

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Produkce a přírůst smrku ve vztahu ke klimatickým faktorům  
a cenotickému postavení na území B.F.P. Lesů a statků Tomáše  
Bati, spol. s r.o.**

Diplomová práce

Autor: Milan Jančálek

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Milan Jančálek

Lesní inženýrství

### Název práce

Produkce a přírůst smrku ve vztahu ke klimatickým faktorům a cenotickému postavení na území B.F.P. Lesů a statků Tomáše Bati, spol. s r.o.

### Název anglicky

Wood production and increment of Norway spruce in relation to climatic characteristics and social position at the B.F.P. Forests and farms of Tomáš Baťa.

### Cíle práce

Zjistit nové poznatky týkající se růstu a produkce mladých smrkových porostů v závislosti na klimatických podmínkách (teplota, srážky), cenotickém postavení stromu a způsobu jejich výchovy na majetku Tomáše Bati. Vytvořit tak základ pro tvorbu modelu výchovy pro tuto dřevinu na tomto území.

### Metodika

Rozbor problematiky výchovy smrku s důrazem na objemovou a kvalitativní produkci.

Obnovení trvalých výzkumných ploch (TVP) na území Lesů a statků Tomáše Bati diferencované podle stanoviště (převládající a nejvýznamnější SLT) a způsobu výchovy (druh a intenzita probírky).

Instalace dendrometrů na vybrané stromy na TVP.

Dendrometrická měření na TVP (d1,3, h, g, v).

Analýzy přírůstu jednotlivých stromů na základě opakované inventarizace růstových parametrů a na základě údajů z automatických dendrometrů.

Vyhodnocení růstu smrku v závislosti na klimatických faktorech, cenotickém postavení a míře uvolnění koruny.

Syntéza poznatků a návrh optimálního postupu výchovy smrku pro zájmové území.

**Doporučený rozsah práce**

Min. 50 stran textu.

**Klíčová slova**

výchova porostů, smrk ztepilý, přírůst, produkce dřeva, klimatické faktory, cenotické postavení

---

**Doporučené zdroje informací**

- CHROUST L., PÁŘEZ J., 1988: Lesnický průvodce – Modely výchovy lesních porostů. VÚLHM  
CHROUST L., 1997: Ekologie výchovy lesních porostů. VÚLHM VS, Opočno, 275 s.  
POLENO Z., 1984: Vztah přírůstu k velikosti koruny. Práce VÚLHM, 64: 117 – 165.  
REMEŠ J., BÍLEK L., NOVÁK J., VACEK Z., VACEK S., PUTALOVÁ T., KOUBEK L., 2015: Diameter increment of beech in relation to social position of trees, climate characteristics and thinning intensity. Journal of Forest Science, 61(10): 456-464.  
SLODIČÁK M., NOVÁK J., 2007: Výchova hlavních hospodářských dřevin. Lesnický průvodce 4/2007. Recenzovaná metodika, Strnady 2007, 46 s.  
SLODIČÁK M., 1987: Výchova mladých smrkových porostů ohrožených sněhem a její vliv na růst a statickou stabilitu stromů různých stromových tříd. Lesnictví, 33: 1091 – 1106.  
VYSKOT M. A KOL., 1962 : Probirky. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 301 s.  
WALLENTIN C., 2007: Thinning of Norway Spruce. [Doctoral Thesis.] Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 29: 116.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra pěstování lesů

---

Elektronicky schváleno dne 26. 4. 2016

prof. Ing. Vítězslav Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 22. 02. 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Produkce a přírůst smrku ve vztahu ke klimatickým faktorům a cenotickému postavení na území B.F.P. Lesů a statků Tomáše Bati, spol. s r.o. vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Remeše, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2017

.....

Podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji panu doc. Ing. Jiřímu Remešovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a za veškeré poskytnuté rady a připomínky týkající se jejího obsahu.

