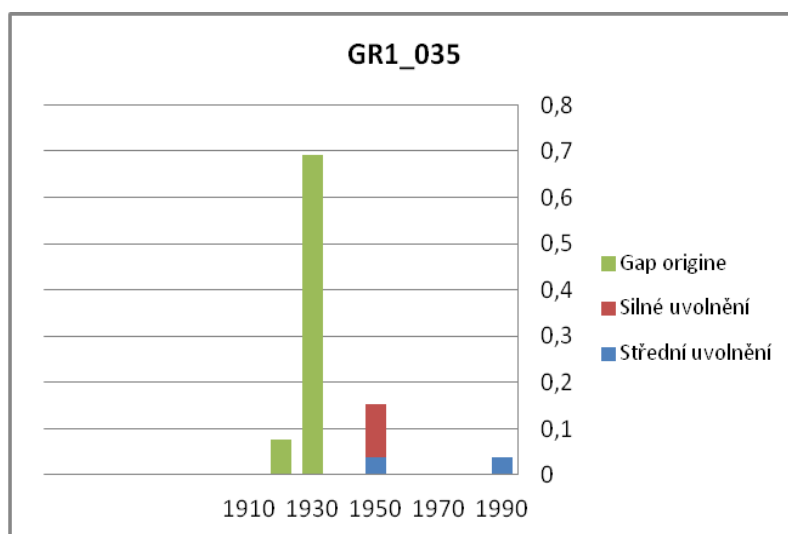


Graf 11 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_034(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

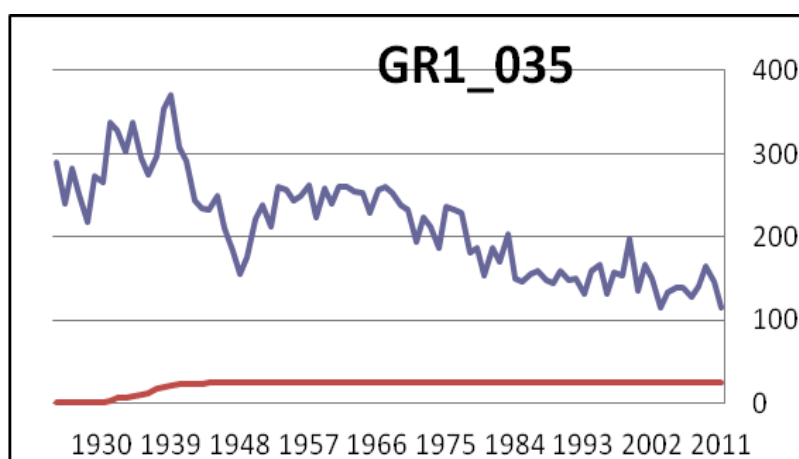
5.3.4 Plocha GR1_035

Na této ploše bylo 92 stromů z toho 71 živých a 21 (23%) suchých. Průměrný věk jedinců je 76 let s výškou 22,5 m a výčetní tloušťkou 23,4 cm. Události zobrazuje **Graf 12 a 13**.

Výskyt stromů odrostlých v otevřeném zápoji zde byl prokázán u všech jedinců (100%). Téměř všechny tyto stromy datujeme do dekády 1930. Silné uvolnění bylo detekováno u 6ti (23%) jedinců. Nejčastější výskyt tohoto uvolnění datuje do dekády 1950. Střední uvolnění u 2 (8%) jedinců datujeme 1950 a 1990.



Graf 12 Graf četnosti událostí indikujících narušení – plocha GR1_035

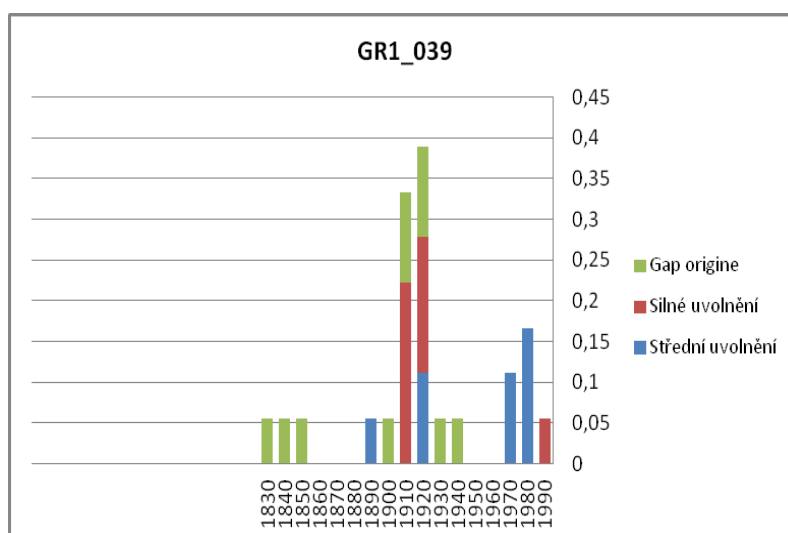


Graf 13 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_035(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

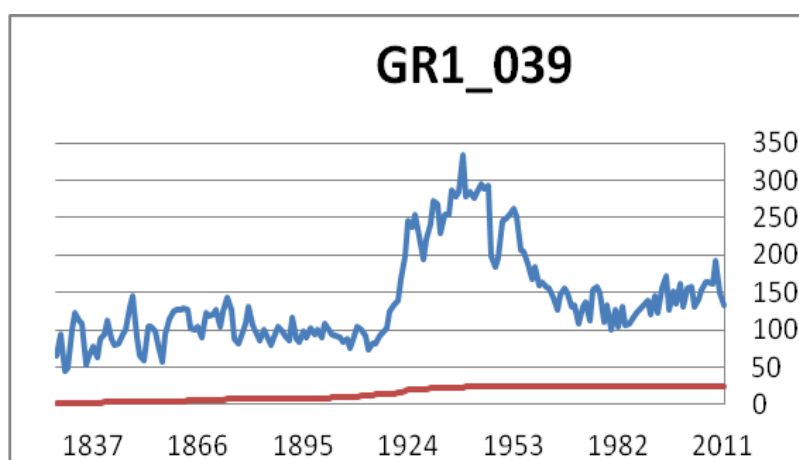
5.3.5 Plocha GR1_039

Celkem na této ploše se nalézá 64 stromů, z nichž je 50 živých a 14 (21%) suchých. Průměrný věk je 112 let s výškou 23 m. Události na této ploše zobrazuje **Graf 14 a 15**.

