

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

**Studium působení přírodních disturbancí v přirozených horských  
lesích Jižní Koreje pomocí dendrochronologických metod**

Diplomová práce

**Bc. Tomáš Plener**

Školitel: Doc. Mgr. Jiří Doležal, Ph.D.

Konzultant: Mgr. Jan Altman, Ph.D.

České Budějovice 2015

Plener T. (2014): Studium působení přírodních disturbancí v přirozených horských lesích Jižní Koreje pomocí dendrochronologických metod. [Study of effects natural disturbance in the natural mountain forests in South Korea by using dendrochronological methods. Mgr Thesis, in Czech] 55p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, The Czech Republic.

**Anotace:**

Práce se zabývá působením přirozených disturbancí způsobených tajfuny na přirozenou dynamiku primárních horských lesů Jižní Koreje. Dalšími předměty práce jsou: studium změn charakteristik a působení tajfunů vlivem globálních klimatických změn a posouzení ekologických nároků dřevin. Studium je založeno na využití dendrochronologických metod.

**Annotation:**

This study deals with the effect of natural disturbance caused by typhoons on the natural dynamic of primary mountain forests of South Korea. Further study subjects are change of typhoon characteristics and influence caused by the global climatic change and evaluation of ecological requirements of woody plants. The study is based on dendrochronological methods.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 24. 4. 2015

Bc. Tomáš Plener

## **Poděkování**

Rád bych upřímně poděkoval oběma svým školitelům Jiřímu Doležalovi a Janu Altmanovi za jejich odborné vedení celé práce od počátku až do konce a velikou dávku trpělivosti. Především děkuji Honzovi za velké množství věnovaného času a vytrvalou ochotu a motivaci během celé mé tvorby. Neméně pak také Jirkovi a Honzovi děkuji za úžasnou příležitost navštívit Jižní Koreu.

Zvláštní dík patří nespočtu přátel za jejich vytrvalou, neocenitelnou, všestrannou podporu, která se velmi silně vpila do celé práce. V neposlední řadě velmi děkuji celé rodině za veškerou podporu během studia i psaní.

Dík patří i Laboratoři archeobotaniky a paleoekologie (LAPE) Centra polární ekologie v Českých Budějovicích za možnost využívat prostor a vybavení při zpracování části dat.

Tato práce vznikla za podpory Grantové Agentury ČR (206/05/0119) a Korea Science and Engineering Foundation.

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Současný stav poznání .....	2
2.1.	Disturbance .....	2
2.2.	Studium disturbancí .....	8
3	Cíle a hypotézy .....	12
4	Metodika .....	13
4.1.	Popis lokality .....	13
4.2.	Sběr dat .....	15
4.3.	Analýza dat .....	16
5	Výsledky .....	21
5.1.	Analýza disturbancí .....	21
5.2.	Porovnání disturbancí podél gradientu zeměpisné šířky .....	22
5.3.	Porovnání detekovaných disturbancí s klimatickými daty .....	27
5.4.	Analýza regenerace porostu .....	29
5.5.	Analýza růstových trendů.....	31
6	Diskuze .....	34
6.1.	Porovnání disturbancí podél gradientu zeměpisné šířky .....	34
6.2.	Změna charakteristik tajfunů .....	35
6.3.	Porovnání s klimatickými daty .....	37
6.4.	Regenerace porostu .....	37
6.5.	Trendy .....	38
6.6.	Letokruhová analýza doposud nestudovaných druhů .....	39
7	Závěr.....	40
8	Použitá literatura.....	41
9	Přílohy .....	49

# 1 Úvod

Disturbance jsou všudypřítomné, nevyhnutelné a přirozené, přičemž se týkají všech úrovní organizmů (White & Jentsch 2001). Ačkoliv jsou disturbance dnes považovány za hlavní faktor dynamiky ekosystémů, po dlouhou dobu byly přehlíženy. Hlubší porozumění disturbancím a jejich významu pro celkovou dynamiku společenstev je věcí až posledních čtyřiceti let (Ross et al. 2001), kdy je jim věnován zvýšený zájem (např. Mori 2011; Pickett & White 1985; Sousa 1984; White 1979; White & Jentsch 2001). Nicméně i přes tento zájem stále přetrvává potřeba hlubšího porozumění disturbancím, jejich režimu a působení na jednotlivé organizmy či celé ekosystémy.

Jedním z ekosystémů, kde disturbance hrají významnou roli, jsou lesy. Nejvhodnějším prostředím pro studium lesních disturbancí jsou primární lesy bez výrazného lidského vlivu, ve kterých lze očekávat jejich nenarušený režim. Právě takové podmínky ke studiu nabízí horské lokality Jižní Koreje, kde předložená studie probíhala. Horské lesy Jižní Koreje jsou unikátní nejen rozlohou přirozených lesních porostů ale také tím, že se jedná o jedny z druhově nejbohatších temperátních lesů.

Nejvýraznějším disturbančním činitelem těchto lesů jsou tropické cyklóny, konkrétně tajfuny, které zasahují od jihu na sever celé území, což je další nespornou výhodou pro studium disturbancí. Tropické cyklóny jsou celosvětově jedním z nejvýznamnějších disturbančních činitelů podstatně ovlivňujících jak lidskou společnost, tak ekosystémy. V poslední době se na tropické cyklóny, jejich působení a dlouhodobý režim soustředí pozornost zvláště v souvislosti s možným ovlivněním jejich četnosti a intenzity v důsledku globálních klimatických změn.

Tato práce si klade za cíl především prohloubit obecné porozumění působení disturbancí a následných reakcí porostu, se zaměřením na disturbance a změny režimu spojené s tajfuny.

## 2 Současný stav poznání

### 2.1. Disturbance

#### 2.1.1. Význam disturbancí

Disturbance a jejich vliv na strukturu a funkci ekosystémů lze pozorovat ve všech typech ekosystémů, (Bazzaz 1983) přičemž působí v ekosystému na všechny úrovně organizmů (White & Jentsch 2001). Jedním z ekosystémů, v nichž lze jejich působení dobře pozorovat, jsou lesní ekosystémy. Ty se také staly místem, kde byla prováděna předkládaná studie, pro jejíž účely se tedy omezují na lesní disturbance a jejich vliv na stromovou vegetaci v temperátních lesích.

Hlavní význam disturbancí tkví především v tom, že dlouhodobě udržují ekosystémy v dynamické rovnováze, přičemž jsou hlavním faktorem kontrolujícím kromě jejich dynamiky také strukturu, vzájemné vztahy a biodiverzitu (Godron & Forman 1983; Pickett & White 1985; Sousa 1984; White & Jentsch 2001). Pro dokreslení významnosti narušení lze dále jmenovat zvláště jeho vliv na distribuci druhů podél gradientů prostředí (Frelich 2002; Harmon et al. 1984), zpřístupnění zdrojů a vytváření prostoru, substrátu a podmínek pro mnohé organizmy (White & Jentsch 2001). Disturbancemi je tak zajišťována biodiverzita a heterogenita prostředí (Sousa 1984) a tím i odolnost společenstva (Chapin 2002; McCann 2000; Thompson et al. 2009).

Celkově lze význam disturbancí shrnout tak, že narušení jsou pro ekosystémy přirozené a zároveň nezbytné (Storch 1998; White & Jentsch 2001). Skladba, struktura a dynamika společenstev, diverzita a heterogenita prostředí a mnohé organizmy jsou na působení disturbancí závislé. Narušení režimu disturbancí tak může mít rozsáhlé důsledky na fungování ekosystému.

Je zřejmé, že přírodní společenstva nejsou stabilními systémy, nýbrž systémy dynamickými (Pickett & White 1985; Sousa 1984). Chceme-li tedy porozumět fungování ekosystémů, nelze v žádném případě opominout význam disturbancí, ale naopak je zapotřebí jim při studiu dát jedno z předních míst naší pozornosti a dále a hlouběji problematiku disturbancí studovat. Na základě poznání dynamičnosti ekosystémů a zmíněného významu disturbancí a jejich přirozenosti pro ekosystémy je pak patrné, že pro účinnou a úspěšnou

ochranu přírody je nutno její management mimo jiné postavit na znalosti principů disturbancí, resp. režimu disturbancí. Pro úspěšnou ochranu přírody je tedy lépe zaměřit se spíše než na ochranu stavu ekosystémů na ochranu dynamiky a udržení biodiverzity a tímto směrem zacílit jejich management (např. Kimmins 1987).

### **2.1.2. Definice a druhy disturbance**

Obecně lze disturbance (narušení) v lesních ekosystémech definovat jako samostatnou událost v čase, která proměňuje ekosystém a zároveň mění dostupnost zdrojů (Pickett & White 1985; Rykiel Jr et al. 1988). Godron & Forman (1983) definují disturbance jako událost, která proměňuje charakteristiky ekosystému (např. druhovou bohatost, výstup živin, strukturu atd.) mimo jejich běžný stav. Ekosystémy jsou v průběhu času ovlivňovány množstvím jednotlivých disturbancí, jejich souhrn pak lze definovat jako režim disturbancí (Godron & Forman 1983). V rámci definování disturbancí je vhodné rozlišit faktory limitující existenci rostlin na disturbance, stres a kompetici. Toto rozdělení poskytuje (Grime 2006). Disturbance popisuje jako událost, při níž dochází k přímé destrukci biomasy, zatímco stres definuje jako vnější zatížení, při němž nedochází k přímé destrukci, ale dochází k omezení tvorby biomasy. Konkurenci pak jako tendenci sousedících rostlin využívat větší množství některého z limitujících zdrojů.

Účinek probíhající disturbance se nemusí přímo rovnat její intenzitě, proto je vhodné odlišit termín intenzita a síla disturbance. Intenzitou disturbance je míněna energie uvolněná při disturbance (např. rychlost větru), zatímco síla je chápána jako mortalita způsobená v porostu (Frelich 2002). Důležitým faktorem mimo síly a intenzity je nesporně také frekvence, s jakou disturbance na společenstva působí. Je tak možné rozlišit mezi epizodickými a chronickými narušeními (Lipský 1998). Podrobněji se problematikou definice a rozdělení disturbancí věnují např. Frelich (2002), nebo Sousa (1984).

### **2.1.3. Vliv disturbancí**

Každá krajina je ve své podstatě v každém časovém okamžiku systémem v dynamické rovnováze, která se skládá ze dvou protichůdných sil: vývoje a disturbancí (Godron & Forman 1983). Dochází-li k vychýlení této rovnováhy krajiny na jednu stranu, lze pozorovat důsledky. V případě, že k disturbancím v krajině nedochází, krajina jako celek směřuje k homogenitě. Naopak heterogenita krajiny se zvyšuje v případě mírných

disturbancí (Godron & Forman 1983; Lipský 1998). Velké disturbance pak mohou krajinnou heterogenitu buď zvýšit, nebo snížit (Frelich 2002; Godron & Forman 1983).

Obdobně popisuje režim disturbancí Frelich (2002) se zaměřením na lesní ekosystém v krajině. Poukazuje na důsledek disturbancí v druhovém složení lesního společenstva. Pokud dochází k častým velkým disturbancím, dominují v krajině stejnověké lesy světlomilných, rychle rostoucích dřevin. Naopak dominují-li v lesích starší stínomilné druhy, je zřejmé, že velké disturbance nejsou časté a vyskytují se jedině disturbance menšího rozsahu. Zákonitě kombinací těchto extrémních příkladů lze podle Frelicha (2002) předpokládat vznik smíšených porostů. Z toho je zřejmé, že lesy mohou být primárně formovány velkými disturbancemi, mohou být strukturované pouze malými disturbancemi anebo mohou být utvářeny kombinací těchto dvou kontrastů (Runkle et al. 1985).

Ačkoliv pojem disturbance lze brát jako obecný, zahrnující veškeré typy disturbancí, je důležité neopominout, že každý typ narušení má na lesní ekosystém jiný vliv. Podle vlivu rozdělují disturbance Spurr & Barnes (1973) na tři skupiny:

- 1) disturbance měnící strukturu lesa (např. oheň, vichřice, těžba),
- 2) disturbance měnící druhovou kompozici lesa (introdukce nových druhů, nebo eliminace stávajících),
- 3) disturbance měnící dlouhodobé klima, v kterém les roste.

V každém z uvedených případů ale platí, že disturbance nehledě na region vždy iniciuje sekundární sukcesí a mění průběh a směr probíhající sukcese (Spurr & Barnes 1973). Výjimkou jsou katastrofické disturbance (např. výbuch sopky), po kterých následuje sukcese primární.

#### **2.1.4. Ovlivnění síly disturbance**

Ačkoliv dopad disturbancí na les může být značný, konečný vliv na lesní porost je ovlivněn mnoha faktory. Předně určuje dopad disturbance samotná její intenzita, nicméně dalšími zásadními faktory rozhodujícími o konečné síle disturbance a následné odpovědi vegetace jsou především: struktura a biologická diverzita krajiny, klima a klimatické změny a antropogenní ovlivnění (Dale et al. 2001; Godron & Forman 1983; White 1979; White & Jentsch 2001). Jako další významné faktory lze uvést např. typ a hloubku půdy a historii



předchozích disturbancí (Sousa 1984; White & Jentsch 2001). Tyto faktory přitom mohou působit ve vzájemných interakcích, přičemž celkově vytvářejí proměnlivý režim disturbancí v prostoru a čase (White & Jentsch 2001).

### **2.1.5. Významné typy lesních disturbancí**

Mezi všemi typy lesních disturbancí je jako dominantní označováno narušení ohněm, samozřejmě s výjimkou trvale vlhkých lesů a deštných tropických lesů (Spurr & Barnes 1973). Oheň jakožto nejvýznamnější lesní narušení je ovšem v Jižní Koreji lidmi podobně jako např. v mnoha evropských zemích omezen na naprosto zanedbatelnou míru (Adámek et al. 2015; KNPS 2006). Za nejvýznamnější lesní narušení tak lze v současnosti v korejských horských oblastech s jistotou považovat narušení způsobené větrem resp. tajfuny.

Zatímco disturbance způsobené ohněm naruší především část pod korunovým zápojem (pokud se nejedná o korunový požár), vítr narušuje především korunové patro, přičemž podrost narušen být nemusí (Spurr & Barnes 1973). Větrné disturbance v lesích mohou mít buď velkoplošný, nebo maloplošný charakter. K výskytu velkoplošných větrných narušení jsou náchylné především lesy s jednotnou věkovou strukturou (Savill et al. 1997). Při maloplošných narušeních jsou zasaženy především vzrostlé, staré stromy (Spurr & Barnes 1973). Jedná se o zasažení jednoho až několika málo jedinců v jednom místě.

Naprosto zásadním vlivem disturbance v lesním ekosystému je narušení korunového zápoje a tím uvolnění prostoru a zpřístupnění zdrojů pro růst stromů pod zápojem (tzv. uvolnění) (Rentch et al. 2003). V případě maloplošných větrných narušení jsou vytvářeny tzv. gapy (Spurr & Barnes 1973).

### **2.1.6. Tajfuny**

Tropické cyklóny neboli tajfuny jsou celosvětově jedním z nejvýznamnějších činitelů disturbancí. Konkrétně v oblasti severozápadní části Tichého oceánu jsou tropické cyklóny nazývané tajfuny a v oblasti severního Atlantického oceánu a severovýchodního Tichého oceánu je vžitý termín hurikán. Tajfuny a s nimi spojený velmi vysoký úhrn srážek má významný vliv jak na veškerou místní aglomeraci, tak na ekosystémy a lokální klima (Lugo 2000).

Centrem vzniku tajfunů působících na území Jižní Koreje je Filipínské moře, odkud se tajfuny přesouvají na východ, nebo severozápadním směrem do oblasti Korejského poloostrova, kde postupně ztrácejí na intenzitě nebo mění svou trajektorii na severovýchod (Park et al. 2014). Vzhledem k převládající trajektorii a charakteru tajfunů tak Korejský poloostrov představuje území, na kterém lze sledovat změny intenzity a frekvence tajfunů na severojižním gradientu zeměpisné šířky.

Tajfuny jsou komplexní události, při níž dochází ke spolupůsobení dvou silných disturbančních činitelů – silného větru a vysokého úhrnu srážek, přičemž oba tyto činitele mohou samostatně způsobovat silné disturbance různých typů (Lugo 2000). Obecně tajfuny pro lesní vegetaci znamenají především náhlou mortalitu stromů, která může být jak velkého tak menšího rozsahu (Lugo 2000; Altman et al. 2013).

Dopad působení disturbance na porost, může být ovlivněn poměrně širokou škálou faktorů, které byly již uvedeny v kapitole 2.1.4. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující působení tajfunů patří především vliv topografie, struktura porostu a klimatické změny. Krajinná heterogenita především v horském prostředí může způsobit zcela odlišné působení tajfunu (Boose et al. 1994; Ko & Lee 2013). Taktéž rozdílná struktura různých porostů může i přes stejnou intenzitu tajfunu způsobit zcela odlišný výsledek (Xi 2015). Přes nepochybný význam těchto a dalších faktorů jsou však v poslední době v popředí zájmu klimatické změny.

Klimatické změny mohou výrazně ovlivňovat především intenzitu, frekvenci, rozsah a trajektorii tropických cyklónů. Na změnách těchto charakteristik tajfunů resp. jejich růstu se shoduje řada autorů (např. Bender et al. 2010; Goldenberg et al. 2001; Chan & Shi 2000; Knutson & Tuleya 2004; Lugo 2000; Santer et al. 2006; Webster et al. 2005; Wu et al. 2005). Zároveň jsou predikovány i změny obdobným směrem do budoucna (např. Grinstead et al. 2013; Murakami et al. 2014). Nicméně, existují i studie, které zvyšování frekvence a intenzity tropických cyklónů zpochybňují (Klotzbach 2006; Vecchi & Knutson 2008).

V otázce změn charakteristik tropických cyklónů panují rozdílné názory na změnu frekvence a intenzity. Zatímco Lugo (2000) v otázce těchto změn nerozlišuje mezi změnou intenzity a frekvence tropických cyklón, Oouchi et al. (2006) předpokládají, že frekvence tropických cyklónů bude v budoucnu klesat, ale jejich intenzita bude stoupat. Naopak např. Henderson-Sellers et al. (1998) zvyšování frekvence předpokládají, což je v souladu s výsledky např. Choi & Kim (2007), kteří pro Korejský poloostrov zjistili zvyšování

frekvence od roku 1980. Oproti tomu Altman et al. (2013) ve své studii zvyšující se frekvenci v posledním století na rozdíl od intenzity tajfunů nepotvrdili. Mezi sporné charakteristiky lze zařadit i změnu trajektorie, která je bezpochyby neméně důležitá než změna ostatních charakteristik. Rozdílné závěry několika autorů pro oblast Jižní Koreje zmiňuje např. Grossman et al. (2014). Vzhledem k odlišným závěrům jednotlivých studií je zřejmé, že otázka změn charakteristik není doposud zcela objasněna a je třeba se jí dále věnovat.