## **Abstrakt**

V dnešní době je smrk ztepilý nejvíce zastoupenou dřevinou v našich lesích. Kvůli měnícímu se klimatu však nutně dochází ke změně hospodaření v lesních porostech. Kvůli produkčním i ekonomickým důvodům je zde snaha o zachování určitého podílu smrku. Cílem této práce je posouzení výchovných opatření nejen na produkční potenciál smrku, ale i na stabilitu porostu. Na základě cenotického postavení jedinců v porostu a výchovném zásahu se testovaly jednotlivé plochy na majetku Tomáše Bati. Posuzovaný je také vliv klimatu na přírůst smrkových porostů.

**Klíčová slova:** stabilizace, přírůst, produkce dřeva, klimatické faktory, cenotické postavení, smrk ztepilý, *Picea abies* Karst., výchova porostů, pozitivní výběr, negativní výběr

## **Abstract**

Nowadays, the most common species of tree in our forests is the Norway spruce. Due to the changing climate, however, there has been an inevitable change of management in the stands. Due to both production and economic reasons, there has been the effort to maintain a certain proportion of spruce. The aim of this study is to assess the tending of stands not only in the production potential of spruce, but also in the stability of growth. Based on the social position of individuals in the stand and tending intervention, different areas were tested on the property of Tomas Bata. Also under consideration is the effect of climate on the growth of spruce stands.

**Keywords:** stabilization, increment, timber production, climatic factors, social position, Norway spruce, *Picea abies* Karst., tending of forest stands, positive selection, negative selection