S průměrným věkem 112 let řadíme mezi stromy z porostní mezery 10 (40%) jedinců. Tyto stromy se vyskytují ve dvou periodách 1830-1860. Silné uvolnění pozorujeme u 8 (32%) vzorků s nejčastějším výskytem 1910-1930. U středního uvolnění nalézáme 7 (28%) jedinců. Nejčastější výskyt pozorujeme 1920, 1970 a nejvíce v dekadě 1980.



Graf 14 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_039

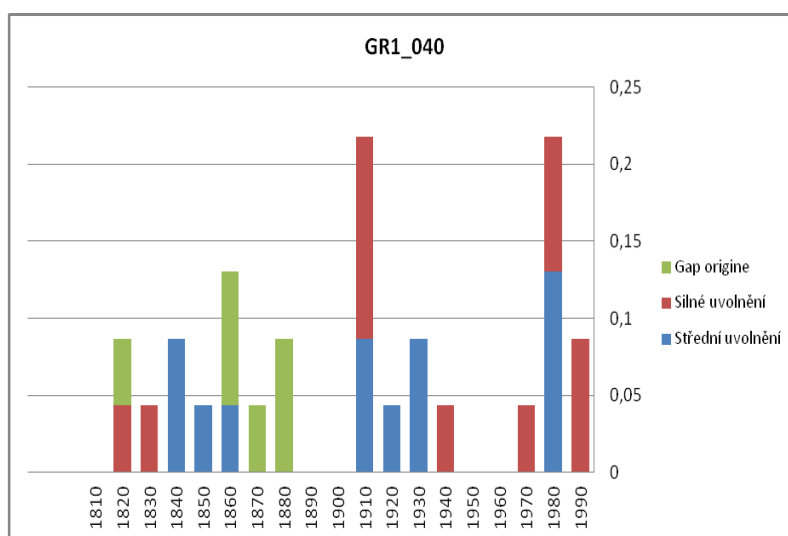


Graf 15 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_039(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

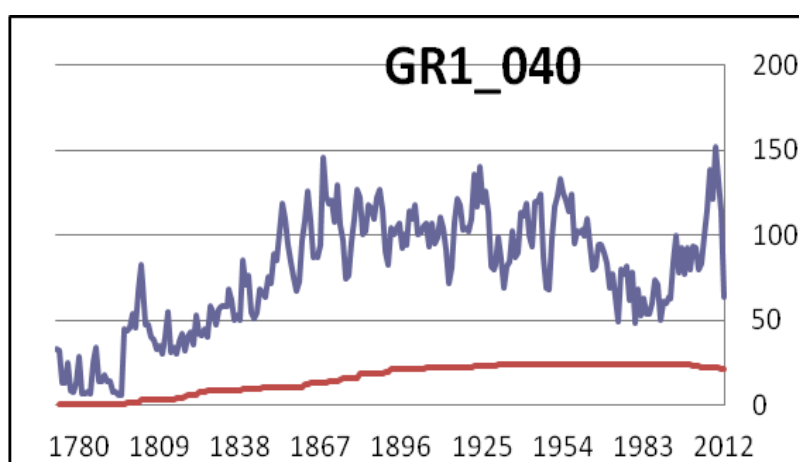
5.3.6 Plocha GR1_040

Plocha obsahuje 50 jedinců z toho 32 živých a 18 (36%) souší. Průměrná výčetní tloušťka stromu je 30,3 cm. Výška porostu je 20 m a stáří 160 let. Události na této ploše zobrazuje **Graf 16 a 17**.

Odrostlých jedinců v porostní mezeře je 6. Průměrný věk je 148. Datujeme je mezi roky 1860-1880. Mezi silné uvolnění indikujeme 11 (46%) stromů. Nejvyšší četnost ukazuje období 1910-1920 a 1980-2000. Střední uvolnění má nejvyšší četnost v letech 1840-1850, 1910-1940 a 1980-1990.



Graf 16 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_040

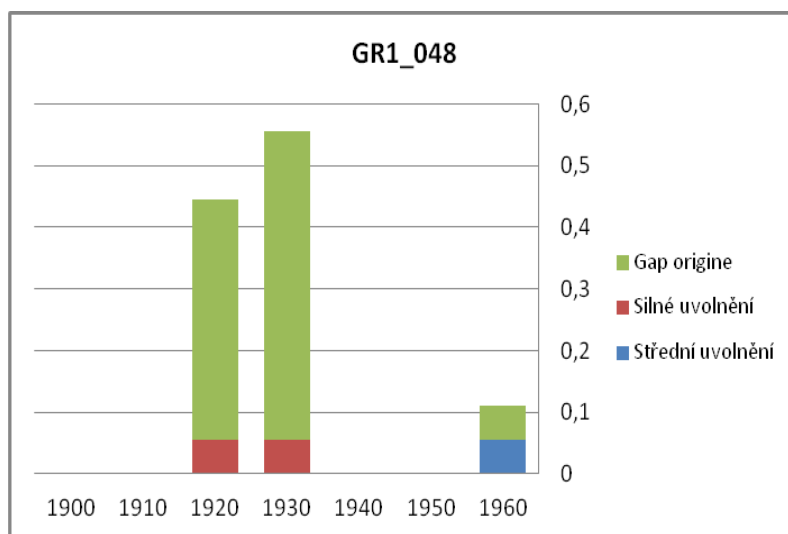


Graf 17 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_040(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