Za předpokladu, že se vlastnosti tajfunů s měnícím se klimatem skutečně mění, resp. jejich míra roste, je další zásadní otázkou: „jakým způsobem budou ekosystémy na častější, rozsáhlejší či intenzivnější tajfuny reagovat?“ Lugo (2000) uvádí tři základní možná ovlivnění lesa nárůstem/poklesem intenzity a frekvence tropických cyklónů. Jako důsledek nárůstu uvádí návrat ekosystému do časnějších sukcesních stádií, pokles výšky a množství nadzemní biomasy v ekosystému a změnu stávajícího složení druhů na základě ústupu druhů, které potřebují delší časovou periodu mezi jednotlivými narušeními. Naopak jako důsledek snížení intenzity a frekvence tropických cyklónů uvádí stárnutí lesů resp. jejich dosažení vyššího sukcesního stádia, nárůst výšky a množství nadzemní biomasy a změnu složení druhů v prospěch druhů profitujících z delších časových period bez disturbancí.

### **2.1.7. Reakce stromů na uvolnění**

Přirozené temperátní lesy jsou zpravidla vertikálně strukturovány do několika úrovní, minimálně lze porost vždy rozdělit na korunový zápoj a vegetaci podrostu (Kuennecke 2009). Sluneční osvětlení podrostu v opadavých lesích s uzavřeným korunovým zápojem se průměrně pohybuje od 0,5 do 5 % z plného slunečního osvětlení (Canham et al. 1994). Dostatek světla je tak v takových lesích často limitujícím zdrojem. To dokládá již zmíněnou významnost otevření korunového zápoje (tzv. uvolnění) a tím zpřístupnění zdrojů a uvolnění prostoru pro růst jedinců z podrostu. Růstový prostor lze definovat jako sumu potřebných zdrojů, tedy světla, vody, živin, tepla, kyslíku a oxidu uhličitého (Oliver & Larson 1996). Růst zpravidla pokračuje, dokud se minimálně jeden ze zdrojů nestane limitujícím (Smith 1996). Disturbance působící na korunový zápoj ovlivňují přístupnost většiny zdrojů pro vegetaci v podrostu, tím mají podstatný vliv na dynamiku porostu.

Uvolnění v korunovém zápoji iniciuje u okolních stromů různou růstovou reakci, která je ovlivněna mnoha faktory. Reakce na uvolnění se obvykle mezi jednotlivými druhy

dřevin, respektive mezi skupinami druhů s podobnými ekologickými nároky výrazně liší, resp. liší se schopnost na dané uvolnění reagovat. Základními dvěma skupinami jsou světlomilné a stínomilné dřeviny. Zásadním rozdílem mezi světlomilnými a stínomilnými druhy je schopnost stínomilných dřevin reagovat výrazněji na uvolnění porostu (Lorimer & Frelich 1989; Nowacki & Abrams 1997; Orwig & Abrams 1994). Nicméně kromě samotné mezidruhové variability dochází k odlišné reakci na uvolnění i v rámci jediného druhu, to může být především způsobené rozdílným stářím a průměrem kmene. Předpokládá se, že mladé nebo malé stromy jsou k uvolněním citlivější než starší stromy (Nowacki & Abrams 1997). Dalším významným faktorem je pozice koruny stromu. Stromy s korunou pod korunovým zápojem reagují podstatně větším růstem než stromy s korunou v korunovém zápoji. Tento rozdíl v reakci lze vysvětlit tím, že stromy v korunovém zápoji rostou v téměř optimálních podmínkách, proto větší uvolnění některého zdroje nemůže způsobit přílišné navýšení růstu (Lorimer & Frelich 1989). Naopak reakce stromů v podrostu limitovaných světlem je velmi silná (Lorimer & Frelich 1989).

Ačkoliv tyto faktory mohou z velké části vysvětlovat růstovou reakci na uvolnění, variabilita v růstové reakci prozatím není zcela objasněna (Black & Abrams 2003).

## **2.2. Studium disturbancí**

### **2.2.1. Přístupy používané ke studiu disturbancí**

Ke komplexnímu pochopení dynamiky lesních porostů je důležité zabývat se studiem režimu a historie disturbancí. Pro studium a určení disturbancí bylo v průběhu času, zvláště v důsledku jejich významnosti, vyvinuto relativně mnoho metod. Mezi mnohými metodami sloužícími k identifikaci historie disturbancí lze jmenovat např. využití historických záznamů, leteckých snímků, analýzu struktury porostu atd. (Frelich 2002). Nicméně velmi významnou skupinou metod se staly pro své vysoké časové i prostorové rozlišení metody využívající letokruhová data (Frelich 2002).

Základním přístupem studia disturbancí na základě letokruhové analýzy je detekce uvolnění. Princip tohoto přístupu je založen na předpokladu, že strom zareaguje na vzniklé uvolnění radikálním zvětšením radiálního růstu. Tato změna je charakteristická, tím že je výraznější než změny způsobené jinými faktory jako např. klimatem, nebo věkem jedince (Nowacki & Abrams 1997). Uvolnění tak lze detekovat jako výraznou růstovou změnu, při

kteřé na stanovenou dobu radiální růst stromu přesáhne předem definovanou hranici (Blacka Abrams 2003).

### 2.2.2. Analýza disturbancí

V rámci letokruhové analýzy se nabízí řada metod, které lze ke zjištění uvolnění využít. Mezi nejvýznamnější lze zařadit především tyto tři: „*radial-growth averaging*” (Nowacki & Abrams 1997), „*absolute increase*” (Fraver & White 2005) a „*boundary line*“ (Black & Abrams 2003). Všechny tyto tři metody patří do skupiny tzv. „*radial-averaging*“ metod, tedy metod srovnávajících průměrnou šířku letokruhů v rámci předem daného období. Tento přístup je podle Rubino & McCarthy (2004) nejčastěji využíván.

Pro spolehlivou detekci uvolnění je nutno stanovit vhodnou velikost prahové hodnoty indikující uvolnění a délku sledovaného období. Prahová hodnota musí být dostatečně nízká, aby byla zachycena i uvolnění menšího rozsahu a zároveň aby nedocházelo k falešné detekci uvolnění. Délka sledovaného období musí být dostatečně dlouhá pro odfiltrování změn způsobených klimatem. Zároveň ale musí být její délka přiměřeně krátká kvůli odfiltrování dlouhodobých změn. Obě tyto charakteristiky, prahová hodnota i délka sledovaného období se liší v rámci použité metody.

Principem první zmiňované metody („*radial-growth averaging*”) je zjištění disturbance z procentuální změny růstu v jednotlivých letech oproti předchozímu desetiletí. V rámci metody jsou rozlišované střední (25 – 50 %) a velké růstové změny (>50 %) (Nowacki & Abrams 1997). Metoda „*absolute increase*” se od předcházející liší v tom, že při výpočtu změny radiálního růstu se pouze odečte průměrný předchozí růst od průměrného následného růstu. Tím je získán absolutní rozdíl růstu. Práh absolutní růstové změny, jehož překročení je klasifikováno jako uvolnění, je pak vytvářen pro každý druh zvlášť, což podrobně popisují Fraver & White (2005). Odlišností této metody je, že se nerozlišuje střední a velké uvolnění. Třetí zmiňovaná metoda byla vyvinuta v rámci snahy zohlednit při analýze rozdílnou růstovou rychlost stromů, odrážející jejich stáří a podmínky prostředí Black & Abrams (2004, 2003). Pro vytvoření „*boundary line*“ je potřeba relativně velkého množství letokruhů, konkrétně 50 000 pro každý druh (Black et al. 2009).

Mimo detekce jednotlivých disturbancí lze k porozumění disturbančnímu režimu využít i další metody. Jednou z nich je analýza růstových trendů dřevin. Tuto metodu lze použít k specifikaci světelných nároků jednotlivých dřevin. Této problematice se věnovali

např. Frelich (2002); Lorimer et al. (1988); Niukkanen & Kuuluvainen (2011); Oliver & Stephens (1977). Na základě těchto studií lze jmenovat pět základních trendů (1 – 5) a dva trendy prolínající (6 – 7) se se základními pěti:

1) Klesající

- Růstový trend s maximálními přírůsty na počátku svého růstu.

2) Vyrovnaný

- Růstový trend s rovnoměrným přírůstem během celého života.

3) Unimodální

- Růstová křivka stromu vykazuje jeden zřetelný růstový vrchol.

4) Bimodální

- Růstová křivka vykazuje dva zřetelné růstové vrcholy.

5) Nepravidelný a nejasný

- Tento trend je považovaný za těžko interpretovatelný. Jeho specifikem je rozkolísanost růstu.

6) Růstový trend s vrcholem v první etapě života

- Růstová křivka stromu vykazuje jeden zřetelný růstový vrchol během prvních 10-30 let života stromu. Růstová křivka poté dlouhodobě postupně klesá obdobně jako u prvního zmíněného trendu.

7) Gap release

- Růstový trend těchto stromů vykazuje na začátku života silný růst.

Vyrovnaný trend spolu s klesajícím trendem byl zjištěn jako převládající v převážně stejnověkém porostu a skupinách porostu založených ve velkých gapech (Frelich 2002). V takovém prostředí byly tyto trendy zjištěny jak u světlomilných, tak i u stínomilných druhů (Frelich 2002). U obou těchto trendů lze předpokládat, že jsou-li stromy s těmito trendy v době odběru vzorků v korunovém patře, byly ve vrchním patře vegetace po většinu doby svého života (Frelich 2002). Unimodální a bimodální trendy se vyskytují především u stromů, které určitou dobu svého života rostly v podrostu (Oliver & Stephens 1977). Strom s vrcholem růstu v první etapě života s největší pravděpodobností zažil uvolnění ve svém

mladí, které mu umožnilo dostat se do korunového patra (Frelich 2002). Tento růstový trend se obvykle vyskytuje u světlomilných dřevin neschopných delšího přežívání v zástínu. Kategorie gap release odráží skutečnost, že strom začal růst v uvolněném prostoru po disturbanci, což je případ především světlomilných dřevin (Canham 1985; Frelich 2002; Lorimer, Frelich & Nordheim 1988).

Růstové reakce resp. růstové trendy stromů se mezi skupinami stromů s rozdílnými ekologickými nároky (světlomilné, stínomilné) liší. Díky tomu je možné pomocí analýzy růstových trendů dané skupiny rozlišit. U světlomilných druhů převažují růstové trendy klesající, vyrovnaný, parabolický a gap release. U stínomilných druhů lze naopak ve většině případů nalézt unimodální a bimodální růstový trend, pokud během svého života zažili alespoň jedno uvolnění (Frelich 2002; Niukkanen & Kuuluvainen 2011; Oliver & Stephens 1977).

Analýza světelných nároků jednotlivých dřevin, jejich reakce na uvolnění, potažmo porozumění problematice přirozené obnovy daného druhu v porostu je nedílnou součástí studia disturbancí. Tyto informace jsou opět zároveň velmi důležité pro vhodný management. Jedním z příkladů v tomto směru může být studie Zhu et al. (2014). Autoři této studie uvádí příklad dlouhodobě neúspěšné umělé obnovy porostů *Pinus koraiensis* v sekundárních lesích Jižní Koreje, způsobené nedostatkem informací o světelných nárocích této dřeviny.

### 3 Cíle a hypotézy

Hlavním cílem práce je prohloubení porozumění přirozené dynamice původních lesů pomocí dendrochronologických analýz. Tento hlavní cíl zahrnuje několik dílčích cílů:

#### Cíle

- ❖ Porovnání režimu disturbancí na gradientu zeměpisné šířky.
- ❖ Porovnání rekonstruovaných disturbancí s historickými záznamy o aktivitách tajfunů.
- ❖ Zjištění závislosti regenerace lesního porostu na detekovaných disturbancích.
- ❖ Zjištění vlivu globálních klimatických změn na režim disturbancí.
- ❖ Zjištění ekologických preferencí jednotlivých druhů dřevin pomocí analýzy růstových trendů.

#### Hypotézy

- ❖ Režim disturbancí na gradientu zeměpisné šířky se mění. Intenzita disturbancí od jihu na sever klesá.
- ❖ Rekonstrukce disturbancí odpovídá historickým záznamům o aktivitách tajfunů.
- ❖ V návaznosti na zvýšenou míru detekovaných disturbancí bude zaznamenána zvýšená regenerace porostu.
- ❖ Globální změny klimatu ovlivňují režim disturbancí. Frekvence a intenzita disturbancí v dlouhodobém měřítku roste.
- ❖ Zjištěné trendy růstu odráží ekologické nároky druhů dřevin.



## 4 Metodika

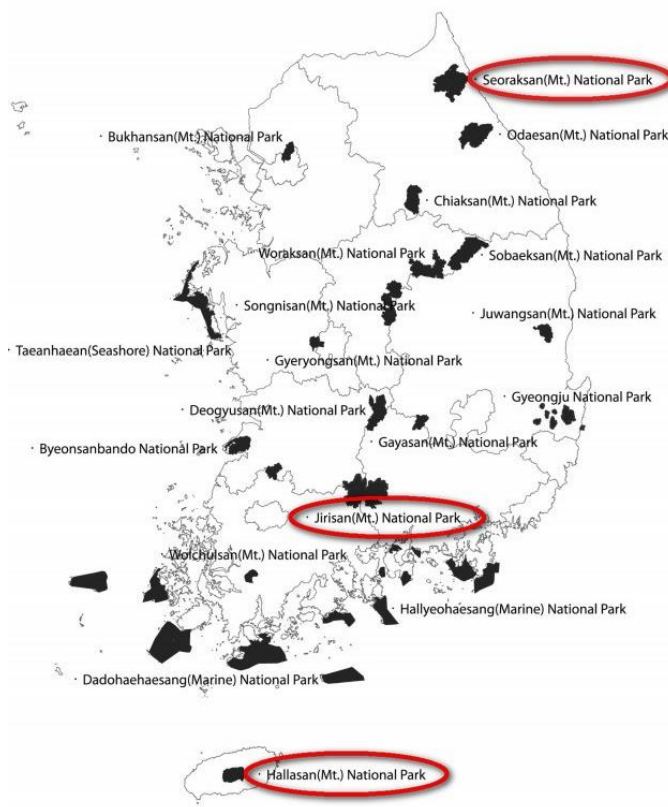
### 4.1. Popis lokality

Studie probíhala v Jižní Koreji, oficiálním názvem Korejská republika, ve třech horských národních parcích: Hallasan, Jirisan a Seoraksan (Obr. 1).

Krajina Jižní Koreje je velmi členitá. Z celkové rozlohy je přibližně 70 % území hornatého nebo má kopcovitého charakteru. Tato hornatost území je způsobena především pásem pohoří Baekdudeagan, táhnoucím se z hraniční oblasti Severní Koreje s Čínou až na jižní cíp korejského poloostrova, kde horský pás uzavírá pohoří Jirisan.

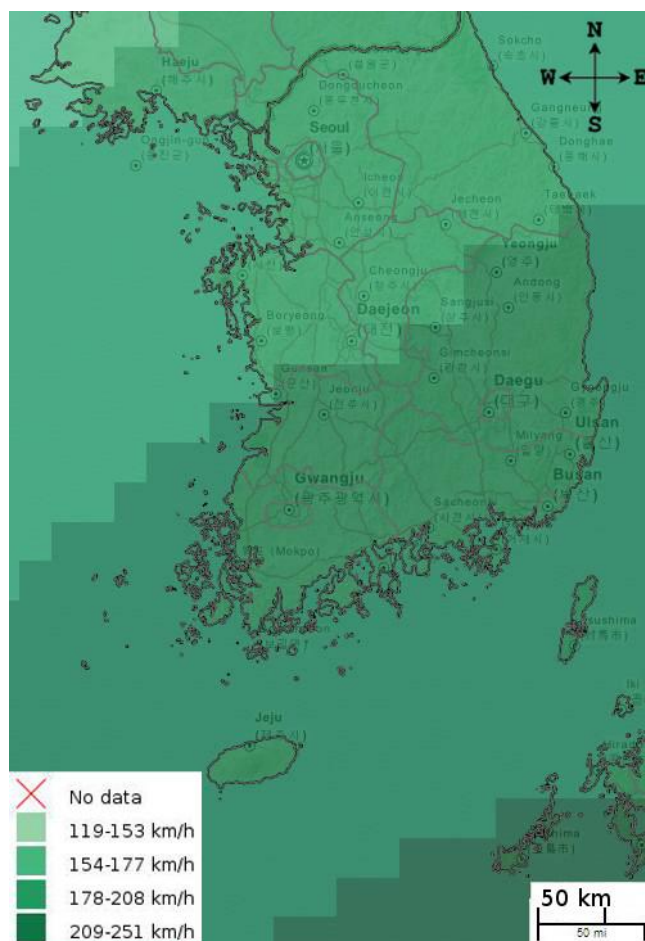
Klima v Jižní Koreji převažuje temperátní (Yim & Kira 1975). Zima je chladná a poměrně suchá, což je způsobeno vzdušným

prouděním ze Sibíře. Naopak letní období jsou ovlivněna vzdušnými masami vznikajícími nad Tichým oceánem, což způsobuje, že jsou léta horká s výskytem tajfunů (v průměru 2-3 v období červen – říjen) spojených s vysokým množstvím srážek (Bušková 1997). Nicméně ačkoliv tajfuny silně ovlivňují jihokorejskou krajinu, jejich síla je v Jižní Koreji již výrazně nižší než na lokalitách blíže položených místu vzniku – Filipínském moři (Altman et al. 2013; Hollym 2003; Park, Ho & Kim 2014) (Obr. 2).



Obr. 1: Mapa národních parků (černě) JK s vyznačenými zájmovými lokalitami (BMR).