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| Obsah .....  | 8  |
| Seznam obrázků .....   | 10 |
| Seznam tabulek .....   | 11 |
| Seznam grafů.....  | 12 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů .....                              | 13 |
| 1 Úvod .....   | 14 |
| 1.1 Historie majetku .....   | 14 |
| 1.2 Současné hospodaření na majetku.....                             | 15 |
| 2 Cíle .....   | 16 |
| 3 Rozbor problematiky .....  | 16 |
| 3.1 Smrk .....   | 16 |
| 3.2 Výchova lesních porostů .....                                    | 17 |
| 3.3 Stabilita porostu.....   | 18 |
| 3.4 Porostní hustota .....   | 20 |
| 3.5 Modely výchovy lesních porostů .....                             | 21 |
| 3.6 Metody pěstování smrku .....                                     | 24 |
| 3.7 Produkce a zásoba .....  | 27 |
| 3.8 Přírůst, přírůstové procento a přírůsty .....                    | 28 |
| 3.9 Automatické dendrometry s datalogery .....                       | 29 |
| 4 Metodika.....  | 30 |
| 4.1 Trvalé výzkumné plochy .....                                     | 30 |
| 4.1.1 Založení TVP .....   | 30 |
| 4.2 Měření dendrometry a datalogery .....                            | 33 |
| 4.2.1 Instalace dendrometrů a datalogerů na vybrané stromy na TVP .. | 33 |
| 4.2.2 Instalace dendrometru .....                                    | 34 |
| 4.2.3 Instalace dataloggeru.....                                     | 35 |
| 4.2.4 Čtení naměřených hodnot na výzkumných plochách.....            | 37 |
| 4.2.5 Stahování naměřených hodnot .....                              | 39 |
| 4.2.6 Zpracování dat.....  | 40 |
| 4.3 Měření dendrometrických veličin .....                            | 40 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.3.1 | Dendrometrická měření na TVP .....                                       | 40 |
| 4.3.2 | Zpracování dat z měření .....  | 41 |
| 4.3.3 | Vyhodnocení dat v programu Statistika .....                              | 42 |
| 4.3.4 | Výpočet štíhlostního koeficientu .....                                   | 42 |
| 4.4   | Analýza vývrtů .....   | 42 |
| 4.4.1 | Vyhodnocení dat na základě radiálních přírůstů a odebraných vývrtů<br>42 |    |
| 5     | Výsledky .....   | 46 |
| 5.1   | Vyhodnocení vývrtů .....   | 46 |
| 5.2   | Dendrometrická měření .....  | 50 |
| 5.2.1 | Probírkové porosty .....   | 50 |
| 5.2.2 | Prořezávkové porosty .....   | 59 |
| 5.3   | Dataloggery a dendrometry .....  | 66 |
| 5.4   | Syntéza poznatků a návrh postupu výchovy .....                           | 72 |
| 6     | Diskuse .....  | 74 |
| 7     | Závěr .....  | 76 |
| 8     | Seznam použitých zdrojů .....  | 77 |
| 9     | Seznam příloh .....  | 81 |
| 10    | Přílohy .....  | 81 |
|       | Příloha 1 .....  | 81 |
|       | Příloha 2 .....  | 83 |
|       | Příloha 3 .....  | 83 |
|       | Příloha 4 .....  | 84 |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1. Model výchovy smrkových porostů - vývoj počtu stromů na 1 ha v závislosti na věku a stanovišti (stanovištní řadě a lesním vegetačním stupni) (Poleno et al. 2009) .....                                  | 22 |
| Obr. 2. Model výchovy smrkových porostů - vývoj počtu stromů na 1 ha v závislosti na horní výšce porostu a stanovišti (Poleno et al. 2009).....  | 22 |
| Obr. 3. Růst a změna zásob (Marušák a Kašpar 2016) .....   | 28 |
| Obr. 4. Uchycení konce ocelového pásku, obtočení kmene a správné umístění na datalogger (Kučera 2015).....   | 36 |
| Obr. 5. Konečné uchycení ocelového pásku po natažení stupnice dataloggeru (Kučera 2015).....   | 36 |
| Obr. 6. Správná instalace dataloggeru (Kučera 2015) .....  | 37 |
| Obr. 7. Příklad nainstalovaného dendrometru. Dostupné z: <a href="http://soubory.debruar.cz/2017/01/17/gallery/1556796452232949.jpg">http://soubory.debruar.cz/2017/01/17/gallery/1556796452232949.jpg</a> ..... | 38 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1. Roční výtěžné dříví na majetku Lesy a statky Tomáše Bati (Lesy a statky Tomáše Bati 2017).....  | 16 |
| Tabulka 2. Modely výchovy pro smrkové porosty (Pařez a Chroust 1988) .....   | 23 |
| Tabulka 3. Modely výchovy pro smrkové porosty - pokračování(Pařez a Chroust 1988) .....  | 24 |
| Tabulka 4. Přehled běžných a průměrných přírůstů na hlavním porostu (Marušák a Kašpar 2016) .....  | 29 |
| Tabulka 5. Podrobný popis smrkových TVP, včetně intenzity výchovného zásahu (Remeš 2016) .....   | 33 |
| Tabulka 6. Souhrnná charakteristika série Hřebínek .....   | 54 |
| Tabulka 7. Souhrnná charakteristika série U srubu .....  | 55 |
| Tabulka 8. Souhrnná charakteristika série Samovýroba .....   | 56 |
| Tabulka 9. Štíhlostní kvocient u probírkových porostů .....  | 59 |
| Tabulka 10. Souhrnná charakteristika série Dančí.....  | 62 |
| Tabulka 11. Souhrnná charakteristika série Srncí.....  | 62 |
| Tabulka 12. Souhrnná charakteristika série U vysílače .....  | 63 |
| Tabulka 13. Štíhlostní kvocient u prořezávkových porostů.....  | 65 |
| Tabulka 14. Výsledky z mechanických dendrometrů z ploch ze série Samovýroba se základními charakteristikami růstu v roce 2015 (Remeš 2014) ..... | 66 |
| Tabulka 15. Základní údaje ke grafům z dataloggerů.....  | 67 |
| Tabulka 16. Modely smrkových porostů (Remeš 2016).....   | 73 |

## Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii Hřebínek.....   | 46 |
| Graf 2. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii U srubu.....    | 47 |
| Graf 3. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii Samovýroba..... | 47 |
| Graf 4. Průměrná stanovištní chronologie .....                                 | 48 |
| Graf 5 Klimatická analýza - teplota a nadúrovňové stromy .....                 | 48 |
| Graf 6 Klimatická analýza - teplota a úrovňové stromy .....                    | 49 |
| Graf 7 Klimatická analýza - srážky a nadúrovňové stromy.....                   | 49 |
| Graf 8 Klimatická analýza - srážky a úrovňové stromy.....                      | 50 |
| Graf 9. Hřebínek - tloušťkový přírůst za období 2012–2016.....                 | 51 |
| Graf 10. U srubu – tloušťkový přírůst za období 2012–2016.....                 | 52 |
| Graf 11. Samovýroba - tloušťkový přírůst za období 2012–2016.....              | 53 |
| Graf 12. U srubu - statistické porovnání ploch v sérii .....                   | 57 |
| Graf 13. Hřebínek - statistické porovnání ploch v sérii .....                  | 57 |
| Graf 14. Samovýroba - statistické porovnání ploch v sérii.....                 | 58 |
| Graf 15. Dančí - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016.....                 | 59 |
| Graf 16. Srnčí - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016.....                 | 60 |
| Graf 17. U vysílače - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016 .....           | 61 |
| Graf 18. Dančí - statistické porovnání ploch v sérii.....                      | 63 |
| Graf 19. Srnčí - statistické porovnání ploch v sérii.....                      | 64 |
| Graf 20. U vysílače - statistické porovnání ploch v sérii .....                | 65 |
| Graf 21. Strom č. 138 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....          | 67 |
| Graf 22. Strom č. 144 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....          | 68 |
| Graf 23. Strom č. 122 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....          | 68 |
| Graf 24. Strom č. 38 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 69 |
| Graf 25. Strom č. 56 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 69 |
| Graf 26. Strom č. 40 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 70 |
| Graf 27. Strom č. 53 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 70 |
| Graf 28. Strom č. 77 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 71 |
| Graf 29. Strom č. 89 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016.....           | 71 |

## Seznam použitých zkratk a symbolů

|       |  |
|-------|--|
| COP   | celková objemová produkce  |
| ČZU   | Česká zemědělská univerzita                                      |
| DECT  | Digital Enhanced Cordless Telecommunications                     |
| GSM   | globální systém pro mobilní komunikaci („Groupe Spécial Mobile“) |
| Gui   | grafické uživatelské rozhraní                                    |
| CHS   | cílový hospodářský soubor  |
| IrDA  | Infrared Data Association  |
| KL    | Kateřinice Lázy  |
| LVS   | lesní vegetační stupeň   |
| MZe   | Ministerstvo zemědělství   |
| PLO   | přírodní lesní oblast  |
| RS232 | sériový port   |
| TVP   | trvalé výzkumné plochy   |
| VÚLHM | Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti                 |

# 1 Úvod

Produkce a přírůst smrku v naší zemi jsou důležitou součástí dnešního hospodaření v lesích. Vzhledem ke změnám klimatu začíná docházet také ke změně přístupu k hospodaření v našich lesích. Zvláště naléhavou se stává otázka budoucí role smrku v lesním hospodářství České republiky. Vzhledem k vysoké produkční schopnosti a ekonomické výhodnosti existuje logicky i snaha o udržení určitého podílu smrku. A to i v oblastech, kde se očekávané klimatické změny negativně promítají do vitality a zdravotního stavu této dřeviny. Jedná se o aktuální téma, zejména na východě republiky. Smyslem této práce je tedy posoudit možnosti zachování produkčního potenciálu smrku pomocí vhodného způsobu výchovy. Zastoupení smrku v roce 2015 u nás bylo 50,6 % z celkové plochy porostní půdy. Oproti roku 2014 tedy došlo k úbytku o 0,1 % z celkové plochy porostní půdy. Úbytek plošného zastoupení smrku je více patrný při srovnání s rokem 2000, kdy celkový pokles činí 3,5 % z celkové plochy porostní půdy (MZe 2015).