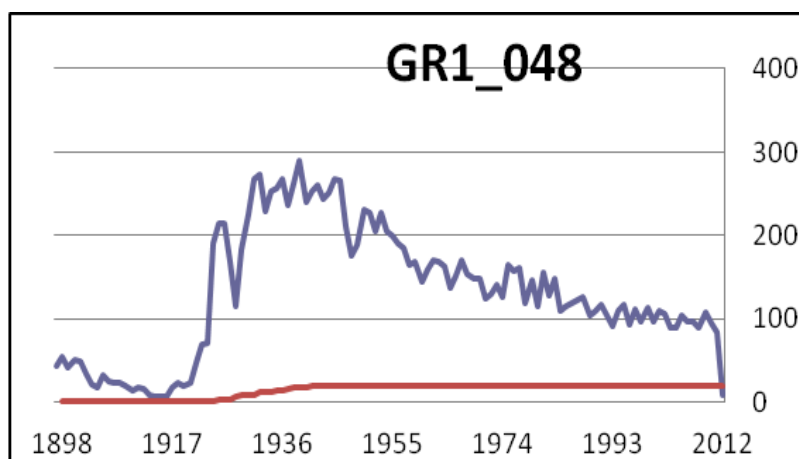
5.3.7 Plocha GR1_048

Na této ploše se nachází 75 stromů z toho 12 (16%) suchých a 63 živých. Průměrný věk jedince je 82 let a výška porostu 17 m. Průměrná výčetní tloušťka je 25,6 cm. Události této plochy zobrazuje **Graf 18 a 19**.

Četnost stromů, které odrostly v porostní mezeře je 18 (90%) s věkem 78 let. Nejdůležitější četnosti na ploše jsou datovány mezi dekadami 1920 a 1930. Silné uvolnění se na této ploše objevuje jen v roce 1921 a 1936 s četností výskytu 10%. Střední uvolnění se vyskytlo jen jednou a to v dekádě 1960.



Graf 18 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_48

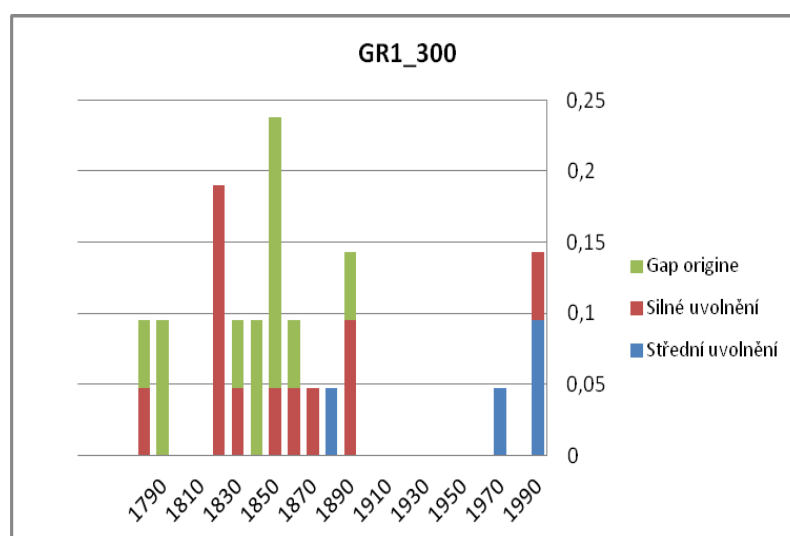


Graf 19 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_048(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

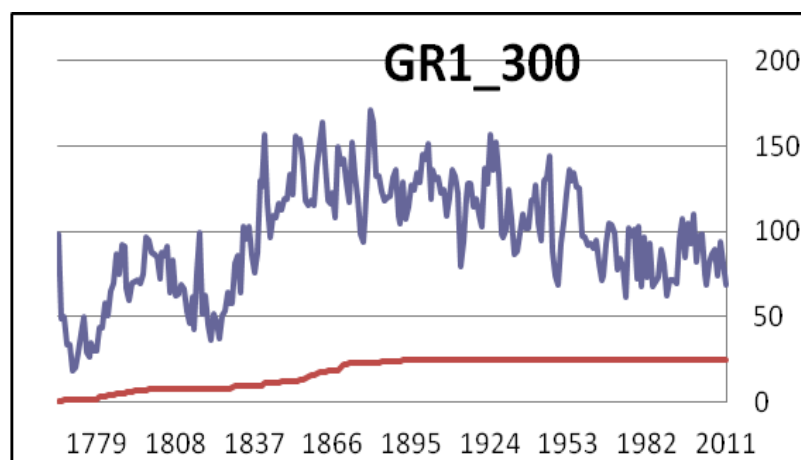
5.3.8 Plocha GR1_300

Tato plocha obsahovala 5 (11%) souší a 39 živých jedinců z celkového počtu 44 stromů. Výška porostu dosahovala 22 m. Průměrný věk byl 180 let a výčetní tloušťka 34 cm. Události této plochy zobrazuje **Graf 20 a 21**.

16 (64%) jedinců bylo vyhodnoceno jako stromů odrostlých v otevřeném zápoji. Průměrný věk je 165 let. Výskyt byl datován od roku 1780-1800 a 1830-1860. Nejvyšší četnost byla v dekádě 1850. Silné uvolnění s nejvyšší četností datujeme dekádu 1820. Celková četnost na ploše je prokázána u 12ti (48%) jedinců. 8 (36%) stromů poukazovalo na střední uvolnění. Nejčastější dekáda byla 1990.