Průměrná roční teplota Jižní Koreje je 11,5 °C, přičemž nejteplejším měsícem je srpen s průměrnými teplotami mezi 23 až 27 °C (web.kma.go.kr). Převládající směr větru je jihozápadní v letním období a severozápadní v období zimním (web.kma.go.kr). Roční úhrn srážek narůstá od severu k jihu, zatímco v centrální části území se průměrné roční množství srážek pohybuje mezi 1 100 mm a 1 400 mm, v jižní části srážkový úhrn dosahuje až 1 800 mm (web.kma.go.kr). Zimní srážky činí pouhých 10 % z celkového ročního úhrnu, 2/3 z veškerých srážek spadnou během tří letních monzunových měsíců června, července a srpna (Hollym 2003; web.kma.go.kr).



Obr. 2: Průměrné rychlosti tajfunů na území Jižní Koreje (preview.grid.unep.ch).

Lesnatost území Jižní Koreje je přibližně 66 % (EYB 2011), nicméně menší podíl lesů představují lesy přirozené (primární). Tato skutečnost je způsobena především vlivem historicky dlouhodobého osídlení a zvláště událostmi 20. století, tedy japonskou nadvládou a korejskou válkou, kdy došlo k rozsáhlému odlesnění. Z těchto důvodů je dnes v Jižní Koreji vysoká míra sekundárních lesů povětšinou s věkovou skladbou do 60 let (Ko & Lee 2013; Simon & Kadlec 2010). Podrobněji se problematice odlesnění v průběhu japonské nadvlády a korejské války, následnému úspěšnému masivnímu zalesňování a nynější politice lesního hospodaření věnují např. tyto práce: Bae et al. (2012); Dolezal et al. (2009); Ko & Lee (2013); Tak et al. (2007).

I přes velké narušení původních lesů se ale zachovaly rozsáhlé porosty primárních lesů ve vyšších polohách a jsou součástí chráněných území (Obr. 3 – 6, Přílohy). Tyto oblasti vzhledem ke své zachovalosti a vysoké druhové bohatosti nabízejí vhodný prostor pro výzkum přirozené lesní dynamiky. Lesy jsou převážně smíšené, popř. jehličnaté. Typickými zástupci jsou např. *Abies koreana*, *Acer pseudosieboldianum*, *Carpinus laxiflora*, *Fraxinus rhynchophila*, *Pinus densiflora*, *Quercus mongolica*, *Taxus cuspidata*. V podrostu obvykle

převládá porost trpasličího bambusu rodu *Sasa* spp. (Černý et al. 2015). Podrobnější popis a rozdělení lesů na jednotlivé typy lesních porostů podává ve své studii Yi (2011) a Černý et al. (2015).

Nejj jižnější lokalitou zahrnutou do studie je národní park Hallasan s rozlohou 78 km<sup>2</sup>, rozkládající se na stejnojmenné sopce na ostrově Jeju-do. Vzhledem k tomu, že se jedná o nejj jižnější lokalitu, je zde předpoklad největší exponovanosti vůči působení tajfunů. Zároveň se jedná i o lokalitu s nejvyšším ročním úhrnem srážek v celé Jižní Koreji (1800 mm ročně) (web.kma.go.kr). Dalším specifikem je, že se jedná topograficky v podstatě o osamocenou horu. Zároveň je tato hora nejvyšším vrcholem Jižní Koreje (1950 m n. m.).

NP Jirisan je nejj jižnější částí pohoří Baekdudaegan a také nejrozsáhlejším národním parkem Jižní Koreje o rozloze 483 km<sup>2</sup>. Průměrný roční úhrn srážek v tomto pohoří je 1200 mm a průměrná roční teplota 12,6 °C (KNPS 2006).

Nejsevernější lokalita NP Seoraksan s rozlohou 398 km<sup>2</sup> se od předchozích liší především ve strmosti svahů, mělkým substrátem a menším výskytem bambusu v podrostu. Průměrný úhrn srážek v tomto pohoří je 1219 mm, průměrná roční teplota 11°C (KNPS 2006).

## **4.2. Sběr dat**

Práce je založena na studiu 34 ploch založených během let 2005, 2006 a 2011 podél gradientu zeměpisné šířky ve třech pohořích Jižní Koreje – v NP Hallasan (11 ploch), NP Jirisan (6 ploch) a NP Seoraksan (17 ploch) (Obr. 7, Přílohy). Plochy vždy splňují 3 základní předpoklady: 1) plocha je bez zjevného lidského vlivu, 2) na ploše nejsou rozsáhlé gapy, 3) jedná se o homogenní prostředí (bez skalních výstupů, vodních ploch apod.).

Plochy byly zakládány na gradientu nadmořské výšky v rozmezí 360 – 1770 m n. m., přičemž na veškerých plochách byly změřeny základní charakteristiky (GPS souřadnice, velikost plochy, sklon svahu). GPS souřadnice byly zaměřeny pomocí přístroje Garmin GPSMAP 60 CSX, sklon svahu byl určen pomocí přístroje Haglöf Vertex III Hypsometer. V NP Seoraksan byly při zakládání ploch a odběru vývrtů využity dva odlišné přístupy. Během let 2005 a 2006 byly z ploch založených o rozloze 20 x 20 m provedeny odběry vývrtů u všech stromů, u nichž nehrozilo riziko vážného poškození stromu a u veškerých stromů dosahujících výšky alespoň 130 cm. V roce 2011 byly odebírány vývrty na zvolených stanovištích pouze z jedinců, u kterých byl předpokládán nejvyšší věk v porostu.

Cílem druhého přístupu bylo získat dendrochronologické záznamy z pokud možno co nejdelšího období. Odběry vývrtů byly prováděny pomocí Presslerova nebozezu (Mora, Švédsko) v co nejnižší výšce kmene (rozsah výšky 30–140 cm). Cílem bylo opět získat záznam z co nejdelšího období resp. získat co nejpřesnější záznam věku daného stromu. U každého vrtaného stromu byly zjištěny základní charakteristiky (druh, výška stromu, průměr kmene ve výšce vrtání).

### 4.3. Analýza dat

#### 4.3.1. Letokruhová analýza

Odebrané vývrty byly seříznuty pomocí mikrotonu (Gartner & Nievergelt 2010), popř. pomocí žiletky. Dále byly vývrty nakřídovány nebo obarveny 0,5% roztokem toluidinové modři pro zvýraznění hranice letokruhů a tím větší přesnost měření. Rozsáhleji se přípravě vývrtů pro měření zabývají Schweingruber (1995), či Drápela & Zach (1995). Vývrty byly měřeny pod stereomikroskopem (Olympus SZ51) pomocí měřicí lavice TimeTable s odčítacím modulem Parser s přesností 0,01 mm. Data byla zaznamenávána v programu Past4 (www.sciem.com). Na změřených letokruhových datech bylo v programu Past4 provedeno tzv. „křížové datování“, kdy jsou k letokruhům přiřazeny roky, v kterých byly jednotlivé letokruhy vytvořeny. Data byla pro následné analýzy vyexportována do tabulkového formátu Microsoft Excel a formátu Tucson.

#### 4.3.2. Analýza disturbancí

V programu R (R Development Core Team, 2011) byla provedena detekce uvolnění metodou „*radial-growth averaging*” (Nowacki & Abrams 1997) pomocí balíčku TRADER (Altman et al. 2014). Principem této metody je detekce disturbance na základě procentuální změny růstu zjištěné pomocí rovnice:  $\%GC = [(M2-M1)/M1] \times 100$ , v níž %GC je procentuální změna radiálního růstu mezi průměrnou šířkou předchozích a následujících deseti letokruhů. *M1* je průměrem šířky deseti předchozích letokruhů a *M2* průměrem pro deset následujících letokruhů. Pro příklad: pokud je cílem zjistit hodnotu %GC pro rok 1800, *M1* bude průměrem let 1791–1800 a *M2* průměrem let 1801–1810. Jistým omezením této metody je, že hodnotu %GC nelze zjistit pro prvních 10 a posledních 10 let. Jako prahovou hodnotu změny růstu určili Nowacki & Abrams (1997) pro střední uvolnění 25% zvýšení růstu a pro velké uvolnění 50% zvýšení růstu. Podrobněji je popsána metoda v práci

Nowacki & Abrams (1997). Získané výsledky detekce uvolnění stromů (př. Obr. 8) byly poté navíc jednotlivě vizuálně analyzovány. Jako přesnější bývá obvykle označována metoda „*boundary line*“ (Black & Abrams 2003; Black & Abrams 2004), nicméně v tomto případě ji nebylo možné použít z důvodu nedostatku letokruhů jednotlivých druhů pro vytvoření referenční „*boundary line*“.

Detekovaná uvolnění stromů byla sumarizovaná pro jednotlivé lokality a jsou uváděna ve třech kategoriích: **střední** (25 – 50% změna růstu), **velká** (50 %) a **veškerá** (součet středních a velkých) **uvolnění**, přičemž je uplatňován předpoklad, že velké uvolnění růstu je důsledkem rozsáhlejšího otevření korunového zápoje, které je způsobeno intenzivní disturbancí, zatímco střední uvolnění souvisí s pouze částečným otevřením korunového zápoje způsobeného méně intenzivní disturbancí (Lorimer 1989; Nowacki & Abrams 1997; Romme et al. 1998).

#### **4.3.3. Porovnání disturbancí podél gradientu zeměpisné šířky**

Pro vzájemné porovnání jednotlivých lokalit i veškeré další analýzy mimo analýzy trendů růstu byly zahrnuty pouze 60leté a starší stromy. Mladší stromy jsou nevhodné pro rekonstrukci disturbancí, neboť pravděpodobnost zaznamenání disturbancí v letokruzích je omezena součtem následujících faktorů: omezení metody detekce uvolnění pro prvních a posledních deset letokruhů a kritérium výběru ploch způsobující, že na plochách v posledních desetiletích neproběhla žádná výrazná disturbance.

Rozdíl detekovaných uvolnění v dekadách mezi jednotlivými lokalitami byl testován pomocí analýzy variancí ANOVA a post-hoc Tukeyho testu v programu Statistica 12.0 (StatSoft 2013).

Pro zjištění možné změny množství disturbancí v průběhu historie byla data detekovaných uvolnění pro pětiletí proložena polynomem třetího stupně a lineární regresí. Porovnání lokalit bylo provedeno pro období od zjištěného inflexního bodu veškerých uvolnění pro celé území (1870 – 1970).

#### **4.3.4. Porovnání s klimatickými daty**

Detekovaná uvolnění byla porovnána s klimatickými záznamy aktivity tajfunů z území Jižní Koreje. K tomuto účelu byly využity záznamy ze 49 klimatických stanic rozmístěných na

území Jižní Koreje podél gradientu zeměpisné šířky. Data se záznamy o tajfunech byla získána pro období 1904-2008, přičemž hlavními získanými informacemi jsou maximální síla větru, hodinové a denní maximální množství srážek a celkový úhrn srážek během tajfunu. Tato klimatická data lze považovat za odraz intenzity tajfunů (Altman et al. 2013). V práci Altman et al. (2013), v níž byla využita tato klimatická data, autoři zjistili nejlepší shodu detekovaných uvolnění s maximálními hodinovými srážkami a maximálními denními srážkami. Pro maximální denní srážky jsou dostupné delší datové řady, proto byla využita pro srovnání tato data. V rámci porovnání pro jednotlivé lokality byly využity dva přístupy: porovnání detekovaných uvolnění jednotlivých lokalit 1) se srážkovými daty pouze z okolních klimatických stanic, 2) s průměrnými srážkovými daty pro celé území.

#### **4.3.5. Rekonstrukce regenerace porostu**

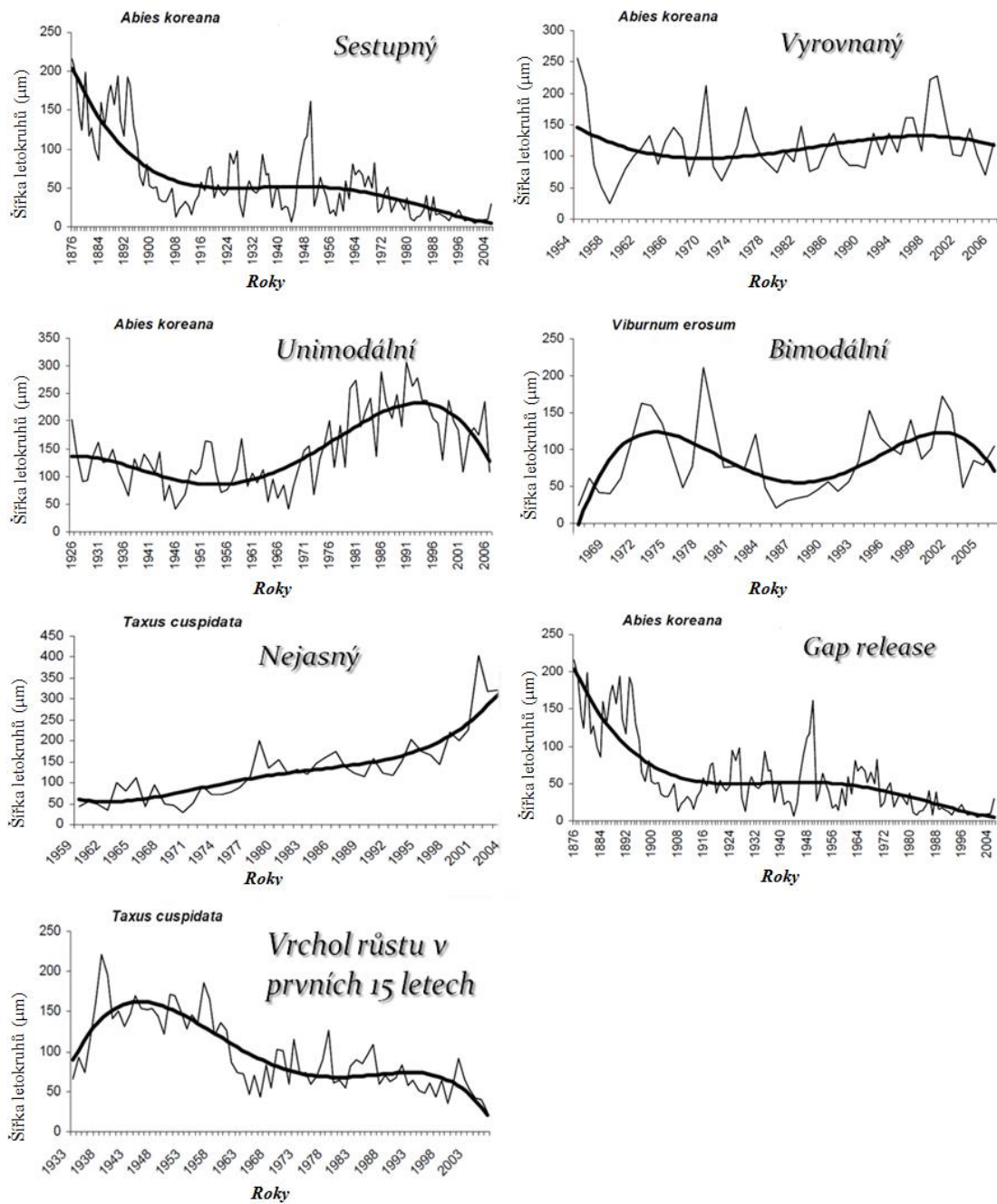
Detekovaná uvolnění na lokalitách byla porovnána s regenerací porostu. Pro účely rekonstrukce obnovy porostu byl první nejstarší letokruh považován za počátek růstu stromu. Na každé lokalitě byla spočtena korelace mezi všemi kategoriemi uvolnění a zmlazením. Dalším krokem bylo porovnání detekovaného zmlazení mezi lokalitami a spočtením vzájemné korelace.

#### **4.3.6. Analýza růstových trendů**

Kromě analýz disturbancí byla dále letokruhová data použita pro analýzu růstových trendů. Růstové křivky stromů byly proloženy polynomem čtvrtého stupně a poté individuálně vyhodnoceny. Získané grafy jednotlivých stromů byly rozděleny do sedmi růstových trendů, resp. pěti základních růstových trendů a dvou růstových trendů vnořených do základních pěti skupin. Základními pěti trendy byly: sestupný, vyrovnaný, unimodální (jeden vrchol růstu), bimodální (dva vrcholy růstu) a nejasný trend. Dalšími dvěma doplňujícími růstovými trendy byly: gap release a trend vykazující vrchol růstu v prvních 15 letech (Canham 1985; Frelich 2002; Lorimer, Frelich & Nordheim 1988; Niukkanen & Kuuluvainen 2011; Oliver & Stephens 1977). Jako „gap release“ byly označeny stromy, které vykazovaly velmi silný růst od počátku svého života. V případě, že na růstové křivce stromu byl zřejmý výrazný růstový vrchol v prvních patnácti letech života, byl takový strom přidán do poslední zmíněné skupiny. Stromy tedy byly vždy zařazeny do jednoho z pěti základních trendů růstů a případně také do jednoho z dvou doplňujících trendů. Příklady jednotlivých vylišených

růstových trendů ukazuje obrázek 9. Jako spodní věková hranice pro zahrnutí stromů do analýzy bylo zvoleno 40 let.

Z výsledných dat byl vytvořen tabulkový souhrn trendů pro nejzastoupenější druhy na lokalitách (alespoň pět stromů od daného druhu) a bylo provedeno porovnání výsledných trendů u druhů vyskytujících se na více lokalitách. Pro větší přehlednost při porovnání výsledných růstových trendů mezi lokalitami byly spojeny kategorie vyrovnaný a sestupný trend. Oba tyto trendy ukazují na stejné světelné nároky dřeviny. Kategorie nejasný trend není v tabulkách uváděna.



Obr. 9: Příklady jednotlivých růstových trendů dřevin.