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu, který probíhal v letech 2012–2016. Projekt byl podpořen Technologickou agenturou České republiky a jeho účastníky byla Česká zemědělská univerzita (dále ČZU), Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM) a Lesy a statky Tomáše Bati spol. s.r.o. Zodpovědným řešitelem projektu byl doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

## 1.1 Historie majetku

Lesy a statky Tomáše Bati spol. s.r.o. se skládají ze dvou samostatných částí. Těmi jsou Panství Loučka a Velkostatek Vsetín. Ty byly koupeny v 1. polovině 20. století rodinou Baťových.

První zmínky o Panství Loučka jsou ze 14. století. Během staletí se na majetku vystřídala řada majitelů. Později v roce 1918 majetek koupil Tomáš Baťa a v roce 1931 jej získala do vlastnictví Akciová společnost Baťa ve Zlíně. V roce 1932 se pak stala majitelkou paní Marie Baťová (vdova T. Bati).

Během let (zejména ve 20. století) se výměra Panství Loučka měnila. Bylo to způsobeno pozemkovými reformami a nacistickou okupací. V roce 1948 pak došlo k vyvlastnění majetku Státními lesy a statky. V tento rok činila výměra

lesních půdy 1306 ha. Nakonec se změnilo i jméno na Lázy-Loučka po připojení dalších oblastí.

Velkostatek Vsetín se skládá z revírů Jesenice a Bystřička, dále pak skladiště na Vsetíně je jeho součástí. Majetek byl zakoupen roku 1938 paní Marií Baťovou. V roce 1945 byla nad majetky zavedena národní správa, kdy byly majetky opět převzaty Státními lesy a statky.

Navrácení restitucí nastalo po revoluci v roce 1989. Do té doby majetky obhospodařovaly státní lesy, do velké míry Lesní závod Vsetín. Tento složitý proces navrácení majetků započal Tomáš J. Baťa v zastoupení advokáta JUDr. Martina Kölbla. Proces navrácení a přebírání majetku započal v roce 1992 a v roce 2002 byl ukončen (Lesy a statky Tomáše Bati 2017).

## **1.2 Současné hospodaření na majetku**

Společnost B.F.P. spol. s.r.o. založil pan Tomáš J. Baťa v roce 1992 pro správu a hospodaření v navráceném majetku. Po dvou letech společnost byla přejmenována na B.F.P., Lesy a statky Tomáše Bati, spol. s.r.o. V současné době je vlastníkem této společnosti Sonja Ingrid Baťa. Jednatel společnosti pak je Ing. Karel Hnilica.

Na majetku se provádí kompletní péče, která zahrnuje těžbu, obnovu, ochranu lesa a pěstební činnosti.

Pěstební činnost stojí ročně 4 mil. Kč. Ta zahrnuje přibližně 35 ha zalesňování, prořezávek 70 ha, 155 ha ochrany proti zvěři a 150 ha ochrany kultur.

Těžební činnost je prováděna klasickými způsoby, ale také pomocí moderních technologií, jako jsou harvestory. Ty se nasazují zejména v probírkových porostech. Vzhledem k charakteristice prostředí se používají v náročných terénech také koně a lanovky pro soustředování. Odvoz dříví je řešen přes služby soukromých autodopravců. Průměrně se ročně na majetku vytěží a soustředí asi 28 tis. m<sup>3</sup>. Tabulka 1 detailněji popisuje těžbu dříví na majetku. K majetku také patří manipulační a expediční sklad, který se nachází ve Vsetíně (Lesy a statky Tomáše Bati 2017).