Graf 20 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_300

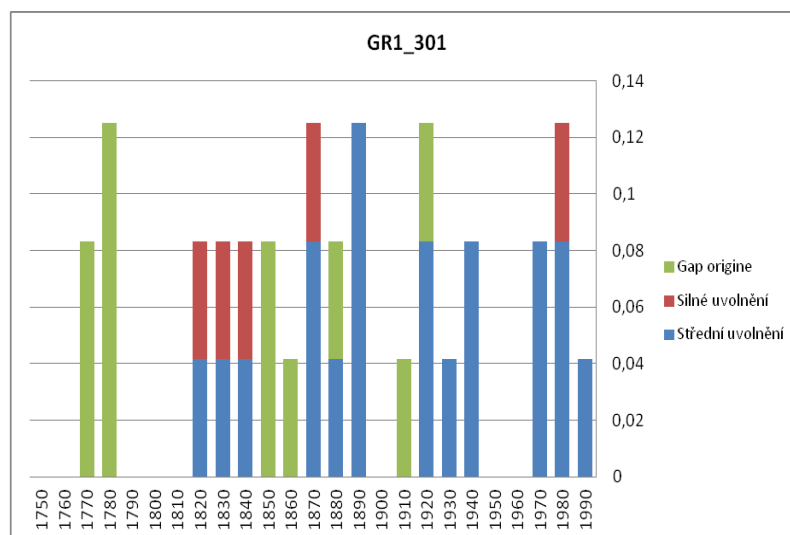


Graf 21 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_300(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

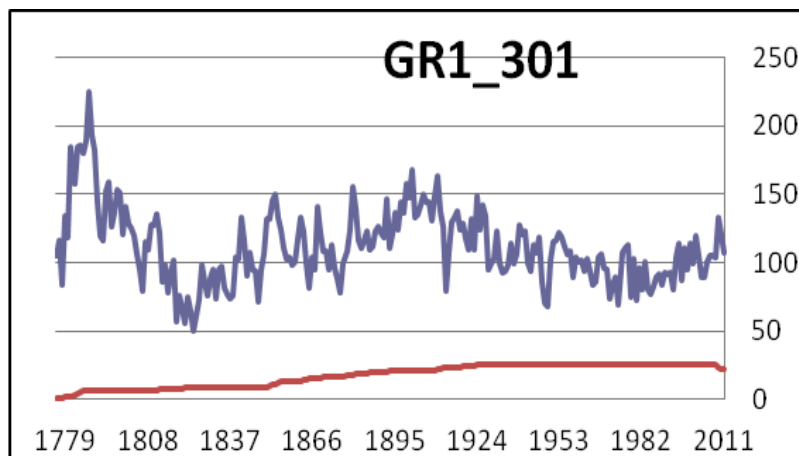
5.3.9 Plocha GR1_301

Celkový počet stromů byl zde 45. Počet živých byl 39 a souší zde bylo 6 (13%). Průměrná výčetní tloušťka byla 34 cm. Výška porostu 23,4 m a průměrné stáří porostu 162 let. Události z této plochy jsou zobrazeny v **Grafu 22 a 23**.

Stromy odrostlé v otevřeném zápoji s věkem 175 let zde byly v celkovém počtu 11 (42%) jedinců. Nejvyšší četnosti na této ploše byly nalezeny v dekádě 1776-1785, 1850-1860 a 1920-1927. Silné uvolnění bylo detekováno u 5ti (19%) stromů. Četnost uvolnění bylo rovnoměrné od dekád 1820-1850. Střední uvolnění bylo objeveno u 19ti (73%) jedinců. Nejvyšší četnosti byly zaznamenány rovnoměrně 1820 až po současnost s maximem 1890.



Graf 22 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_301

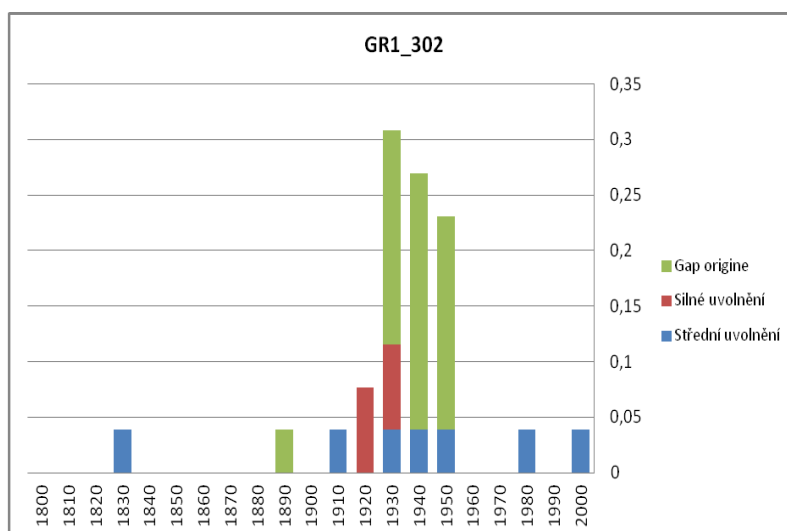


Graf 23 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_301(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