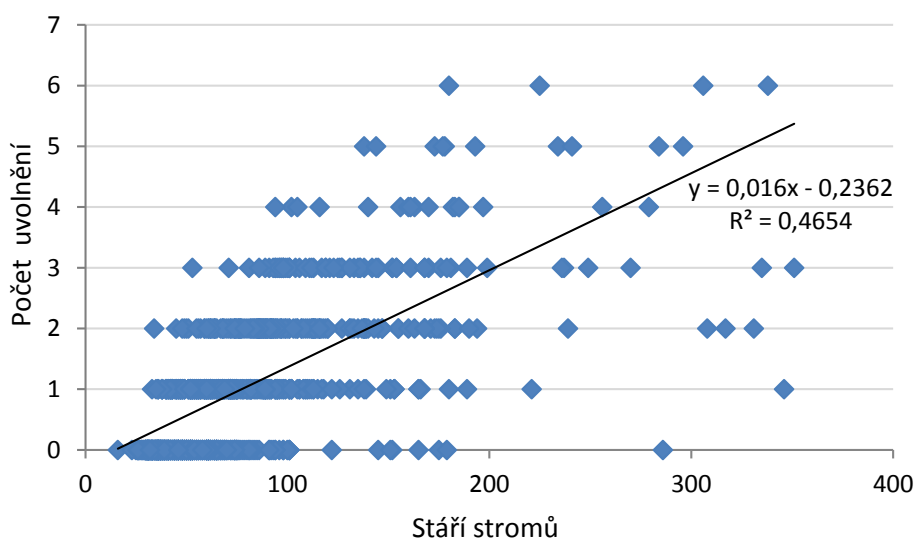
## 5 Výsledky

### 5.1. Analýza disturbancí

Na studovaných plochách byly odebrány vývrty z celkem 949 stromů, 70 druhů. Nejstarší zaznamenaný strom je z roku 1666 z NP Seoraksan. Počet stromů pro analýzy jednotlivých lokalit i celou Jižní Koreu ukazuje graf na obrázku 10 (Přílohy).

Celkem bylo v období 1666 – 1989 detekováno 692 uvolnění pro všechny lokality, z toho 375 v Seoraksanu, 161 v Jirisanu a 156 na Hallasanu. V Seoraksanu nebylo žádné uvolnění zaznamenáno od roku 1666 v 17 pětiletích, přičemž poslední takové pětiletí je perioda 1845 – 1849, v Jirisanu od roku 1792 nebylo zaznamenáno žádné uvolnění v 7 pětiletích, z toho posledním takovým pětiletím je 1910 – 1914. Na Hallasanu nebylo zaznamenáno žádné uvolnění od roku 1778 ve 13 pětiletích, posledním takovým pětiletím je perioda 1880-1884 (Obr. 11 – Přílohy).

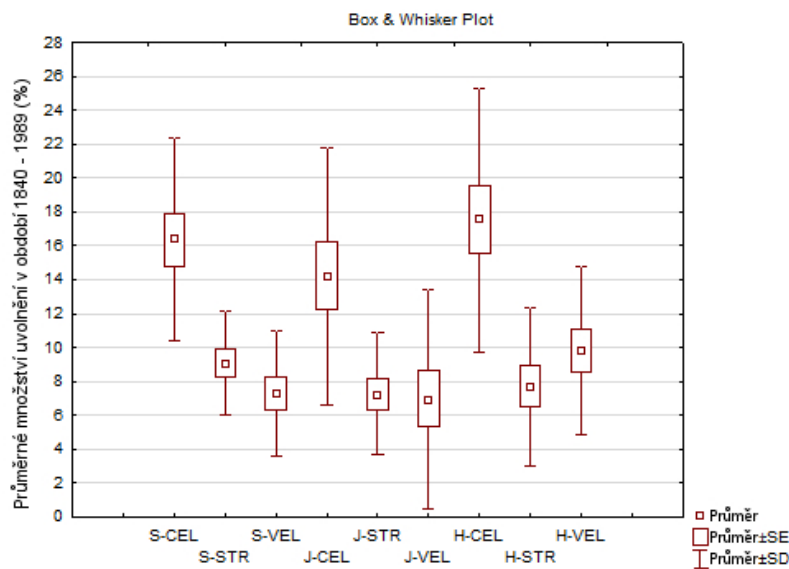
Vztah mezi věkem stromů a počtem zaznamenaných uvolnění (Obr. 12) ukázal, že u 71 % stromů mladších 60 let nebylo detekováno během jejich života žádné uvolnění, 25,8 % těchto stromů vykazalo jedno uvolnění, dvě a více uvolnění vykazala 3 % stromů. Stromy ve věku 60 – 100 let nevykázaly žádné uvolnění v 39,8 %, jedno uvolnění vykazalo 31,6 % stromů, dvě uvolnění 18 % stromů a tři a více uvolnění bylo detekováno u 10,4 % stromů. U stromů starších 100 let nevykázalo žádné uvolnění 6 % stromů, 20,4 % stromů vykazalo jedno a 73,6 % vykazalo dvě a více uvolnění.



Obr. 12: Vztah mezi věkem všech vrtaných stromů a počtem zaznamenaných uvolnění.

## 5.2. Porovnání disturbancí podél gradientu zeměpisné šířky

Z detekovaných uvolnění na lokalitě Hallasan převažovala v období 1840 - 1989 velká uvolnění (průměrné množství uvolnění desetiletí 9,8 %), na lokalitě Seoraksan převažovala uvolnění střední (9,1 %) a v Jirisanu střední uvolnění (7,27 %) (Obr. 13). Rozdíl průměrného množství detekovaných veškerých, velkých ani středních uvolnění mezi jednotlivými lokalitami nebyl zjištěn jako signifikantní.

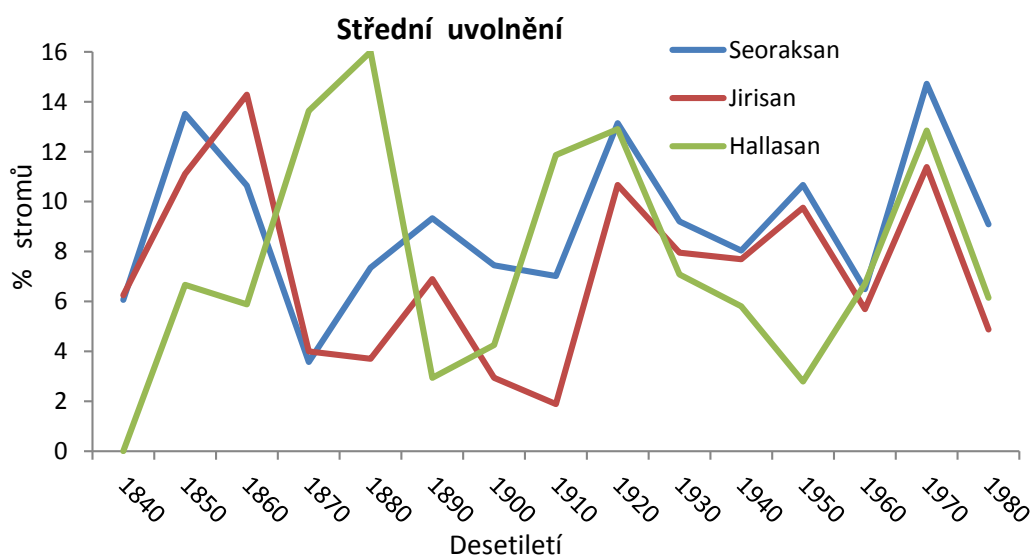
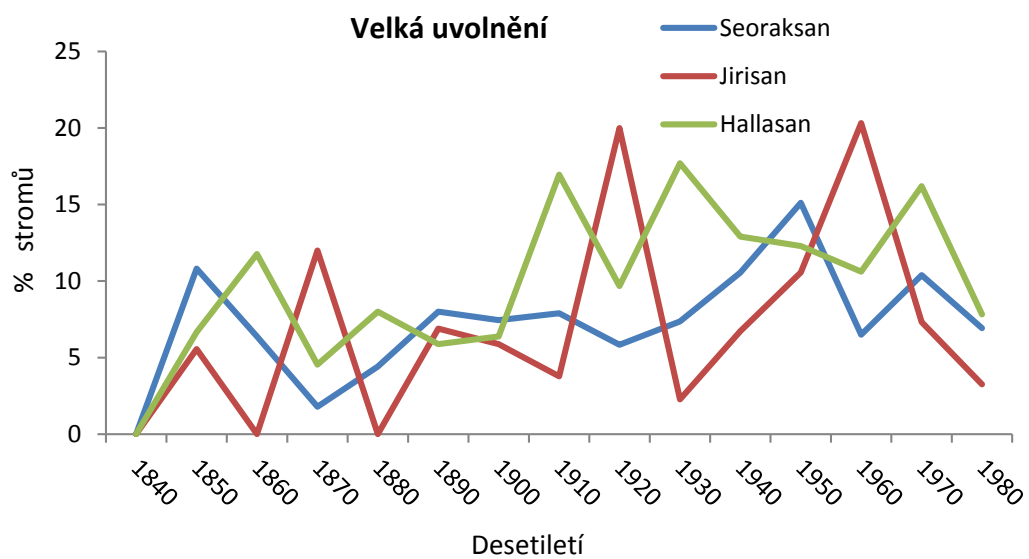
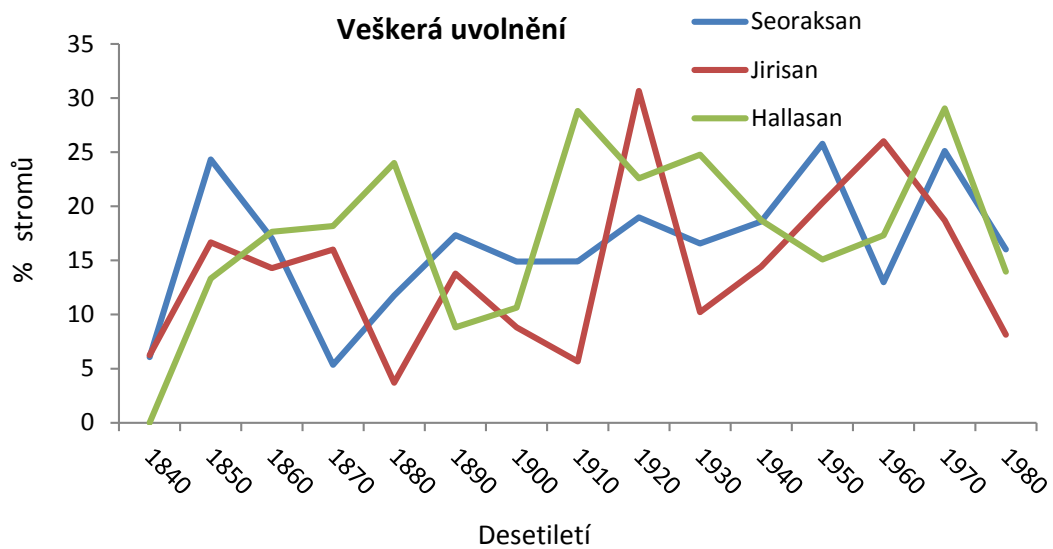


Obr. 13: Průměr množství středních a velkých uvolnění z desetiletí v jednotlivých lokalitách v období 1840-1989 (S – Seoraksan, J – Jirisan, H – Hallasan, CEL – veškerá, STR – střední, VEL – velká uvolnění).

Při porovnání detekovaných uvolnění pro desetiletí mezi jednotlivými lokalitami v období 1840 – 1989 byla zjištěna nejvyšší korelace mezi středními uvolněními lokalit Seoraksan a Jirisan ( $R = 0,77$ ), což ukazuje i obdobný průběh křivky středních uvolnění v desetiletích pro tyto lokality (Obr. 14). Na všech třech lokalitách je patrný výrazný nárůst středních uvolnění v desetiletích 1850, 1920 a 1970, pro Jirisan a Seoraksan dále v desetiletích 1890 a 1950 (Obr. 14). Pro celková a velká uvolnění jednotlivých lokalit žádná výrazná shoda zjištěna nebyla (Tab. 1, Obr. 14). Veškeré korelační koeficienty mezi lokalitami ukazuje tabulka 1. Křivka průběhu středních uvolnění mezi lokalitami Jirisan a Seoraksan má obdobný trend téměř ve všech desetiletích ( $R = 0,77$ ).

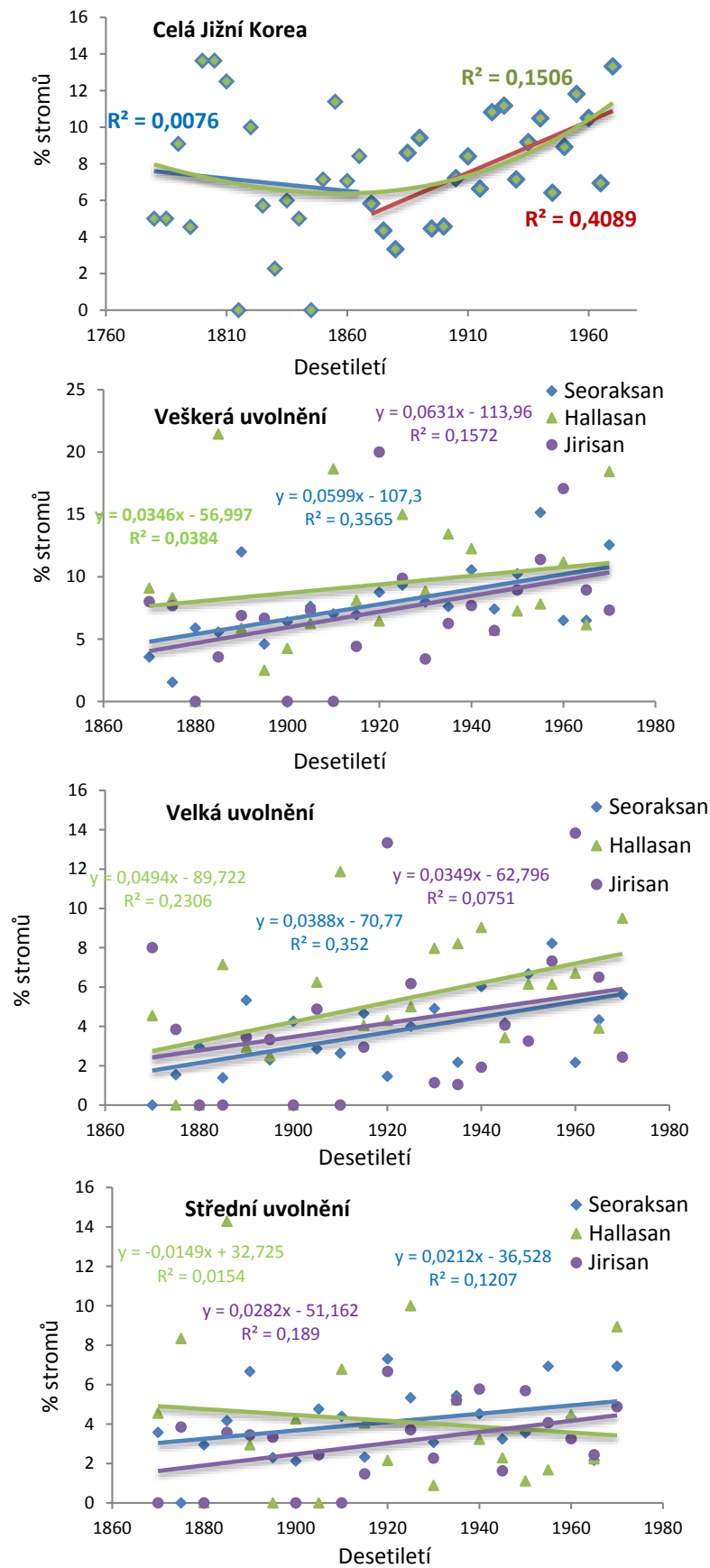
Tab 1: Korelace detekovaných uvolnění mezi jednotlivými lokalitami pro období let 1840 – 1980 ( $p < 0,05 = *$ ). S-Seoraksan, J-Jirisan, H-Hallasan, Vse-všechna uvolnění, Str-střední a Vel-velká uvolnění.

	<i>S-Vse</i>	<i>S-Str</i>	<i>S-Vel</i>	<i>J-Vse</i>	<i>J-Str</i>	<i>J-Vel</i>	<i>H-Vse</i>	<i>H-Str</i>	<i>H-Vel</i>
<i>S-Vse</i>	-	0,87*	0,91*	0,39	0,62*	0,12	0,29	-0,07	0,53*
<i>S-Str</i>	0,87*	-	0,59*	0,43	0,77*	0,08	0,26	0,06	0,36
<i>S-Vel</i>	0,91*	0,59*	-	0,29	0,38	0,13	0,26	-0,16	0,56*
<i>J-Cel</i>	0,39	0,43	0,29	-	0,53*	0,88*	0,14	0,09	0,14
<i>J-Str</i>	0,62*	0,77*	0,38	0,53*	-	0,07	0,06	-0,14	0,22
<i>J-Vel</i>	0,12	0,08	0,13	0,88*	0,07	-	0,13	0,19	0,04
<i>H-Cel</i>	0,29	0,26	0,26	0,14	0,06	0,13	-	0,80*	0,82*
<i>H-Str</i>	-0,07	0,06	-0,16	0,09	-0,14	0,19	0,80*	-	0,31
<i>H-Vel</i>	0,53*	0,36	0,56*	0,14	0,22	0,04	0,82*	0,31	-



Obr. 14: Porovnání detekovaných uvolnění mezi lokalitami v období 1840-1989.

Pro období 1780 – 1979 bylo porovnáno množství detekovaných uvolnění pro jednotlivá desetiletí v průběhu historie (Obr. 15). Pro veškeré detekované disturbance z celého území Jižní Koreje byl zjištěn zvyšující se trend množství disturbancí od roku 1870. Předchozí období (1780 – 1860) nárůst nevykazuje (Obr. 15). Zvyšující se množství disturbancí v období 1870-1979 ukazuje, jak polynom třetího řádu, tak lineární regrese (Obr. 15). Pro kategorii „veškerá uvolnění“ byl zjištěn nejpříkřejší nárůst na lokalitě Jirisan následovaný lokalitou Seoraksan a nejméně příkrý nárůst byl zjištěn na Hallasanu (období 1870-1979) – lokalitě s nejvyšším množstvím disturbancí. Pro velká uvolnění byl nejpříkřejší nárůst zjištěn na Hallasanu, nižší na lokalitě Seoraksan a nejmenší v Jirisanu (Obr. 15). U středních uvolnění Hallasan naopak vykazuje příkrý pokles, zatímco Jirisan vykazuje nejvýraznější nárůst následovaný lokalitou Seoraksan, kde je středních uvolnění detekováno nejvíce (Obr. 15).