Tabulka 1. Roční vytěžené dříví na majetku Lesy a statky Tomáše Bati (Lesy a statky Tomáše Bati 2017)

| Těžba                        | Jehličnatá     | Listnatá       | Celkem         |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                              | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> |
| Předmýtní úmyslná do 40 let  | 800            | 100            | 900            |
| Předmýtní úmyslná nad 40 let | 2 000          | 500            | 2 500          |
| Nahodilá                     | 7 600          | 1 700          | 9 300          |
| Mýtní úmyslná                | 8 600          | 6 700          | 15 300         |
| Celkem :                     | 19 000         | 9 000          | 28 000         |

Majetek se nachází v přírodní lesní oblasti (PLO) 41, která se nazývá Hostýnsko – Vsetínská vrchovina a Javorníky. Lesnatost v PLO je 52,3 %. Katastrální výměra PLO je 133 958 ha (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem 2017).

Porosty, v kterých se založily trvalé výzkumné plochy (TVP), se nacházejí v cílovém hospodářském souboru (CHS) 45. Dále se nacházejí ve 4 lesním vegetačním stupni (LVS) (Remeš 2016).

## 2 Cíle

Zjistit nové poznatky týkající se růstu a produkce mladých smrkových porostů v závislosti na klimatických podmínkách (teplota, srážky), cenotickém postavení stromu a způsobu jejich výchovy na majetku Tomáše Bati. Vytvořit tak základ pro tvorbu modelu výchovy pro tuto dřevinu na tomto území.

Cílem práce bylo posoudit schopnost reakce mladých smrkových porostů na alternativní způsob výchovy.

Obecným cílem pak bylo ověřit možnosti porostu, pomocí opatření výchovy, vzhledem k vitalitě a růstu smrku.

## 3 Rozbor problematiky

### 3.1 Smrk

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) se řadí mezi světlomilné dřeviny. V mládí snáší zástin. Limitujícím jsou pro něj vlaha a teploty. Často bývá poškozován větrem a sněhem. Dalším problémem smrku je časté loupání zvěří. Také se jedná o dřevinu choulostivou vůči imisím (Úradníček et al. 2001).



Ve střední Evropě je smrk dřevinou, která by se měla vyskytovat převážně v horách. Běžně tady vytváří horní hranici lesa (Poleno et al. 2009). Nyní se však nachází ve 2 až 8 LVS. V budoucnu je možno předpokládat úbytek v pahorkatinných oblastech (Slodičák a Novák 2007). Ze současného zastoupení v lesích 50,6 % (MZe 2015) však zřejmě nelze očekávat pokles pod 40 % (Slodičák a Novák 2007). Jeho výskyt je také často spojován se smrkovými monokulturami. V České republice má smrk optimální produkci v nadmořských výškách 550 až 1000 m. n. m.

Pro přirozený výskyt smrku je chladné kontinentální klima důležitější než nadmořská výška. Pojí se to k dostatečnému vodnímu přísunu. Smrk potřebuje vysoký srážkový úhrn a podzemní vodu, která je dosažitelná kořeny a pohybuje se namísto stagnace. Stagnující voda může představovat riziko vzhledem ke stabilitě, převážně kvůli větru.

Ohledně živin v půdě je smrk nenáročný. Nicméně v extrémních podmínkách, jako je vysoká chudoba živin, vykazuje zjevný nižší přírůst. Naopak v úrodných půdách často trpí hnilobami, které způsobují kořenovnik vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*) či václavka smrková (*Armillaria ostoyae*).

Smrk nacházející se v nižších horských polohách tvoří směsi například s bukem či jedlí, případně dohromady. Zde je vysoké riziko poškození zvěří. Smrkové monokultury přirozeně vznikají jen v nejvyšších horských polohách (Poleno et al. 2009).