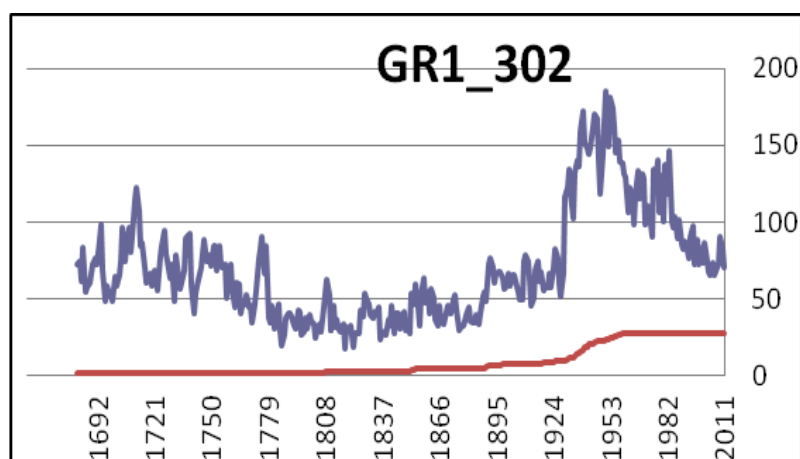
5.3.10 Plocha GR1_302

Tato plocha obsahuje 79 živých, 5 (6%) suchých z celkově 84 stojících stromů. Průměrný věk je 97 let s výčetní tloušťkou 19,4 cm a porostní výškou 13 m. Události jsou zobrazeny v **Grafu 24 a 25**.

Počet stromů odrostlých v porostní mezeře je 17 (63%). Průměrný věk těchto stromů je 70 let. Nejvyšší výskyt četností je zaznamenán v období 1930-1960. Silné uvolnění můžeme pozorovat u 4 (15%) stromů s nejvyšší četností v dekádě 1930. Střední uvolnění jsme detekovali u 8mi (30%) jedinců se střídavě rovnoměrným výskytem od roku 1910 až po rok 2000.



Graf 24 Graf četnosti událostí indikující narušení – plocha GR1_302



Graf 25 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_302(modrá křivka) a kumulativní četnost vzorku (červená křivka)

6 Diskuze

6.1 Obecná charakteristika

Výsledky v této práci ukázaly, že disturbance se projevily v celé historii zkoumaných horských smrkových pralesů. Porosty byly ovlivněny četnými rušivými událostmi různé síly i intenzity. Zkoumané lesy tak odpovídají charakteristice přirozených horských smrkových lesů popisované v obdobných pracích, týkající se dynamiky smrkových porostů (Janda et al 2010, Čada et al 2011, Mařejů 2013, Svoboda et al 2011, Korpel 1989). Porostní struktura na zkoumaných plochách je značně heterogenní. Dokládá o tom rozdílné DBH jednotlivých ploch, včetně četnosti věkových tříd zobrazených v **Grafu 1**, i porostní výšky uvedených v **Tabulce 2**. Tyto rozdíly jsou dány právě mozaikovitou strukturou porostu, která byla tvořena četnými událostmi narušení. Tato narušení se jeví spíše jako středně silné s vysokou četností než silné s nízkou četností.

6.2 Intenzita disturbancí

Jak již bylo řečeno, porosty horských smrkových lesů jsou utvářeny častými disturbancemi různé síly a četností. Rozmanité účinky vedou k mozaikovité a mezernaté struktuře (Pickett & White 1985). Stejně tak jako disturbance ovlivňují věkovou strukturu lesů, věková struktura ovlivňuje míru dopadu disturbancí, protože je les v různých věkových stádiích jinak náchylný na poškození. V mladším porostu nedochází k poškození v takové míře a tak často, jako v porostech vyššího věku. Nízké a pružné stromy jsou odolnější vůči narušení než dospělí jedinci. U starších porostů dochází velmi často k velkoplošným poškozením, protože jsou k tomu náchylnější (Kulakowski & Bebi 2004). Podle Kulakowski & Bebi (2004) a Gromtseva (2000) je nejvýznamnější z fyzikálních jevů, které ovlivňují dynamiku horských smrkových lesů ve střední Evropě, právě vítr. Důležitým ukazatelem stability lesa, kdy je vítr hlavním disturbančním činitelem, je jeho odlišná věková struktura, která je potvrzena i v této studii. Rozsáhlé větrné události bývají často

vystřídány gradací populací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Vliv lýkožrouta stejně tak jako i další události, například i slabší větrná událost, prodlužuje a rozšiřuje dopad větrného narušení na porost, protože dojde k oslabení porostu (Seidl et al. 2007). Takto by se daly objasnit déle trvající narušení, které na studovaných plochách mohou trvat 20-30 let. Na základě výsledků je patrné, že nejčastějším narušením utvářející charakter porostu je středně silné narušení s kontinuálním působením, než silné vyskytující se v několika periodách. Panayotov et al. (2011) uvádí jako nejčastější druh uvolnění ve smrkových lesích v Bulharsku uvolnění střední. Tato práce tuto skutečnost potvrzuje i přesto, že je zde zastoupeno ve značné míře i uvolnění silné. Na vině by mohla být rozdílná metodika hodnocení středního a silného uvolnění. O častějším výskytu středního uvolnění v pohoří ukrajinských Karpat rovněž hovoří ve své práci Trotsiuk et al. (2014). Stejný názor na běžnější výskyt středního uvolnění zastává ve své studii i Matějů (2013).

6.3 Prostorová a časová synchronizace disturbancí

Výsledky v této práci popisují historický režim uvolnění porostu od roku 1826, avšak v tomto roce rostlo na studované ploše pouze 34 (14%) stromů z konečného celkového počtu 248 měřených jedinců. Periodu v silném uvolnění 1820-1850 nemůžeme tedy brát na našem studovaném území jako zcela průkaznou. Tato událost uvolnění se projevila ve větší či malé míře u 50ti% studovaných ploch. K nejvýznamnějšímu uvolnění došlo mezi roky 1910-1930, kdy tato událost byla zaznamenána na 60% ploch. Poslední významné uvolnění jsme identifikovali pro období 1980-2000 s 50% zastoupením zkoumaných ploch. Pouze plocha GR1_040 a GR1_032, i když s velice nízkým významem, zahrnovala ve své chronologii záznam o všech událostech uvolnění. **Obrázky 2-4** zobrazují prostorovou distribuci uvolnění v nejdůležitějším období na všech studovaných plochách.