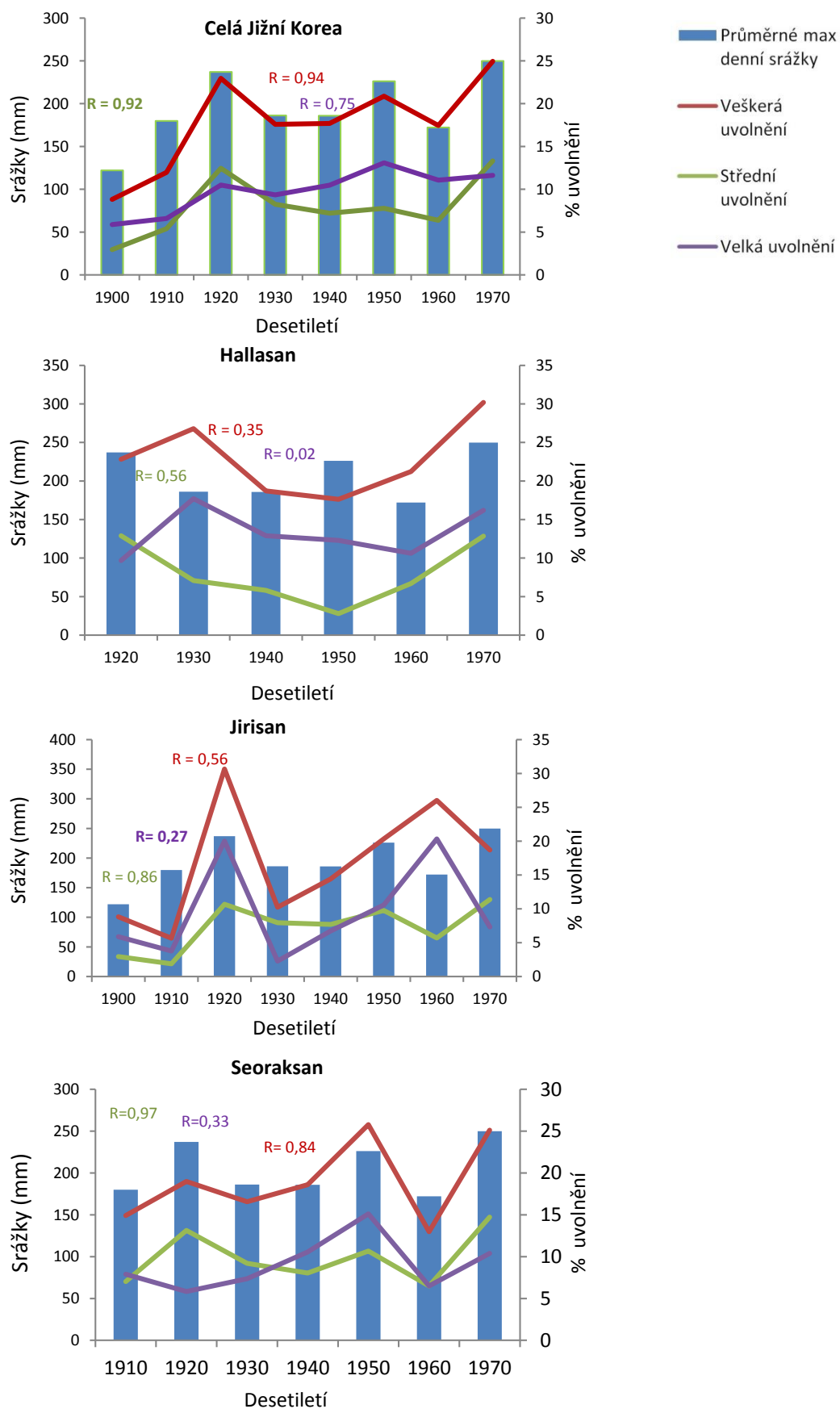
Obr. 15: Množství uvolnění detekovaných v průběhu historie pro jednotlivé lokality a celé území s uvedenými determinačními koeficienty pro lineární regresi a polynom 3. řádu.

### 5.3. Porovnání detekovaných disturbancí s klimatickými daty

Byla zjištěna silná korelace při porovnání detekovaných uvolnění sumarizovaných pro celé území Jižní Koreje a klimatických dat resp. denních maxim hodnot srážek v desetiletích (Obr. 16). Při porovnání uvolnění a srážkových dat pro jednotlivé lokality byla zjištěna vyšší shoda při použití průměrných srážkových dat pro celé území. Nejlepší korelace srážkových dat a detekovaných uvolnění je na lokalitě Seoraksan (Tab. 2, Obr. 16). Ze tří použitých skupin uvolnění vykazuje střední uvolnění nejlepší korelaci na všech lokalitách. Celkově nejnižší korelace byla zjištěna pro velká uvolnění na lokalitě Hallasan ( $R = -0,30$ , resp.  $R = 0,02$ ).

Tab 2: Závislost mezi detekovanými uvolněními a maximy denních srážkových dat resp. průměrem maxim pro území celé Jižní Koreje (\*= $p < 0,05$ ).

Lokalita	Uvolnění	Korelační koef. – srážky lokality	Korelační koef. – srážky celé území
Celé území	Veškerá	-	0,94*
	Střední	-	0,92*
	Velká	-	0,75*
Seoraksan	Veškerá	0,63	0,84*
	Střední	0,66	0,97*
	Velká	0,31	0,33
Jirisan	Veškerá	0,03	0,56
	Střední	0,34	0,86*
	Velká	-0,13	0,27
Hallasan	Veškerá	0,13	0,35
	Střední	0,64	0,56
	Velká	-0,30	0,02

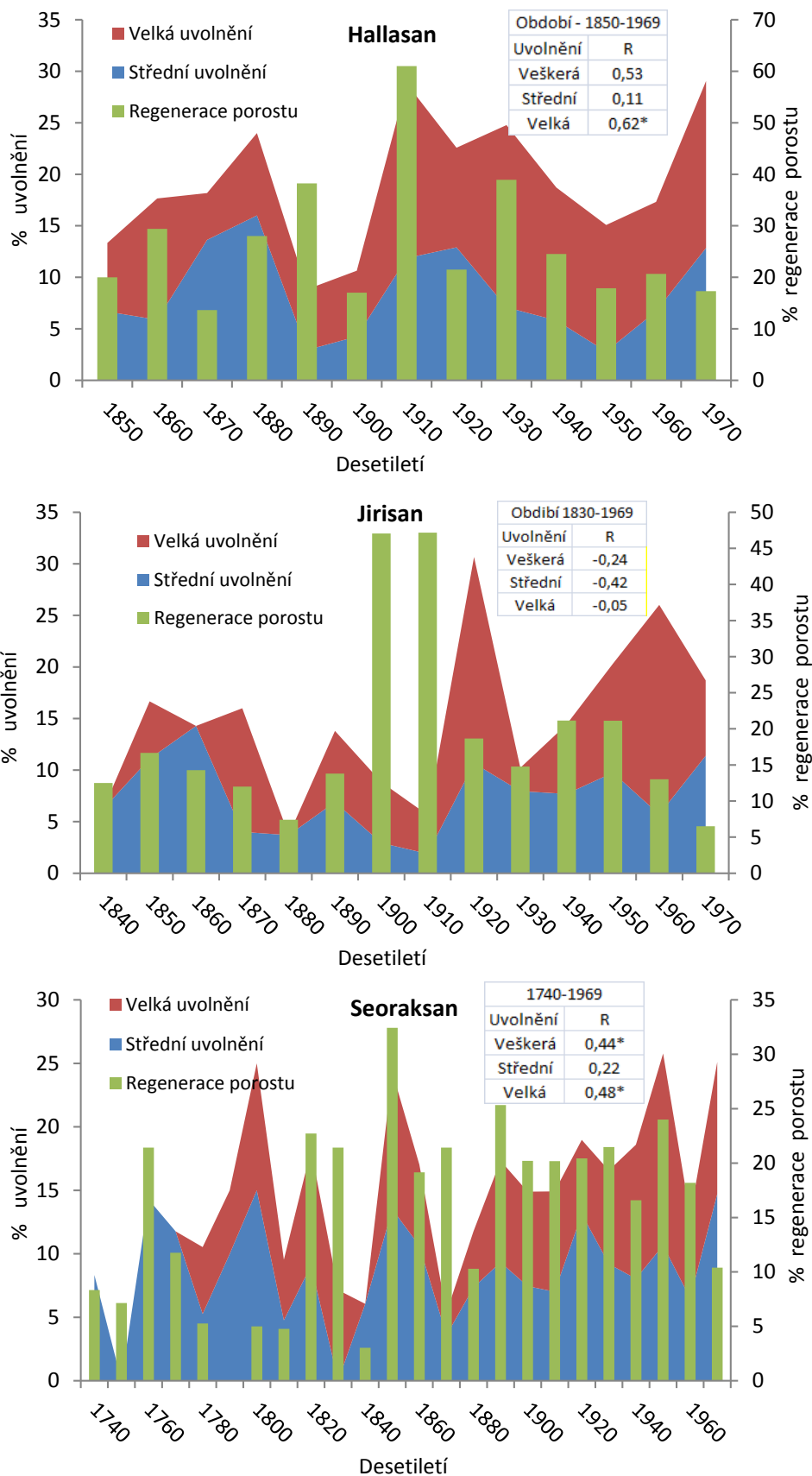


Obr. 16: Porovnání průměrných srážkových denních maxim v desetiletích celé Jižní Koreje s detekovanými uvolněními.



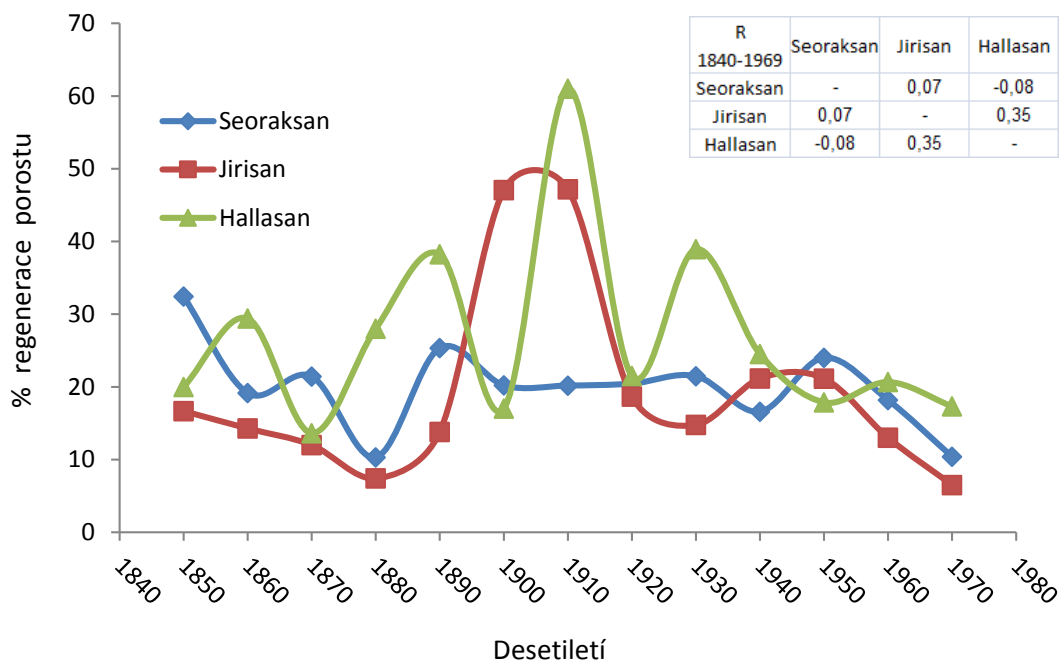
#### **5.4. Analýza regenerace porostu**

Zvýšené regenerace porostu na lokalitách Hallasan a Seoraksan navazují na vrcholy detekovaných uvolnění (Obr. 17). Na obou těchto lokalitách byl zjištěn průkazný vztah pro regeneraci porostu a velká uvolnění, resp. veškerá uvolnění v Seoraksanu . Naproti tomu na lokalitě Jirisan byla zjištěna záporná korelace. Hlavní rozdíl zmlazení oproti uvolnění lze pozorovat v období 1900 – 1919, kdy dochází k velkému nárůstu regenerace, která nenásleduje výraznější nárůst uvolnění (Obr. 17).



Obr. 17: Zmlazení porostu v porovnání s uvolněními na jednotlivých lokalitách a korelačními koeficienty pro porovnání uvolnění a zmlazení (\*= $p < 0,05$ )..

Porovnání regenerace mezi jednotlivými lokalitami ukazuje obdobný průběh regenerace lokality Seoraksan a Jirisan kromě období 1900-1910 (Obr. 18). V tomto období nárůst regenerace lokality Jirisan spíše odpovídá regeneraci na lokalitě Hallasan, kde byl zjištěn výrazný nárůst zmlazení během dekády 1910 – 1919. Pro lokalitu Jirisan byla jako pro jedinou zjištěna pozitivní korelace vůči oběma dalším lokalitám (Obr. 18).



Obr. 18: Porovnání regenerace jednotlivých lokalit s uvedenou vzájemnou korelací (\*= $p < 0,05$ ).

### 5.5. Analýza růstových trendů

Pro nejzastoupenější druhy (pět a více jedinců) byly stanoveny trendy růstu na jednotlivých lokalitách (Tab. 3-5). Na Hallasanu převládal celkově trend sestupný a vyrovnaný (63,9 %). V Jirisanu je převládajícím trendem unimodální (47,7 %), který byl rovněž nejzastoupenějším trendem v Seoraksanu (52,9 %). Oproti očekávání vykazovaly druhy vyskytující se na více lokalitách (*Acer pseudosieboldianum*, *Quercus mongolica*, *Rhododendron schlippenbachii* a *Taxus cuspidata*) na jednotlivých lokalitách odlišné růstové trendy (Tab. 6 – 7). Rozdílnost růstových trendů je však patrná vzhledem k počtu stromů především u druhů *A. pseudosieboldianum* (102 stromů) a *Q. mongolica* (164 stromů). Zatímco výsledné hodnoty sestupného, vyrovnaného, unimodálního a bimodálního trendu *A. pseudosieboldianum* pro lokality Jirisan a Seoraksan jsou obdobné - liší se max. o 5,4 %, na Hallasanu je hodnota unimodálního trendu o 27,3 % nižší než na Jirisanu a hodnota

sestupného a vyrovnaného trendu je o 29,9 % vyšší. U druhu *Q. mongolica* je zřejmý gradient změny od jihu na sever s až 30% rozdílem. Pro sestupný, vyrovnaný a gap release trend je nejvyšší hodnota na Hallasanu (71,7, resp. 65,2 %) a nejnižší v Seoraksanu (40,5, resp. 36,5 %) na Jirisanu jsou tyto trendy u 61,4 %, resp. 50 % stromů. Opačný trend hodnot je u kategorie unimodální (Hallasan 17,4 %, Jirisan 31,8 % a Seoraksan 41,9 %) (Tab. 6 – 7).

Tab. 6: Trendy růstu u druhů vyskytujících se v počtu alespoň 5 stromů na více lokalitách. AbNe = *Abies nephrolepis*, AcPs = *Acer pseudosieboldianum*, FrSi = *Fraxinus sieboldianum*, PiKo = *Pinus koraiensis*, QuMo = *Quercus mongolica*, RhSc = *Rhododendron schmidtii*, TaCu = *Taxus cuspidata*.

Druh	Počet stromů	Trend (%)		
		Sestupný + vyrovnaný	Unimodální	Bimodální
<b>AbNe</b>	<b>61</b>			
Jirisan	20	35	55	10
Seoraksan	41	31,7	58,5	0
<b>AcPs</b>	<b>102</b>			
Hallasan	45	64,4	24,4	2,2
Jirisan	29	34,5	51,7	10,3
Seoraksan	28	32,1	57,1	7,1
<b>FrSi</b>	<b>13</b>			
Jirisan	8	0	87,5	0
Seoraksan	5	20	40	40
<b>PIKo</b>	<b>24</b>			
Jirisan	8	37,5	62,5	0
Seoraksan	16	18,75	50	31,25
<b>QuMo</b>	<b>164</b>			
Hallasan	46	71,7	17,4	6,5
Jirisan	44	61,4	31,8	6,8
Seoraksan	74	40,5	41,9	8,1
<b>RhSc</b>	<b>14</b>			
Jirisan	9	100	0	0
Seoraksan	5	0	60	20
<b>TaCu</b>	<b>47</b>			
Hallasan	42	42,9	38,1	4,8
Seoraksan	5	20	60	20
<b>Součet všech druhů</b>	<b>774</b>			
Hallasan	296	63,9	24,0	4,1
Jirisan	151	41,7	47,7	6,0
Seoraksan	327	30,9	52,9	10,4

Tab. 7: Doplňující dvě skupiny trendů druhů vyskytujících se v počtu alespoň 5 stromů na více lokalitách. AbNe = *Abies nephrolepis*, AcPs = *Acer pseudosieboldianum*, FrSi = *Fraxinus sieboldianum*, PiKo = *Pinus koraiensis*, QuMo = *Quercus mongolica*, RhSc = *Rhododendron schmidtii*, TaCu = *Taxus cuspidata*.

Druh	Počet stromů	Trend (%)	
		Gap release	Pík do 15 let
<b>AbNe</b>	<b>61</b>		
Jirisan	20	30	40
Seoraksan	41	31,7	14,6
<b>AcPs</b>	<b>102</b>		
Hallasan	45	35,6	17,8
Jirisan	29	37,9	20,7
Seoraksan	28	25,0	10,7
<b>FrSi</b>	<b>13</b>		
Jirisan	8	0	25
Seorak	5	60	0
<b>PIKo</b>	<b>24</b>		
Jirisan	8	50	50
Seoraksan	16	12,5	37,5
<b>QuMo</b>	<b>164</b>		
Hallasan	46	65,2	10,9
Jirisan	44	50,0	25,0
Seoraksan	74	36,5	21,6
<b>RhSc</b>	<b>14</b>		
Jirisan	9	27,0	9,0
Seoraksan	5	20	20
<b>TaCu</b>	<b>47</b>		
Hallasan	42	26,2	26,2
Seoraksan	5	20	0
<b>Součet všech druhů</b>	<b>774</b>		
Hallasan	296	42,6	17,2
Jirisan	151	33,1	27,8
Seoraksan	327	30,0	21,7

## 6 Diskuze

### 6.1. Porovnání disturbancí podél gradientu zeměpisné šířky

Na všech lokalitách byla zjištěna vysoká frekvence disturbancí. Ačkoliv součtem převažují velká uvolnění, lze vzhledem k věkové různorodosti a kontinuálně probíhající obnově porostu pokládat za převažující typ disturbancí disturbance s menším rozsahem. Respektive i velká uvolnění lze považovat za pouze lokální záležitost několika stromů. Tomu odpovídá, jak lokální studie režimu disturbancí Cho (1992), tak naše terénní pozorování, při nichž jsme mimo nejvýše položených ploch na lokalitě Hallasan nacházeli uvolnění způsobená pádem maximálně několika málo stromů (Obr. 19). Vzhledem k tomu, že disturbance jsou jedním z hlavních činitelů řídících biodiverzitu (Sousa 1984; White & Jentsch 2001), má pravděpodobně tento disturbanční režim významný podíl na tom, že jsou korejské lesy jedny z druhově nejbohatších lesů mírného pásu (Černý et al. 2013; Yim et al. 1990).