Jako optimální přirozený výskyt smrku, jedle a buku je považován 6 LVS. Tento LVS je považován v Beskydech a na Šumavě za vysoce produktivní (Vacek et al. 2003). Je velmi vhodné použít původní ekotypy, které kladně působí na stabilitu a produkční potenciál. Proto se doporučuje provádět přirozenou obnovu (Poleno et al. 2009).

### **3.2 Výchova lesních porostů**

Jedním z nejdůležitějších pěstebních opatření je výchova lesních porostů. Jejím cílem je, aby porost naplnil funkce lesa, které požaduje společnost a také majitel. Výchova ovlivňuje jak produkční, tak mimoprodukční funkce lesa. (Remeš 2016).

Výchovou lesních porostů se rozumí všechna opatření, která se v porostu

provádějí záměrně, opakovaně a systematicky. Těmito opatřeními se ovlivňují růstové procesy jednotlivých stromů i celých skupin či porostů. Důležitou součástí výchovy je mít stanoveny provozní cíle a bezpečným a hospodárným způsobem jich dosahovat. V podstatě výchovou porostů se rozumí jejich redukce nadzemní části stromů. Tímto způsobem se upravují cenotické podmínky jedinců samostatně i navzájem jedinců mezi sebou (Saniga 2007).

V porostech přirozeně probíhá autoredukce a diferenciaci, jež mají velký vliv na celkovou výchovu porostů. Při autoredukci dochází k odumírání jedinců během kompetice v rámci druhu či mezi druhy vzájemně. Odvisí to od bohatosti stanoviště a hustoty porostu na počátku. Na bohatých stanovištích probíhá diferenciaci rychleji než na chudších. V případě smrkových porostů můžeme využít autoredukci při výchově v případě, když probíhá dostatečně rychle. Jedná se především o stíněné nárosty či diferencované porosty. Nicméně není vždy možné čekat na autoredukci a je potřeba provést výchovný zásah v porostu.

Pro správnou výchovu je nezbytná optimalizace jak druhu, tak formy a intenzity výběru. Výchova především v raném mládí porostu tvoří základ pro budoucí stabilitu porostu a tím i zajištění produkce. Je nutno brát také v úvahu fakt, že porost a jednotliví jedinci s rostoucím věkem mají čím dál menší schopnost reagovat na jednotlivá pěstební opatření. Mladé porosty v porovnání se staršími porosty většinou mají na zásahy mnohem výraznější reakci. Včasná výchova je ze zkušenosti také levnější, účinnější a méně pracná než ta v pozdějším věku (Poleno et al. 2009).

Výchova se člení podle rozdílných nároků dřevin a jejich dynamiky ve stádiích vývoje. Dále se dělí podle LVS, imisního zastoupení, CHS a ohrožení porostu, především větrem a sněhem (Slodičák a Novák 2007).

### **3.3 Stabilita porostu**

Stabilita porostu je vybudována na stabilitě jednotlivých stromů. Proto je důležité již v mládí pěstovat především smrk ve volném zápoji. Dobrá individuální stabilita jednotlivců je ještě zesílena zapojením porostu v pozdějším věku (Slodičák a Novák 2007).

Výchovnými zásahy je snaha stabilitu zvýšit, a ne narušit. Toto posílení stability

porostu však nepřichází bezprostředně po zásahu, nicméně se dočasně stabilita snižuje (může to být i na několik let). To je způsobeno snížením vzájemné (kolektivní) stability porostů, kdy dlouho budovaná stabilita v porostu je několika odebranými jedinci porušena. Další riziko tkví v narušení aerodynamičnosti horní povrchové vrstvy porostu. Riziko bořivých větrů se umocňuje s výškou daného porostu. Zvláště u smrku je stabilita porostu velmi důležitá (Poleno et al. 2009). Je to mimo jiné kvůli labilitě smrkových porostů vzhledem ke kořenovému systému.