Analýza stromů, které započaly růst v porostní mezeře, je velice důležitá pro identifikaci velmi silného uvolnění. Předpokládáme totiž, že těmto událostem předcházelo právě silné uvolnění, které zapříčinilo rozpad zápoje a umožnilo zvýšený obnovu porostu (Frelich 2002). Příčinou by mohla být například velice silná větrná událost, která narušila stromové patro. Ve výsledcích podle **Grafu 2**, došlo

k významnějšímu rozpadu stromového patra na zkoumaných plochách dle četnosti postupně od roku 1840 až 1960, kdy bylo identifikováno 136 stromů odrostlých v porostní mezeře z celkového počtu 149. Významnější četnost těchto stromů byla rovněž v období 1850-1870, která zároveň odpovídá stromům v četné věkové třídě 140-160, kdy tyto stromy započal svůj růst. Nejintenzivnější uvolnění je však patrné před lety 1920 a 1930, protože v tomto období byla četnost stromů odrostlých v porostní mezeře nejvyšší. Není náhodou, že tomuto období odpovídají jedinci věkové třídy s nejvyšší četností 70-90 let. Bylo zde nalezeno 58 stromů, z toho 40 mezi roky 1930-1940. Tvrzení, že stromy odrostlé v otevřeném zápoji poukazují na silné uvolnění porostu, by mohla posilovat identifikace těchto stromů ve stejném období na koncentrované ploše. Pokud v porostu převládají stejnověkové stromy, došlo zde v jeho počátku vývoje k velkému uvolnění (Kulakowski et Bebi 2004, Frelich 2002). Jako klíčová se jeví plocha GR1_035, kde je identifikováno 26 stromů (100%), z nichž 22 započalo růst během deseti let, konkrétně mezi roky 1931 a 1941. Další významná plocha je GR1_048 se zastoupením 90%. Zde je výskyt těchto stromů rovněž vázán na dekády 1920 a 1930. Poslední významnou plochou vztahující se k nejvýznamnějšímu uvolnění je plocha GR1_034, kdy mezi roky 1924-30 bylo nalezeno 6 jedinců. Identifikaci stromů odrostlých v porostní mezeře odpovídá i křivka odrůstání jednotlivých stromů podle **Grafu 2**. Pouze u letopočtu 1780 máme málo vzorků, proto toto období budeme dále považovat za neprůkazné. Zbylé „zlomové“ roky (1940, 1918) odpovídají chronologicky období nástupu stromů odrostlých v porostní mezeře a též korespondují s identifikací silných uvolnění.

I když identifikace stromů odrostlých v otevřeném zápoji indikuje velmi silné uvolnění, nemůžeme určit, kdy k této události přesně došlo. Z definice těchto stromů totiž vyplývá, že této úrovni může jedinec dosáhnout během prvních deseti let svého života. Jako přesnější metoda se tedy jeví identifikace silného uvolnění. K jednotlivým rokům můžeme určit vedle četnosti i intenzitu v podobě procentuálních změn radiálního růstu. **Graf 4** ukazuje na události silného uvolnění mezi lety 1820-1850, 1910-1930 a 1980-2000, tedy až na poslední periodu několik let před nejvyšším výskytem stromů odrostlých v porostní mezeře. První dvě periody s významnějším uvolněním, v ukrajinských Karpatech, též zmiňuje ve své studii Trotsiuk et al., (2014). Janda et al. (2014) naznačuje, že v této době došlo k události,

kteřá pravděpodobně postihla širší oblast střední Evropy. V tomto období tedy muselo dojít k silnému narušení, a tím pádem uvolnění z potlačení. Nejvýznamnější plocha s identifikací silného uvolnění v období 1910-1920 je GR1_034. V tomto rozmezí bylo nalezeno 5 jedinců, z nichž se tři stromy s nejvyšším přírůstkem (524, 536 a 233%) vztahují k roku 1916, jeden (125%) k roku 1918 a poslední s nejvyšším radiálním přírůstkem ze všech zkoumaných ploch (891%) k roku 1917. Na této ploše mezi roky 1924-1930 odrostlo 6 jedinců v porostní mezeře, čili zhruba po deseti letech po událostech z roku 1916-1917. Tato plocha sousedí s plochou GR1_035. Společný výskyt stromů odrostlých v otevřeném zápoji podobného věku, tedy poukazuje na uvolnění, které postihlo širší oblast. Můžeme tedy předpokládat, že došlo k silné větrné události, která se mohla stát mezi roky 1915-1916. Silné uvolnění se projevilo na letokruhu následující rok. Silné uvolnění rovněž dokládá plocha GR1_039 (1917-254%, 2x1918-209%, 120% a 3x1921-342%, 129%, 209%) a GR1_040. Ze zbylých ploch se silné uvolnění v období 1910-1930 vyskytuje s menší četností, případně jej nahrazuje slabé uvolnění, či výskyt jedinců odrostlých v porostní mezeře. Prostorové znázornění této události je vyobrazen na **Obrázku 3**.

Poslední období uvolnění 1980-2000 ukázalo 6 ploch. Nejvýznamnější je plocha GR1_040 dále pak GR1_032 a GR1_031. Přestože nemáme žádný záznam o jedincích odrostlých v porostní mezeře jako u předchozích period, předpokládáme jejich existenci v podobě nízkých mladých stromků porostní obnovy, které nebyly předmětem této práce.