Porovnáním detekovaných uvolnění v průběhu historie byla zjištěna shoda mezi lokalitami Jirisan a Seoraksan. Částečná rozdílnost množství detekovaných disturbancí v některých desetiletích pro tyto dvě lokality a shoda s výsledky pro Hallasan jen v některých desetiletích může být způsobena především specifickými trajektoriemi tajfunů, jež mohou způsobit rozdílné ovlivnění tajfuny pro různé lokality. Dalším možným vysvětlením může být vliv topografie (Boose, Foster & Fluet 1994; Kim & Jain 2011; Ko & Lee 2013; Xi 2015). Pro velká uvolnění mezi jednotlivými lokalitami nebyla oproti středním zjištěna shoda. Hlavním důvodem rozdílnosti velkých uvolnění bude pravděpodobně to, že zaznamenat přesně velké uvolnění je těžší než uvolnění střední. Lze totiž předpokládat, že intenzivní disturbancí je způsobeno větší množství středních uvolnění, než uvolnění velkých. Vzhledem k tomu, že větší množství stromů zažije střední uvolnění, je i větší pravděpodobnost, že bude detekováno střední uvolnění spíše než uvolnění velké.

Intenzita tajfunů se v oblasti Jižní Koreje směrem na sever snižuje (Altman et al. 2013; Park, Ho & Kim 2014), proto bylo jedním ze základních předpokladů, že množství disturbancí, resp. množství detekovaných uvolnění v porostu, bude od jihu na sever ubývat. Tomuto předpokladu odpovídají výsledky detekovaných uvolnění na lokalitách ukazujících, že na Hallasanu je větší množství velkých uvolnění než v Seoraksanu, přičemž pro střední uvolnění tomu je naopak. Zjištěné rozdíly ale nebyly zjištěny jako signifikantní. Ačkoliv tímto porovnáním nebyl zjištěn signifikantní trend, na snižování množství disturbancí ve směru od jihu na sever dále ukazují výsledky analýzy růstových trendů i výsledky porovnání

uvolnění mezi lokalitami v průběhu historie.

V rámci analýzy trendů byly oproti očekávání u druhů zastoupených na více lokalitách zjištěny rozdílné převládající trendy. Od jihu na sever byl u těchto druhů zjištěn nárůst unimodálních trendů a naopak pokles množství sestupného, vyrovnaného a gap release trendu. Z analýzy je tak patrné, že směrem na jih stromy žily na počátku života více v ideálních podmínkách, umožňující rychlý růst (trendy sestupný, vyrovnaný, gap release). Naopak směrem na sever je patrné, že přibývá stromů s počátečním růstem v zástinu (unimodální růst). Rozdílnost růstových trendů na gradientu zeměpisné šířky lze vysvětlit snižováním frekvence nebo intenzity disturbancí od jihu směrem na sever do vnitrozemí, neboť v lesích s vyšší mírou disturbancí jednak dominují světlomilné druhy a zároveň růstové trendy stínomilných dřevin mohou odpovídat růstovým trendům světlomilných dřevin (Frelich 2002). Tato metoda tak oproti očekávání dobře poukazuje na rozdílnosti disturbančního režimu mezi lokalitami.

## 6.2. Změna charakteristik tajfunů

Za hlavní faktory ovlivňující vliv tajfunů na ekosystém lze považovat trajektorii, intenzitu a frekvenci tajfunu (Lugo 2000, Xi 2015). Tyto charakteristiky, respektive jejich změny a vliv změn na ekosystémy, jsou předmětem odborných diskuzí (např. Choi et al. 2012; Choi & Kim 2007; Park, Ho & Kim 2014).

Pomocí dendrochronologických dat byl v časové periodě 1780-1979 zjištěn od roku 1870 zvyšující se trend množství detekovaných uvolnění, resp. množství disturbancí. Před tímto rokem nebylo dlouhodobé zvyšování množství uvolnění zjištěno. K obdobnému zjištění došli Altman et al. (2013). Tento trend ukazují také klimatická data (Altman et al. 2013). Oproti zmiňované studii byl zjištěn vyšší regresní koeficient ( $R^2 = 0,408$ , oproti  $R^2 = 0,285$ ). Rozdíl je způsoben zahrnutím většího množství stromů a zahrnutím veškerých dostupných druhů v předkládané práci oproti jedinému druhu *Quercus mongolica* v Altman (2013).

Na lokalitě Hallasan byl zjištěn výrazný nárůst velkých disturbancí v průběhu posledního století, zatímco množství středních uvolnění klesá. Tento nárůst lze vysvětlit jako důsledek zvyšující se intenzity tajfunů, naproti tomu frekvence může zůstat stejná, nebo nemá výrazný vliv. Se zvyšující se frekvencí tajfunů by totiž bylo možné předpokládat růst středních uvolnění obdobně jako uvolnění velkých, přičemž trend zřejmý z analýzy je

opačný. To je i v souladu s Altman et al. (2013), kteří uvádějí, že zjistili silnou korelaci mezi intenzitou tajfunů a detekovanými uvolněními, nikoliv však mezi frekvencí tajfunů a uvolněními. Oproti zmiňovaným studiím mimo Altman et al. (2013) se tyto výsledky vyznačují možností nahlédnout mnohem dále do historie jednak pomocí dlouhé řady použitých klimatických dat, ale zvláště díky dendrochronologickým datům sahajícím až na začátek 18. století, což dalece přesahuje veškeré klimatické záznamy pro danou oblast.

Na dalších dvou lokalitách byl zjištěn také mírný nárůst středních uvolnění, což lze považovat za důsledek a také další potvrzení zmiňované klesající intenzity tajfunů na gradientu zeměpisné šířky od jihu na sever. Odpovídá tomu i vyšší korelace středních uvolnění s obnovou porostu v Seoraksanu, oproti korelaci obnovy porostu se středními uvolněními na Hallasanu.

Nejpříkřejší nárůst množství uvolnění byl zjištěn v Jirisanu následovaný Seoraksanem, což naznačuje, že se kromě intenzity postupně mění také trajektorie tajfunů směrem na sever. K podobným závěrům dochází např. autoři He et al. (2015); Kossin et al. (2014); Park et al. (2006). Kossin et al. (2014) dokládají posun trajektorie tropických cyklónů směrem k pólům na obou polokoulích. Další dvě studie zmiňují posun tajfunů směrem na sever v oblasti Jižní Koreje.

I přes růst intenzity tajfunů ve vnitrozemí, je ale z předložených výsledků detekce uvolnění zřejmé, že v Seoraksanu a Jirisanu je zatím stále nižší intenzita disturbancí resp. tajfunů než na Hallasanu. Hallasan, jako nejjižnější lokalita je stále bezpochyby nejexponovanější pro působení tajfunů a zároveň tím, že se jedná o osamocenou horu, je i omezen vliv topografie, který by mohl způsobovat lokální zmírnění vlivu tajfunů.

Otázka změny charakteristik tropických cyklón je zásadní, jak z hlediska ekologického, vzhledem k tomu, že se jedná o faktor řídící podobu ekosystémů, tak i z hlediska sociálního (Lugo 2000; Xi 2015). Se zvyšováním intenzity tajfunů a změnou jejich trajektorie více na sever přirozeně může výrazně narůst i riziko škod pro společnost (Lugo 2000). Z obou hledisek je tak důležité se dále této problematice zevrubně věnovat v dalších studiích.



### **6.3. Porovnání s klimatickými daty**

Porovnáním denních srážkových maxim v desetiletích s detekovanými uvolněními v rámci celého území Jižní Koreje byla zjištěna vysoká korelace, což potvrzuje tajfuny jako hlavní disturbanční činitel na tomto území (Altman et al. 2013). Naopak při porovnání klimatických dat a detekovaných uvolnění pro jednotlivé lokality byl zřejmý vztah pouze na lokalitě Seoraksan. Za důvod tohoto rozdílu lze považovat především rozmístění klimatických stanic, které neodpovídá rozmístění studovaných ploch. Vzhledem k tomu, že jsou ale tajfuny poměrně komplexní události, spojením klimatických dat do jednoho celku se daří vystihnout většinu tajfunů způsobujících zásadní disturbance. Při porovnání detekovaných uvolnění jednotlivých lokalit s průměrnými maximálními srážkami pro celé území Jižní Koreje tak byl opět zjištěn silný vztah. Jistou nevýhodou přístupu porovnání lokalit s klimatickými daty pro širší území může být případná nepřesnost v případě, že trajektorie některých tajfunů mine studované plochy.

### **6.4. Regenerace porostu**

Analýzy regenerace spolu s křivkami počtu stromů dobře ukazují různověkost porostů a potvrzují základní předpoklad o disturbancích jako hlavním faktoru řídícím regeneraci lesa, resp. dynamiku lesa (Sousa 1984, Pickett & White 1985, White & Jentsch 2001, Darrell et al. 2001). Ačkoliv se jedná o celkem základní předpoklad, celkově není mnoho studií zabývajících se touto problematikou, popř. podobně jako většina znalostí o disturbancích se nevztahují k dané oblasti, ale k Severní Americe nebo Evropě.

Návaznost vrcholů zmlazení na vrcholy uvolnění byla zjištěna na lokalitách Hallasan a Seoraksan. Zatímco na lokalitě Hallasan korelace mezi obnovou porostu a detekovanými uvolněními ukazuje jako hlavní faktor zmlazení především velké disturbance, na lokalitě Seoraksan mají vliv na zmlazení také disturbance způsobující střední uvolnění, což je v souladu s výsledky zjištěných převládajících typů disturbancí na daných lokalitách. Jistá variabilita regenerace porostu oproti detekovaným uvolněním je pravděpodobně důsledkem specifických aktuálních možností nebo schopností stromů na uvolnění reagovat (např. staří stromů a velikost stromů) (Black & Abrams 2004; Minckler 1967a; Minckler 1967c; Nowacki & Abrams 1997) nebo dalšími nedetekovanými uvolněními.

Na lokalitě Jirisan nebyla zjištěna pozitivní korelace regenerace porostu a detekovaných uvolnění. Možným vysvětlením jsou výrazné nedetekované události

způsobující velký nárůst regenerace na v období 1900 – 1919. Pro období 1910 – 1919 toto vysvětlení podporuje nárůst detekovaných uvolnění i regenerace na Hallasanu. Důvodem nedetekování takových událostí může být ne zcela vhodné rozmístění studovaných ploch, jejich malý počet a následně malý počet vrtaných stromů v Jirisanu oproti ostatním lokalitám. Z tohoto důvodu zde může mít velký vliv na podobu výsledků topografie (Boose et al. 1994; Kim & Jain 2011; Ko & Lee 2013). Pro přesnější výsledky na této lokalitě je tak zapotřebí provést dodatečný sběr dat pro získání reprezentativnějších výsledků.

Zřejmá nezbytnost disturbancí porostu pro úspěšnou regeneraci může mít souvislost také s podrostem bambusu (*Sasa* spp.), vyskytujícím se na většině ploch. Altman et al. (2015) popisují v Japonsku závislost regenerace lesa na malých uvolněních, zatímco disturbance způsobující rozsáhlejší gapy uvádějí jako primární příležitost pro růst bambusu. Ačkoliv podíl bambusu v korejských lesích v podrostu je nižší a z výsledků je zřejmé, že regenerace dřevin souvisí s velkými uvolněními, lze v tomto směru předpokládat, že bambus i zde bude mít na obnovu vliv. Pro učinění závěrů by však bylo zapotřebí provést další analýzy zaměřené čistě na tuto problematiku, která přesahuje rozsah předkládané práce.

Pro rekonstrukci zmlazení stromů byl brán jako první rok první měřený letokruh. Skutečný první rok nebyl dopočítáván. Tímto způsobem by mohla vzniknout určitá nepřesnost ale v případě, že strom vyrůstá v gapu, nebo zažije uvolnění před dosažením výšky 1,4 m, tak při výšce vrtu 1,4 m je množství chybějících letokruhů minimální (Lorimer et al. 1988). Vzhledem k tomu, že při odběru vývrtů jsme se snažili o co nejnižší umístěný vrt, případná chyba bude pravděpodobně zanedbatelná.

## 6.5. Trendy

Vzhledem k tomu, že při analýze růstových trendů byly pro jednotlivé druhy zjištěny různé převládající trendy na gradientu zeměpisné šířky, vyvstává otázka, který převládající trend lze pro daný druh považovat za věrohodný. Je možné předpokládat, že zatímco v dobrých světelných podmínkách se mohou dřeviny tolerující zástin jevit svým růstovým trendem jako světломilné, v opačném případě dřeviny světломilné v podmínkách s nižší dostupností světla nebudou schopny příliš přizpůsobit svůj růst, neboť pod zápojem mohou růst pouze omezenou dobu (Frelich 2002). Proto jsou trendy zjištěné v Seoraksanu, lokalitě s nejnižší mírou uvolnění, považovány za směrodatné.

Ze studovaných druhů bylo pro nejzastoupenější druhy provedeno porovnání zjištěných růstových trendů s literaturou. *Abies nephrolephis* a *A. hollophyla* lze označit vzhledem k převládajícímu unimodálnímu růstu jako dřevinu tolerující zástin (Kolbek 2003). Naopak třetí druh jedle *A. koreana*, zastoupený pouze na Hallasanu, vykazuje růst světlomilného druhu (Doležal et al. 2012). Dalším výrazným druhem, který na základě výsledků lze označit jako stínomilný, je *Acer pseudosieboldianum*, jako takový je i obvykle označován v literatuře (např. Cho & Lee 2001, Nakamura & Krestov 2005, Doležal et al. 2009). Mezi početnější stínomilné druhy lze zařadit na základě analýzy růstových trendů také *Taxus cuspidata*, což odpovídá tomu, že se jedná o dřevinu vyskytující se prakticky vždy pod korunovým zápojem. Jedním z druhů, jejichž světelné nároky jsou dlouhodobě předmětem diskuzí (Zhu et al. 2014), je *Pinus koraiensis*. Na základě analýzy růstových trendů tento druh lze zařadit spíše mezi stínomilné.

Ze všech druhů v jihokorejských lesích je ovšem nejzastoupenější a zároveň nejdiskutovanější dřevinou *Quercus mongolica* (Abrams et al. 1999; Suh & Lee 1998). Charakteristika tohoto druhu se u jednotlivých autorů liší od dlouhověké pionýské dřeviny po stínomilný druh (Ishikawa & Ito 1988; Suh & Lee 1998; Yamamoto 1996). Dle získaných výsledků lze potvrdit náročnost klasifikace tohoto druhu. Z výsledných růstových trendů na Hallasanu je zřejmé, že při dostatku volného prostoru, resp. světla, vykazuje růst silně světlomilné dřeviny. Na druhou stranu v Seoraksanu se již nachází na rozmezí dřeviny světlomilné a stínomilné. Zřejmý jihoseverní gradient tohoto dubu pravděpodobně odráží jeho vysokou plasticitu, která může být i jedním z důvodů, proč se jedná o dominantní dřevinu.

## **6.6. Letokruhová analýza doposud nestudovaných druhů**

Vzhledem k tomu, že v této studii bylo použito mnoho druhů dřevin, pro které doposud nebyly zkušenosti s využitím pro letokruhovou analýzu, bylo otázkou, nakolik budou pro toto využití vhodné. I přes vyšší náročnost zpracování vzorků lze tyto druhy považovat za plnohodnotné vzorky. To potvrzuje jak vzájemná korelace výsledných dat mezi lokalitami a shoda s klimatickými záznamy, tak i shoda s výsledky studie (Altman et al. 2013), ve které byly použity pro analýzu pouze *Quercus mongolica* zahrnuté i v této práci.

## 7 Závěr

Zpracováním letokruhových dat z území Jižní Koreje, konkrétně lokalit Hallasan, Jirisan a Seoraksan, se podařilo dojít k následujícím závěrům:

- ❖ Režim disturbancí na gradientu zeměpisné šířky se mění. Ve směru od jihu na sever slábne intenzita tajfunů, snižuje se množství velkých uvolnění a zvyšuje se množství středních uvolnění.
- ❖ Převládající typ disturbancí na území Jižní Koreje jsou disturbance s menším rozsahem.
- ❖ Globální změny klimatu ovlivňují charakter tajfunů a tím režim disturbancí. Od roku 1870 se výrazně zvyšuje intenzita tajfunů. Zároveň se mění trajektorie tajfunů s posunem trajektorie směrem do vnitrozemí.
- ❖ Rekonstrukce disturbancí odpovídá klimatickým záznamům o aktivitách tajfunů a potvrzuje tajfuny jako hlavní disturbanční činitel.
- ❖ Regenerace lesního porostu závisí na disturbancích.
- ❖ Zjištěné trendy růstu odráží ekologické nároky druhů dřevin.
- ❖ I druhy doposud nevyužité pro dendrochronologickou analýzu se prokázaly jako vhodné.

## 8 Použitá literatura

ABRAMS, M. D., C. A. COPENHEAVER, K. TERAZAWA, K. UMEKI, M. TAKIYA & N. AKASHI A 370-year dendroecological history of an old-growth Abies-Acer-Quercus forest in Hokkaido, northern Japan. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999, 29(12), 1891-1899.

ADÁMEK, M., P. BOBEK, V. HADINCOVÁ, J. WILD & M. KOPECKÝ Forest fires within a temperate landscape: A decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 2015, 336, 81-90.

ALTMAN, J., J. DOLEŽAL, T. ČERNÝ & J. S. SONG Forest response to increasing typhoon activity on the Korean peninsula: evidence from oak tree-rings. *Global change biology*, 2013, 19(2), 498-504.

ALTMAN, J., J. DOLEŽAL, P. FIBICH, J. LEPSŠ, S. UEMURA & T. HARA Impact of severe tropical cyclones on forest over 230 years: spatiotemporal linking of past disturbances with frequency and diversity of tree establishment. *Global change biology*, 2015.

ALTMAN, J., P. FIBICH, J. DOLEZAL & T. AAKALA TRADER: A package for Tree Ring Analysis of Disturbance Events in R. *Dendrochronologia*, 2014, 32(2), 107-112.

BAE, J. S., R. W. JOO & Y.-S. KIM Forest transition in South Korea: reality, path and drivers. *Land Use Policy*, 2012, 29(1), 198-207.

BAZZAZ, F. A. Characteristics of populations in relation to disturbance in natural and man-modified ecosystems. In *Disturbance and ecosystems*. Springer, 1983, p. 259-275.

BENDER, M. A., T. R. KNUTSON, R. E. TULEYA, J. J. SIRUTIS, G. A. VECCHI, S. T. GARNER & I. M. HELD Modeled impact of anthropogenic warming on the frequency of intense Atlantic hurricanes. *Science*, 2010, 327(5964), 454-458.

BLACK, B. A. & M. D. ABRAMS Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecological Applications*, 2003, 13(6), 1733-1749.

BLACK, B. A. & M. D. ABRAMS Development and application of boundary-line release criteria. *Dendrochronologia*, 2004, 22(1), 31-42.

BLACK, B. A., M. D. ABRAMS, J. S. RENTCH & P. J. GOULD Properties of boundary-line release criteria in North American tree species. *Annals of forest science*, 2009, 66(2), 1-19.

BOOSE, E. R., D. R. FOSTER & M. FLUET Hurricane impacts to tropical and temperate forest landscapes. *Ecological Monographs*, 1994, 64(4), 369-400.

BUŠKOVÁ, M. *Korea : data a fakta*. Edition ed. Praha: Korean Overseas Information Service 1997.

CANHAM, C. D. Suppression and release during canopy recruitment in *Acer saccharum*. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 1985, 134-145.

CANHAM, C. D., A. C. FINZI, S. W. PACALA & D. H. BURBANK Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. Canadian Journal of Forest Research, 1994, 24(2), 337-349.

ČERNÝ, T., J. DOLEŽAL, Š. JANEČEK, M. ŠRŮTEK, M. VALACHOVIČ, P. PETŘÍK, J. ALTMAN, M. BARTOŠ & J.-S. SONG Environmental correlates of plant diversity in Korean temperate forests. Acta Oecologica, 2013, 47, 37-45.

ČERNÝ, T., M. KOPECKÝ, P. PETŘÍK, J. S. SONG, M. ŠRŮTEK, M. VALACHOVIČ, J. ALTMAN & J. DOLEŽAL Classification of Korean forests: patterns along geographic and environmental gradients. Applied Vegetation Science, 2015, 18(1), 5-22.

DALE, V. H., L. A. JOYCE, S. MCNULTY, R. P. NEILSON, M. P. AYRES, M. D. FLANNIGAN, P. J. HANSON, L. C. IRLAND, A. E. LUGO & C. J. PETERSON Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. BioScience, 2001, 51(9), 723-734.

DOLEŽAL, J., J.-S. SONG, J. ALTMAN, S. JANECEK, T. CERNY, M. SRUTEK & J. KOLBEK Tree growth and competition in a post-logging *Quercus mongolica* forest on Mt. Sobaek, South Korea. Ecological research, 2009, 24(2), 281-290.

DOLEŽAL, J., J. ALTMAN, M. KOPECKY, T. CERNY, S. JANECEK, M. BARTOS, P. PETRIK, M. SRUTEK, J. LEPS & J.-S. SONG Plant diversity changes during the postglacial in East Asia: insights from forest refugia on Halla Volcano, Jeju Island. PloS one, 2012, 7(3), e33065.

DRÁPELA, K. & J. ZACH *Dendrometrie:(dendrochronologie)*. Edtion ed.: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 8071571784.

FRAVER, S. & A. S. WHITE Identifying growth releases in dendrochronological studies of forest disturbance. Canadian Journal of Forest Research, 2005, 35(7), 1648-1656.

FRELICH, L. E. *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Edtion ed.: Cambridge University Press, 2002. ISBN 1139439332.

GARTNER, H. & D. NIEVERGELT The core-microtome: A new tool for surface preparation on cores and time series analysis of varying cell parameters. Dendrochronologia, 2010, 28(2), 85-92.

GODRON, M. & R. FORMAN. Landscape modification and changing ecological characteristics. In *Disturbance and ecosystems*. Springer, 1983, p. 12-28.

GOLDENBERG, S. B., C. W. LANDSEA, A. M. MESTAS-NUÑEZ & W. M. GRAY The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications. Science, 2001, 293(5529), 474-479.

- GRIME, J. P. *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*. Edition ed.: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 047085040X.
- GRINSTED, A., J. C. MOORE & S. JEVREJEVA Projected Atlantic hurricane surge threat from rising temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110(14), 5369-5373.
- GROSSMAN, M. J., M. ZAIKI & R. NAGATA Interannual and interdecadal variations in typhoon tracks around Japan. *International Journal of Climatology*, 2014.
- HARMON, M., S. BRATTON & P. WHITE Disturbance and vegetation response in relation to environmental gradients in the Great Smoky Mountains. *Vegetatio*, 1984, 55(3), 129-139.
- HE, H., J. YANG, D. GONG, R. MAO, Y. WANG & M. GAO Decadal changes in tropical cyclone activity over the western North Pacific in the late 1990s. *Climate Dynamics*, 2015, 1-13.
- HENDERSON-SELLERS, A., H. ZHANG, G. BERZ, K. EMANUEL, W. GRAY, C. LANDSEA, G. HOLLAND, J. LIGHTHILL, S.-L. SHIEH & P. WEBSTER Tropical cyclones and global climate change: A post-IPCC assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1998, 79(1), 19-38.
- HOLLYM *Handbook of Korea*. Edition ed. Seoul Korean Overseas Information Service 2003.
- CHAN, J. C. & J. E. SHI Frequency of typhoon landfall over Guangdong Province of China during the period 1470–1931. *International Journal of Climatology*, 2000, 20(2), 183-190.
- CHAPIN, F. III, Matson PA, Mooney H A. Principles of terrestrial ecosystem ecology. In.: New York: Springer-Verlag, 2002.
- CHO, D. Disturbance regime and tree regeneration in Kwangnung natural forest. *Korean Journal of Ecology (Korea Republic)*, 1992 *cit in* KO, D. W. & D. LEE Dendroecological reconstruction of the disturbance dynamics and human legacy in an old-growth hardwood forest in Korea. *Forest Ecology and Management*, 2013, 302, 43-53.
- CHOI, K.-S., Y.-M. CHA & T.-R. KIM Cluster analysis of tropical cyclone tracks around Korea and its climatological properties. *Natural hazards*, 2012, 64(1), 1-18.
- CHOI, K.-S. & B.-J. KIM Climatological characteristics of tropical cyclones making landfall over the Korean Peninsula. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 2007, 43(2), 13-25.
- EYB. Environmental Statistics Yearbook 2010. In K.M.O. ENVIRONMENT. 2011.
- ISHIKAWA, Y. & K. ITO The regeneration process in a mixed forest in central Hokkaido, Japan. *Vegetatio*, 1988/01/01 1988, 79(1-2), 75-84.

KIM, J.-S. & S. JAIN Precipitation trends over the Korean peninsula: typhoon-induced changes and a typology for characterizing climate-related risk. *Environmental Research Letters*, 2011, 6(3), 034033.

KIMMINS, J. P. *Forest ecology* 1987.

KLOTZBACH, P. J. Trends in global tropical cyclone activity over the past twenty years (1986–2005). *Geophysical research letters*, 2006, 33(10).

KNPS National Parks of Korea - Annual Report 2006. Dostupné z WWW: <<http://english.knps.or.kr/Archive/ParkArchive/Default.aspx?MenuNum=4&Submenu=PhotoPds&Tbirdmenu=Promotions>>.

KNUTSON, T. R. & R. E. TULEYA Impact of CO<sub>2</sub>-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization. *Journal of Climate*, 2004, 17(18), 3477-3495.

KO, D. W. & D. LEE Dendroecological reconstruction of the disturbance dynamics and human legacy in an old-growth hardwood forest in Korea. *Forest Ecology and Management*, 2013, 302, 43-53.

KOSSIN, J. P., K. A. EMANUEL & G. A. VECCHI The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity. *Nature*, 2014, 509(7500), 349-352.

KUENNECKE, B. H. *Temperate Forest Biomes: Greenwood Guides to Biomes of the World*. Edition ed.: Greenwood Press, 2009. ISBN 0313340188.

LIPSKÝ, Z. *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*. Edition ed.: Karolinum, 1998. ISBN 8071845450.

LORIMER, C. G. Relative effects of small and large disturbances on temperate hardwood forest structure. *Ecology*, 1989, 565-567.

LORIMER, C. G. & L. E. FRELICH A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 1989, 19(5), 651-663.

LORIMER, C. G., L. E. FRELICH & E. V. NORDHEIM Estimating gap origin probabilities for canopy trees. *Ecology*, 1988, 778-785.

LUGO, A. E. Effects and outcomes of Caribbean hurricanes in a climate change scenario. *Science of the Total Environment*, 2000, 262(3), 243-251.

MCCANN, K. S. The diversity–stability debate. *Nature*, 2000, 405(6783), 228-233.



- MINCKLER, L. S. How pin oak stands respond to changes in stand density and structure. *Journal of Forestry*, 1967a, 65(4), 256-257.
- MINCKLER, L. S. Release and pruning can improve growth and quality of white oak. *Journal of Forestry*, 1967c, 65(9), 654-655.
- MORI, A. S. Ecosystem management based on natural disturbances: hierarchical context and non-equilibrium paradigm. *Journal of Applied Ecology*, 2011, 48(2), 280-292.
- MURAKAMI, H., P.-C. HSU, O. ARAKAWA & T. LI Influence of Model Biases on Projected Future Changes in Tropical Cyclone Frequency of Occurrence\*. *Journal of Climate*, 2014, 27(5), 2159-2181.
- NIUKKANEN, L. & T. KUULUVAINEN Radial growth patterns of dominant trees in two old-growth forests in eastern Fennoscandia. *Journal of forest research*, 2011, 16(3), 228-236.
- NOWACKI, G. J. & M. D. ABRAMS Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 1997, 67(2), 225-249.
- OLIVER, C. & B. LARSON *Forest Stand Dynamics* (update edition) Wiley. New York, 1996.
- OLIVER, C. D. & E. P. STEPHENS Reconstruction of a mixed-species forest in central New England. *Ecology*, 1977, 562-572.
- OOUCHI, K., J. YOSHIMURA, H. YOSHIMURA, R. MIZUTA, S. KUSUNOKI & A. NODA Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses. *JOURNAL-METEOROLOGICAL SOCIETY OF JAPAN SERIES 2*, 2006, 84(2), 259.
- ORWIG, D. A. & M. D. ABRAMS Land-use history (1720–1992), composition, and dynamics of oak–pine forests within the Piedmont and Coastal Plain of northern Virginia. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994/06/01 1994, 24(6), 1216-1225.
- PARK, D.-S. R., C.-H. HO & J.-H. KIM Growing threat of intense tropical cyclones to East Asia over the period 1977–2010. *Environmental Research Letters*, 2014, 9(1), 014008.
- PARK, J.-K., B.-S. KIM, W.-S. JUNG, E.-B. KIM & D.-G. LEE Change in statistical characteristics of typhoon affecting the Korean Peninsula 2006 *cit in* Grossman, M. J., Zaiki, M., & Nagata, R. (2014). Interannual and interdecadal variations in typhoon tracks around Japan. *International Journal of Climatology*.
- PICKETT, S. T. A. & P. S. WHITE *The Ecology of Natural disturbance and patch dynamics*. Edition ed.: Academic Press, 1985. ISBN 0-12-554521-5.

RENTCH, J. S., M. A. FAJVAN & J. HICKS Spatial and temporal disturbance characteristics of oak-dominated old-growth stands in the central hardwood forest region. *Forest Science*, 2003, 49(5), 778-789.

ROMME, W. H., E. H. EVERHAM, L. E. FRELICH, M. A. MORITZ & R. E. SPARKS Are large, infrequent disturbances qualitatively different from small, frequent disturbances? *Ecosystems*, 1998, 1(6), 524-534.

ROSS, D. W., G. DETERMAN, J. L. BOUGHTON & T. M. QUIGLEY Forest health restoration in south-central Alaska: a problem analysis 2001.

RUNKLE, J. R., S. PICKETT & P. WHITE Disturbance regimes in temperate forests. The ecology of natural disturbance and patch dynamics, 1985, 17-33.

RYKIEL JR, E. J., R. N. COULSON, P. J. SHARPE, T. F. ALLEN & R. O. FLAMM Disturbance propagation by bark beetles as an episodic landscape phenomenon. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3), 129-139.

SANTER, B. D., T. WIGLEY, P. GLECKLER, C. BONFILS, M. WEHNER, K. ACHUTARAO, T. BARNETT, J. BOYLE, W. BRÜGGEMANN & M. FIORINO Forced and unforced ocean temperature changes in Atlantic and Pacific tropical cyclogenesis regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103(38), 13905-13910.

SAVILL, P., J. EVANS, D. AUCLAIR & J. FALCK *Plantation silviculture in Europe*. Edition ed.: Oxford University Press, 1997. ISBN 0191590460 *cit in* VALINGER, E. & J. FRIDMAN Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 2011, 262(3), 398-403.

SCHWEINGRUBER *Principles of dendrochronology*. Edition ed., 1995.

SIMON, J. & J. KADLEC Přírodní poměry a lesnictví Korejské republiky. *Lesnická práce*, 2010, 89(12), 32-33.

SMITH, R. Ecology and field biology, Fifthed. In.: Harper Collins College Publishers, New York. *Smith5Ecology and field biology*1996, 1996.

SOUSA, W. P. The role of disturbance in natural communities. *Annual review of ecology and systematics*, 1984, 353-391.

SPURR, S. H. & B. V. BARNES. Forest ecology. 571 p. In.: Ronald Press Co., New York, NY, 1973.

STORCH, D. O katastrofách malých a velkých. *Vesmír*, 1998, 77, 558.

SUH, M. & D. LEE Stand structure and regeneration of *Quercus mongolica* forests in Korea. *Forest Ecology and Management*, 1998, 106(1), 27-34.

- TAK, K., Y. CHUN & P. WOOD The South Korean forest dilemma. *International Forestry Review*, 2007, 9(1), 548-557.
- THOMPSON, I., B. MACKEY, S. MCNULTY & A. MOSSELER. Forest resilience, biodiversity, and climate change. In *A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series*. 2009, vol. 43.
- VECCHI, G. A. & T. R. KNUTSON On Estimates of Historical North Atlantic Tropical Cyclone Activity\*. *Journal of Climate*, 2008, 21(14), 3580-3600.
- WEBSTER, P. J., G. J. HOLLAND, J. A. CURRY & H.-R. CHANG Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 2005, 309(5742), 1844-1846.
- WHITE, P. S. Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. *The botanical review*, 1979, 45(3), 229-299.
- WHITE, P. S. & A. JENTSCH. The search for generality in studies of disturbance and ecosystem dynamics. In *Progress in botany*. Springer, 2001, p. 399-450.
- WU, L., B. WANG & S. GENG Growing typhoon influence on east Asia. *Geophysical research letters*, 2005, 32(18).
- XI, W. Synergistic effects of tropical cyclones on forest ecosystems: a global synthesis. *Journal of forestry research*, 2015, 1-21.
- YAMAMOTO, S. Gap Regeneration of Major Tree Species in Different Forest Types of Japan. *Vegetatio*, 1996, 127(2), 203-213.
- YI, S. *Holocene vegetation responses to East Asian monsoonal changes in South Korea*. Edtion ed.: INTECH Open Access Publisher, 2011. ISBN 9533074191.
- YIM, Y.-J. & T. KIRA DISTRIBUTION OF FOREST VEGETATION AND CLIMATE IN THE KOREAN PENINSULA.: I. DISTRIBUTION OF SOME INDICES OF THERMAL CLIMATE. *Japanese Journal of Ecology*, 1975, 25(2), 77-88.
- YIM, Y., J. KIM, N. LEE, Y. KIM & K. PEAK Phytosociological classification of plant communities on Mt. Halla national park, Korea. *The Korean Journal of Ecology (Korea Republic)*, 1990.
- ZHU, J., K. WANG, Y. SUN & Q. YAN Response of *Pinus koraiensis* seedling growth to different light conditions based on the assessment of photosynthesis in current and one-year-old needles. *Journal of forestry research*, 2014, 25(1), 53-62.

## Internetové zdroje

BMR. Paforum : Baekdu Daegan Mountain Reserve. [cit. 2015-04]. Dostupné z WWW: <[http://www.paforum.or.kr/area/area.html?cate\\_idx=2](http://www.paforum.or.kr/area/area.html?cate_idx=2)>.

WWW.GOOGLE.CZ/MAPS. 2015. [cit. 2015-04]. Dostupné z WWW: <[www.google.cz/mapshttps://www.google.cz/maps](http://www.google.cz/mapshttps://www.google.cz/maps)>.

PREVIEW.GRID.UNEP.CH. 2015. [cit. 2015-04]. Dostupné z WWW: <<http://preview.grid.unep.ch/index.php?preview=map&lang=eng>>.

WEB.KMA.GO.KR. Climate of Korea. In.: Korea Meteorological Administration vol. 2015. [cit. 2015-04]. Dostupné z WWW: <[http://web.kma.go.kr/eng/biz/climate\\_01.jsp](http://web.kma.go.kr/eng/biz/climate_01.jsp)>.

## 9 Přílohy



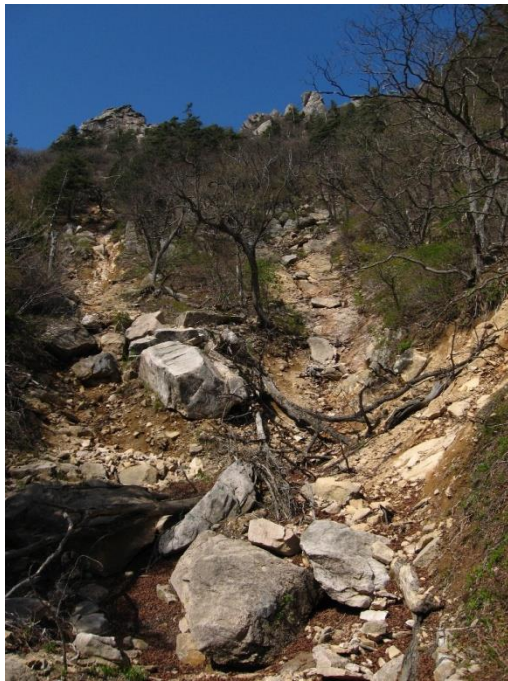
Obr. 3: Koryto řeky v horní úrovni řeky v NP Seorkasan během jarního období.