Výsledky prokázaly období narušení porostu v letech 1820-1850, 1910-1930 a 1980-2000. Pouze v období let 1910-1930 se projevilo narušení téměř na celém zájmovém území. Stromy odrostlé v porostní mezeře v prvních dvou periodách rovněž dokazují narušení silnějšího charakteru. Nebyla nalezena plocha, které by plnohodnotně zastupovala historický vývoj na celé studované ploše. Můžeme tím říci, že žádná plocha se nevyvíjela zcela stejně. Na studované území působí režim narušení s pestrými časovou i prostorovou variabilitou a různou silou, kdy převládají spíše středně silná a slabá narušení.

7 Závěr

Historie uvolnění v horských smrkových lesích v ukrajinských horách v oblasti Grofy hraje důležitou roli v heterogenním uspořádání porostu v prostoru a čase. Stejně nebo alespoň velmi podobné uspořádání porostu můžeme pozorovat i u jiných přirozených a přírodě blízkých horských smrkových lesů ve střední Evropě.

Analýzou jsme zjistili nejčetnější uvolnění na plochách GR1_040 (96%), GR1_301 (92%) a GR1_032 (88%). Nejvýznamnější události v čase ukazují periody 1820-1850, 1910-1930 a 1980-2000, které jsou zároveň popisovány ve studiích s obdobnou tematikou ve střední Evropě. Stromy odrostlé v porostní mezeře jsme detekovali s nejvyšší četností v periodách 1850-1870, 1920-1940 na plochách GR1_035 (100%) a GR1_048 (90%), které navazují na nejsilnější události narušení. Jako nejčastější druh narušení se ukázalo narušení střední. Méně časté bylo nalezeno narušení silné, které však pozitivně ovlivnilo přirozenou obnovu porostu. Na studované území působí režim narušení s pestrou časovou i prostorovou variabilitou a různou silou, kdy převládají spíše středně silná a slabá narušení.

Díky této práci jsme si ověřili skutečnost, že porost prošel několikrát za svou historii různě silným narušením, a přesto se samovolně obnovil. V současné době se často diskutuje o větrných polomech i kalamitním stavu škůdců v horských smrkových porostech a o jejich potřebné asanaci. Tato práce ukazuje, že narušení byla nedílnou součástí daných porostů.

Díky špatné dostupnosti a chudým půdám na živiny byly horské smrkové lesy v historii málo dotčeny antropogenním vlivem. Pokud si uvědomíme, že disturbance mají na porosty těchto ekosystémů významný vliv, zůstává pouze na člověku samotném, jak využije tuto znalost pro budoucí hospodaření v horských lesích.

8 Použitá literatura

BLACK B. A., ABRAMS M. D., 2003: Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria, *Ecological Applications*.

ČEJKOVÁ A., 2009: Dendrochronologická analýza přírodní rezervace Zbytká, Výzkumná zpráva o dendrochronologické analýze, 15.

FRELICH, L. E., 2002: Forest dynamics and disturbance Regimes – Studies from temperate evergreen-deciduous forest. 1. vydání. New York: Cambridge University Press, 266.

FRITTS H. C., 1976: Tree Rings and Climate. London, Academic Press.

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

HAEUSSLER S., BEDFORD L., LEDUC A., BERGERON Y. & KRANABETTER J. M., 2002: Silvicultural disturbance severity and plant communities of the southern Canadian boreal forest. *Silva Fennica* 36(1): 307–327.

HOLEKSA J. & CYBULSKI M., 2001: Canopy gaps in Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliche Centralblatt*, 120: 331–348.

HOLUŠA J., TURČÁNY M., VEJPUSTKOVÁ M., 2007: Využití dendrochronologie v ochraně lesa, *Využití dendrochronologie v ochraně lesa*, 46–50.

CHERNYAVSKYY M. V., SHPYL'CHAK M. B., 2011: „Gorgany“ Nature Reserve. – Ivano-Frankivs'k: „Pholiant“. 76.

JASÍK M., POLÁK P., (eds.), 2011: Pralesy Slovenska. FSC Slovensko, Banská Bystrica, 228.

- JONÁŠOVÁ M., VÁVROVÁ E., CUDLÍN P., 2010: Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: Natural regeneration in cleared and uncleared, *Forest Ecology and Management* 259 (2010) 1127–1134, 8.
- KINDLMANN P., MATĚJKA K., DOLEŽAL P., 2012: *Lesy Šumavy, Lýkožrout a ochrana přírody*, Karolinum.
- KORPEL Š., 1989: *Pralesy Slovenska [Primeval Forest in Slovakia]*. Veda, Bratislava, 328 pp. (in Slovak).
- KULAKOWSKI D. & BEBI P., 2004: Range of variability of unmanaged subalpine forests. In: *Forum für Wissen:Schutzwald und Naturgefahren*. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (Hrsg.), Forum für Wissen2004: 47–54.
- KULAKOWSKI D., VEBLEN T. T. & BEBI P., 2003: Effects of fire and spruce beetle outbreak legacies on the disturbance regime of a subalpine forest in Colorado. *Journal of Biogeography*, 30: 1445–1456.
- 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. *J. Ecol.* 90, 806–819.
- LORIMER C. G., MELICH L. E., 1989: A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests, *Canadian journal of Forest Research*, no. 5, 651-663.
- MATĚJŮ L., 2013, *Analýza režimu disturbancí horských smrkových lesů v Karpatech s využitím dendrochronologických metod*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra ekologie lesa.
- MÍCHAL I., 1983: *Dynamika přírodního lesa I až VI*. Živa.
- MUSIL I., HAMERNÍK J., 2007: *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: dendrologie 1*. Praha: Academia, 352 p.
- PANAYATOV M., KULAKOWSKI D., LARANJEIRO DOS SANTOS L., BEBI P., 2011, Wind disturbances shape old Norway spruce-dominated forest in Bulgaria. *Forest Ecology and Management*, 262: 470-481.

- PICKETT S. T. A., WHITE P. S.: The ecology of natural disturbance and patch dynamics. San Diego: Academic Press, 1985. 472.
- ROSS D. W., DATERMAN G. E., BOUGHTON J. L., QUIGLEY T. M., 2001: Forest health restoration in south-central Alaska: a problem analysis. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-523. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 38.
- RUBINO D. L., MCCARTHY B. C., 2004: Comparative analysis of dendroecological methods used to assess disturbance events, *Dendrochronologia*, 97-115.
- RYBNÍČEK M., ČERMÁK P., KOLÁŘ T., PŘEMYSLOVSKÁ E., ŽID T., 2009: Influence of temperatures and precipitation on radial increment of Orlické hory Mts. spruce stands at altitudes over 800 m a.s.l., *Journal of forest science*, 55, 2009 (6): 257–263.
- SCHELHAAS M-J., NABUURS G. J. & SCHUCK A., 2003: Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9: 1620–1633.
- SCHWEINGRUBER F. H., 1996. *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- SCHWEINGRUBER F. H., ECKSTEIN D., SERRE-BACHET F., BRÄKER O. U., 1990: Identification presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8: 9-38.
- SEIDL R., BAILER P., RAMMER W., SCHOPF A., LEXER, M.: Modelling tree mortality by bark beetle infestation in Norway spruce forests. *Ecological Modelling*, 2007, č. 206, s. 383-399.
- SPLECHTNA B. E., GRATZER G. & BLACK B. A., 2005: Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – A spatial dendro-ecological analysis, *Journal of Vegetation Science*, 16.
- SPURR S. H., BARNES B. V., 1973: *Forest ecology*, New York, Ronald.

SVOBODA M., 2007: Les ve druhé zóně v oblasti Trojmezna není hospodářskou smrčinou: změní se management dřívě, než vznikne rozsáhlá asanovaná plocha? In: Aktuality šumavského výzkumu 3. sborník z konference, Srní 4.-5. 10. 2007, 109-114.

SVOBODA M.: Množství a struktura mrtvého dřeva a jeho význam pro obnovu lesa ve smrkovém horském lese v oblasti rezervace Trojmezna. Report of forestry research. 2005b. 50, 1/2005, 33.

TROTSIUK V. et al., 2011: Age structure and disturbance dynamics of the relic virgin beech forest

TROTSIUK V. et al. 2014: A mixed severity disturbance regime in the primary *Picea abies* (L.) Karst. forests of the Ukrainian Carpathians, *Forest Ecology and Management* 144–153.

TURNER M. G., DALE V. H., 1997: Comparing large, infrequent disturbances: what have we learned?: what have we learned?. Special feature-introduction.

ULANOVA, N. G., The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review, *Forest Ecology and Management* 135 (2000), 155-167.

ULBRICHOVÁ I., 2007: Vývoj lesů na našem území, online: http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/Vyvojlesa/Vyvojlesa.htm, cit. 4.1.2014

VACEK S., SIMON J., MINX T., PODRÁZSKÝ V., BALCAR Z., 2007: Struktura a vývoj lesních ekosystémů v Krkonoších. – *Opera Corcontica*, 44: 415–424.

VINAŘ J., KYNCL J., RŮŽIČKA P., ŽÁK J., 2005: Historické krovy II. – průzkumy a opravy. Praha, Grada: 301.

WHITE P. S., JENTSCH A.: The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics, *Progress in Botany* Volume 62, 2001, pp 399-450.

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

ZENAHLÍKOVÁ, J., SVOBODA, M., WILD, J., 2011: Stav a vývoj přirozené obnovy před a jeden rok po odumření stromového patra v horském smrkovém lese na Trojmezí v Národním parku Šumava, *Silva Gabreta*, 37-54.

9 Seznam grafů, obrázků a tabulek

Graf 1 Věkové třídy stromů.....	25
Graf 2 Nástup jednotlivých stromů do zápoje	25
Graf 3 Rozdělení četností jedinců odrostlých v porostní mezeře „gap origine“ v čase.....	26
Graf 4 Graf četností silného uvolnění v čase	27
Graf 5 Graf četností středního uvolnění v čase	27
Graf 6 Graf četností událostí – plocha GR1_031	30
Graf 7 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_031	30
Graf 8 Graf četností událostí – plocha GR1_032	31
Graf 9 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_032	31
Graf 10 Graf četností událostí – plocha GR1_034	32
Graf 11 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_034	32
Graf 12 Graf četností událostí – plocha GR1_035	33
Graf 13 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_035	33
Graf 14 Graf četností událostí – plocha GR1_039	34
Graf 15 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_039	34
Graf 16 Graf četností událostí – plocha GR1_040	35
Graf 17 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_040	35
Graf 18 Graf četností událostí – plocha GR1_48	36
Graf 19 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_048	36

Graf 20 Graf četnosti událostí – plocha GR1_300	37
Graf 21 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_300	37
Graf 22 Graf četnosti událostí – plocha GR1_301	38
Graf 23 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_301	39
Graf 24 Graf četnosti událostí – plocha GR1_302	39
Graf 25 Vývoj průměrných přírůstků v čase na ploše GR1_302	40
Obrázek 1 Mapa rozmístění studovaných ploch, oblast Grofa, Ukrajina	23
Obrázek 2 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1820-1850	28
Obrázek 3 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1920-1930	28
Obrázek 4 Prostorové zobrazení uvolnění v období 1980-2000	29
Tabulka 1 Charakteristika studovaných ploch	24