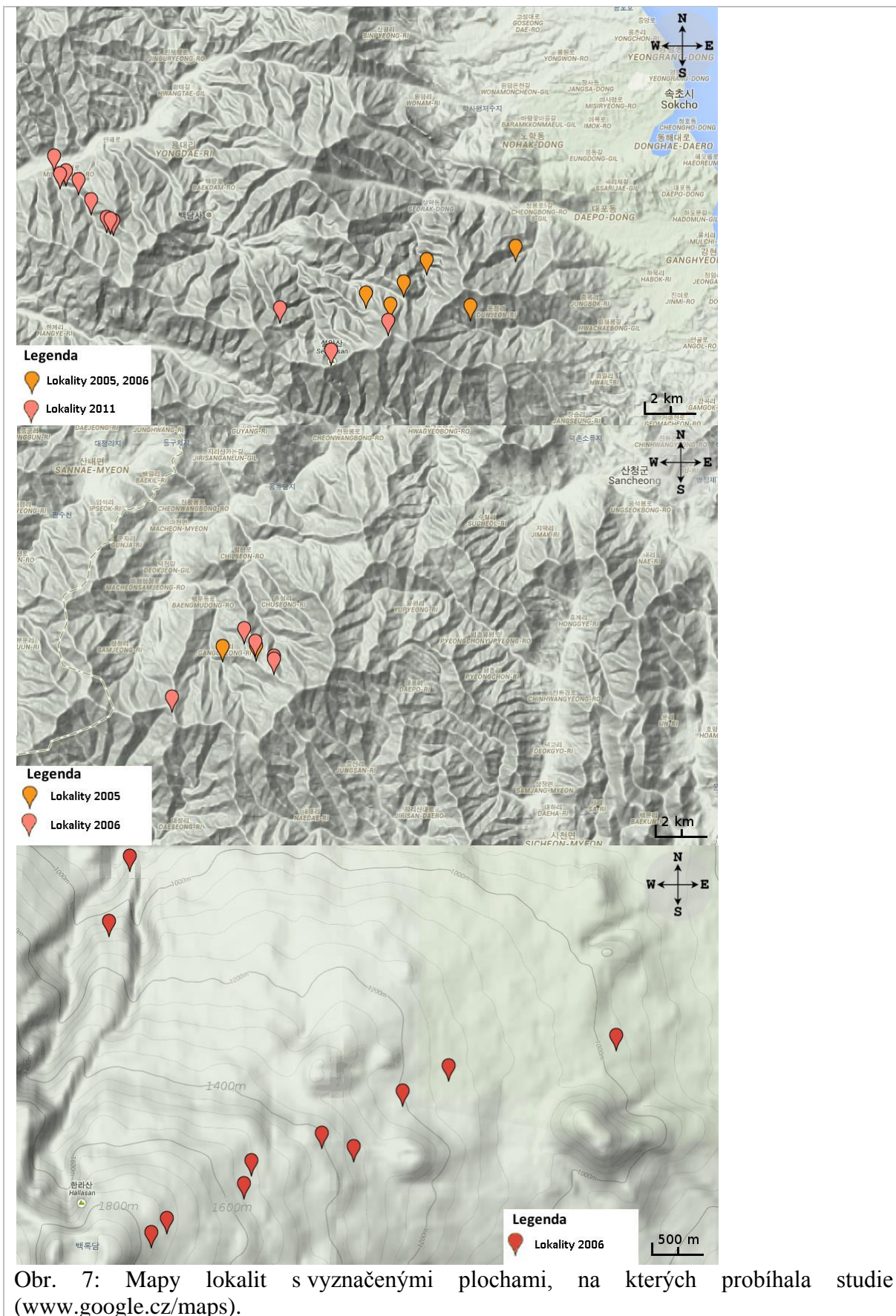
Obr. 4: Koryto řeky v horní úrovni toku v NP Hallasan během jarního období.



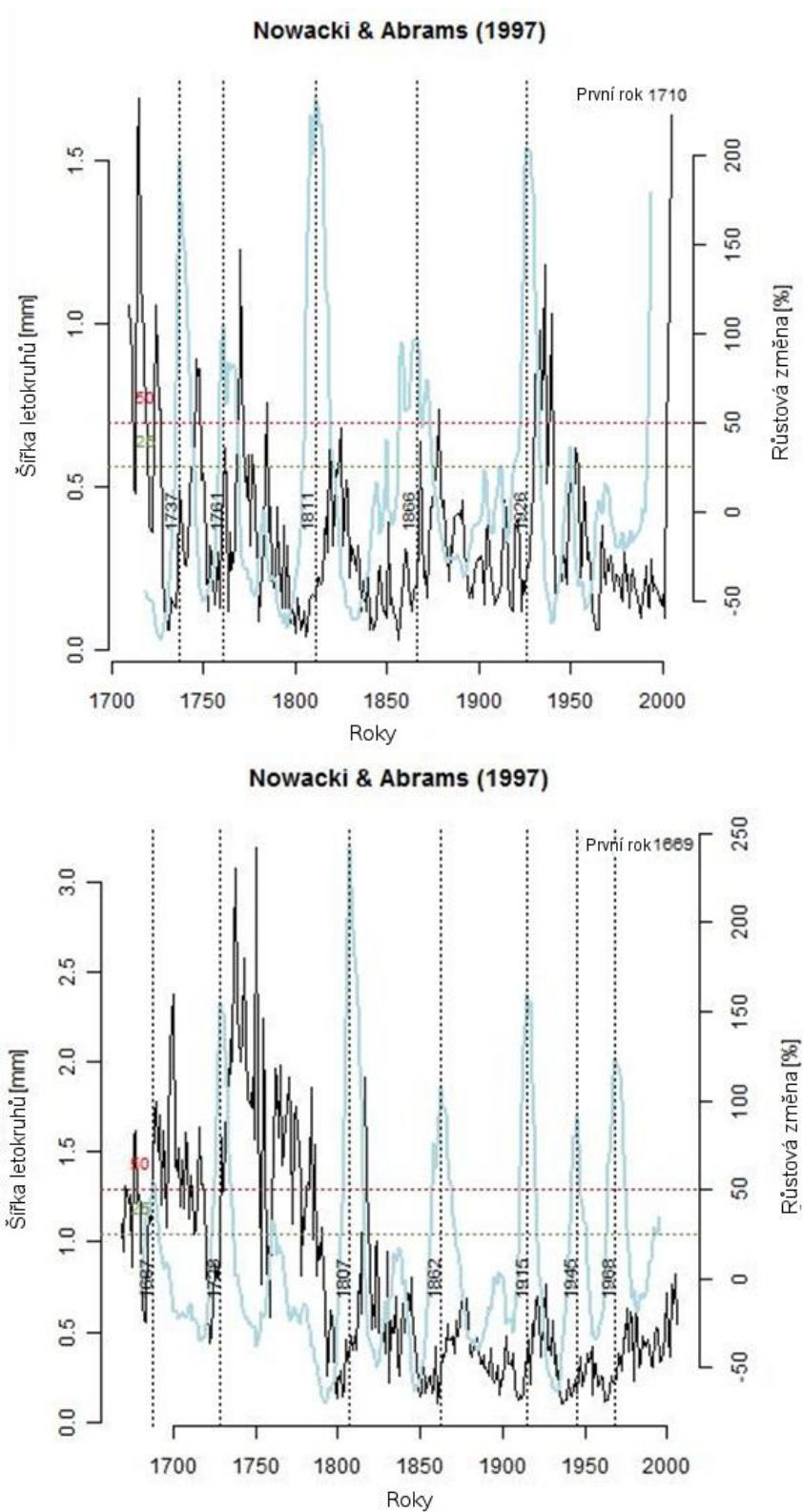
Obr. 5: Lesy v horních partiích NP Seoraksan s hlavní dominantou - dub (*Quercus mongolica*) a jedle (*Abies nephrolepis*).



Obr. 6: Les v horních partiích NP Seoraksan s koryty vzniklými monzunovými srážkami.

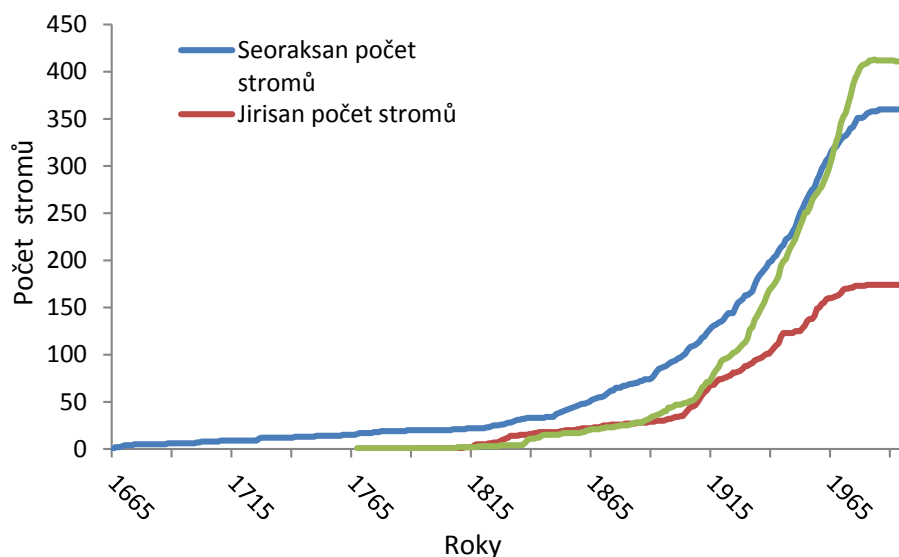


Obr. 7: Mapy lokalit s vyznačenými plochami, na kterých probíhala studie (www.google.cz/maps).

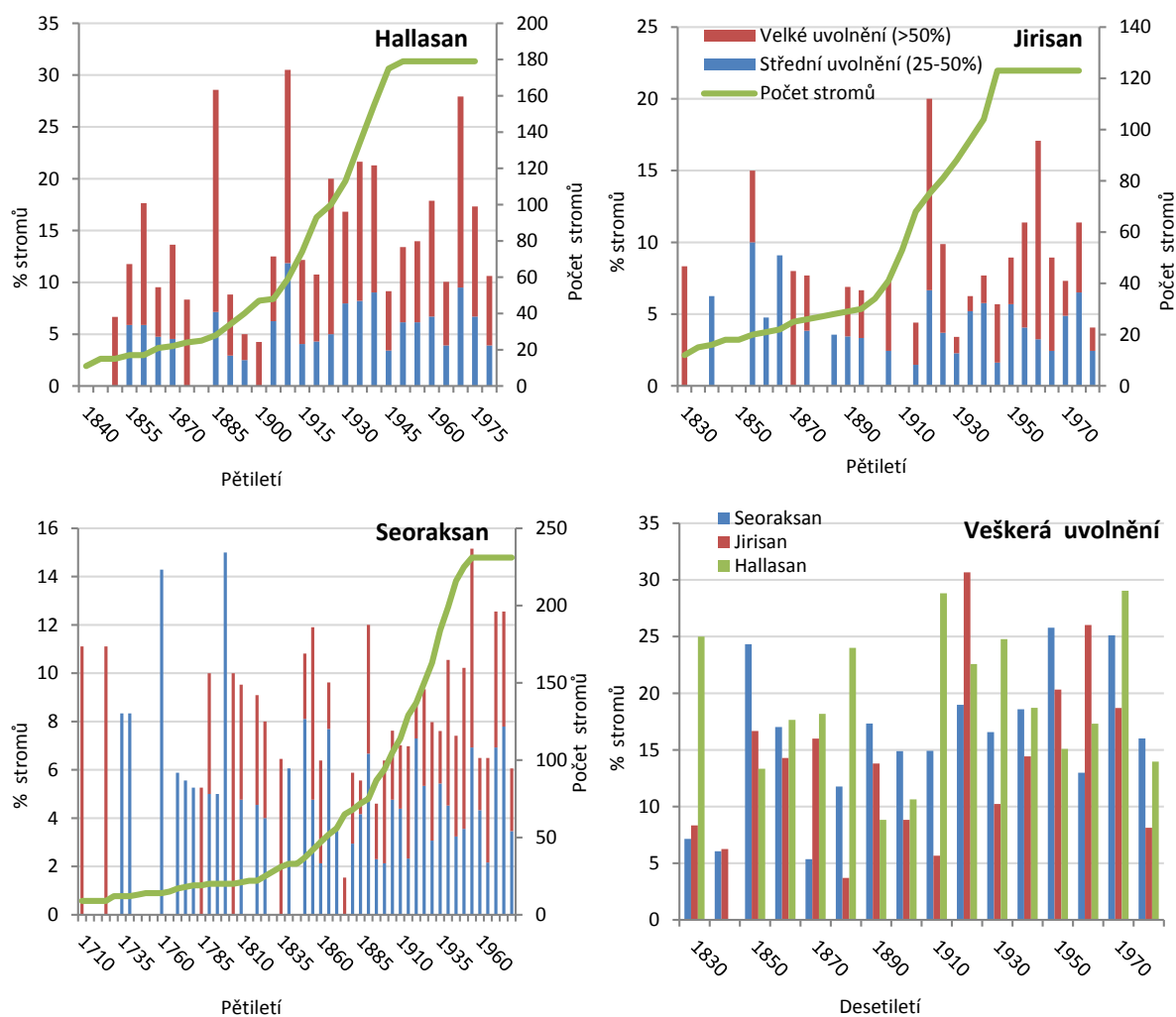


Obr. 8: Příklad výsledných grafů analýzy růstové změny pomocí metody „*Radial-growth averaging*“. Světlá křivka znázorňuje průběh funkce detekující uvolnění. Tmavá křivka znázorňuje růstovou křivku stromu. Podélná čárkované linie znázorňují prahovou hodnotu 25 a 50 % indikující střední, resp. velké uvolnění. Svislé linie znázorňují detekované uvolnění.





Obr. 10: Počet stromů v jednotlivých lokalitách v jednotlivých letech.



Obr. 11: Procento stromů detekujících uvolnění v jednotlivých lokalitách a na celém území Jižní Koreje s křivkou počtu stromů na lokalitách.

Tab 3: Trendy růstu jednotlivých druhů na Hallasanu se zastoupením alespoň 5 stromů. AbKo = *Abies koreana*, AcPs = *Acer pseudosieboldianum*, CaLa = *Carpinus laxiflora*, CaTs = *Carpinus tschonoskii*, CoKo = *Cornus kousa*, LiEr = *Lindera erythrocarpa*, PrMa = *Prunus maximowiczii*, QuMo = *Quercus mongolica*, TaCu = *Taxus cuspidata*.

Druh	Počet stromů	Trend (%)					
		Sestupný	Vyrovnaný	Unimodální	Bimodální	Gap release	Pík do 15 let
AbKo	93	57,0	15,1	22,6	1,1	41,9	15,1
AcPs	45	48,9	15,6	24,4	2,2	35,6	17,8
CaLa	12	25	8,3	41,7	8,3	16,7	16,7
CaTs	8	25	37,5	25	0	37,5	12,5
CoKo	11	63,6	0	18,2	9,1	54,5	27,3
LiEr	9	55,6	22,2	11,1	0	100	0
PrMa	9	33,3	22,2	33,3	11,1	44,4	22,2
QuMo	46	58,7	13,0	17,4	6,5	65,2	10,9
TaCu	42	21,4	21,4	38,1	4,8	26,2	26,2
Všechny druhy	296	47,0	16,9	24,0	4,1	42,6	17,2

Tab. 4: Trendy růstu jednotlivých druhů v Jirisanu se zastoupením alespoň 5 stromů. AbNe = *Abies nephrolepis*, AcPs = *Acer pseudosieboldianum*, FrSi = *Fraxinus sieboldianum*, PiKo = *Pinus koraiensis*, QuMo = *Quercus mongolica*, RhSc = *Rhododendron schlippenbachii*.

Druh	Počet stromů	Trend (%)					
		Sestupný	Vyrovnaný	Unimodální	Bimodální	Gap release	Pík do 15 let
AbNe	20	30	5	55,0	10	30	40
AcPs	29	31,0	3,4	51,7	10,3	37,9	20,7
FrSi	8	0	0	87,5	0	0	25
PIKo	8	37,5	0	62,5	0	50	50
QuMo	44	47,7	13,6	31,8	6,8	50	25
RhSc	9	100	0	0	0	33,3	11,1
Všechny druhy	151	34,4	7,3	47,7	6,0	33,1	27,8

Tab. 5: Trendy růstu jednotlivých druhů v Seoraksanu se zastoupením alespoň 5 stromů. AbHo = *Abies holophylla*, AbNe = *Abies nephrolepis*, AcMo = *Acer mono*, AcPs = *Acer pseudosieboldianum*, BeEr = *Betula ermanii*, FrSi = *Fraxinus sieboldianum*, PiKo = *Pinus koraiensis*, QuMo = *Quercus mongolica*, RhSc = *Rhododendron schlippenbachii*, StOb = *Styrax obasica*, TaCu = *Taxus cuspidata*, TiAm = *Tilia amurensis*, Ulmus laciniata = *Ulmus laciniata*.

Druh	Počet stromů	Trend (%)					
		Sestupný	Vyrovnaný	Unimodální	Bimodální	Gap release	Pík do 15 let
AbHo	33	15,2	0	69,7	9,1	21,2	15,2
AbNe	41	24,4	7,3	58,5	0	31,7	14,6
AcMo	8	0	0	62,5	25		50
AcPs	28	21,4	10,7	57,1	7,1	25,0	10,7
BeEr	9	33,3	0	55,6	11,1	55,6	11,1
FrSi	5	20	0	40	40	60	0
PIKo	16	12,5	6,3	50	31,3	12,5	37,5
QuMo	74	33,8	6,8	41,9	8,1	36,5	21,6
RhSc	5	0	0	60	20	20	20
StOb	7	14,3	0	42,9	42,9	28,6	14,3
TaCu	5	0	20	60	20	20	0
TiAm	23	13,0	8,7	73,9	4,3	26,1	39,1
Ulla	15	40	0	60	0	46,7	20
Všechny druhy	327	23,9	7,0	52,9	10,4	30,0	21,7



Obr. 19: Na prvních dvou fotkách jsou příklady typických uvolnění menšího rozsahu, třetí fotka ukazuje rozsáhlejší uvolnění na nejvýše položených plochách na Hallasanu.