Obecně se pak stabilita porostů stává jedním z rozhodujících kritérií pro výchovu porostů. A proto je nutný výběr vhodné výchovné metody. Z dlouhodobých výzkumů vyplývá, že se ve smrkových porostech nejlépe osvědčuje metoda cílových stromů (Konôpka 1992). Tyto cílové stromy se následně stávají krostou porostu, jež je nezbytná pro celkovou stabilitu. Vyznačují se pak nejlepšími růstovými parametry, jako je třeba poměr výšky a výčetní tloušťky (štíhlostní kvocient), a dále velikostí a délkou koruny. Další výzkumy ukazují, že včasné a silné výchovné zásahy jsou nezbytné (Jurča a Chroust 1973, Slodičák 1987). Důvodem je možnost stále příznivě ovlivnit stabilitu.

Stabilita porostu je o to nižší po výchovném zásahu (probírce), čím byla vyšší hustota porostu před zásahem. Ohledně smrku, který má štíhlostní koeficient vyšší než 80 a který také často trpí abiotickými škodami, se konečná stabilita již omezuje pouze na vzájemnou podporu stromů v porostu. Narušením hustoty jsou odebráni jedinci, kteří by jinak pomáhali stabilitu udržet v určitých mezích. A tak jakýkoliv zásah je podstatným narušením stability, kdy dojde k narušení vzájemné podpory stromů. Ve velmi hustých porostech, u kterých je také riziko bořivých větrů, se upouští od těchto zásahů. Naopak pokud je štíhlostní kvocient příznivý, tak se riziko narušení stability sousedských vztahů snižuje a stromy jsou méně závislé na podpoře ostatních stromů. Čím později je však výchovný zásah proveden, tím se více narušuje stabilita (Poleno et al. 2009).

### 3.4 Porostní hustota

Porostní hustotou se rozumí stupeň vyplnění určitého růstového prostoru. Tento prostor je omezen zejména plochou. Počet stromů na porostní ploše významně ovlivňuje porostní hustotu. Často se vyjadřuje jako počet stromů na hektar (ks/ha). Dále je nutné v souvislosti s počtem stromů také uvést rozměry stromů, případně věk (menší stromy o stejném počtu jako větší stromy vytvářejí jinou hustotu).

Další významnou veličinou vyjadřující hustotu stromů je výčetní základna porostů. Zjišťuje se sečtením průřezových kruhových ploch všech stromů ve výčetní výšce, tedy ve výšce 1,3 m. Následně se zjištěný údaj přepočítá na jednotku plochy (například  $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Vyjadřuje hustotu porostu lépe než uvedený počet stromů. Opět zde přetrvává problém, že ač výsledek může být stejný, tak se může jednat o velké množství menších, případně tenčích stromů nebo méně větších stromů.

Historie zjišťování závislosti hustoty porostů na jejich celkové objemové produkci (COP) sahá již do 19. století. Cílem bylo nalezení optimální hustoty porostu s cílem dosažení maximálního přírůstu. Následně ve 20. století se zřejmě metodickými nedostatky a nedostatečností diferencování výsledků pokusů dospělo k závěru, že nejsou jednoznačné závislosti mezi hustotou porostů a COP. Hustotou porostů se zde míní stupeň probírek. Dále bylo řečeno, že se nedá prohlásit určitá hustota za optimální. V takovéto podobě se toto pojetí označilo jako pruský hmotový zákon. Tento zákon převládal v lesnictví až do nedávna, a to i u nás. Později bylo prokázáno, že hustota porostu úzce souvisí s jeho přírůstavostí (Assmann 1961). Výsledná myšlenka tedy je, že pro využití celé disponibilní plochy je potřeba mít určitý počet stromů a zároveň přílišná hustota porostů snižuje přírůst jednotlivých stromů. Postupně se toto snížení projevilo až takovým způsobem, že ani vyšší počet stromů není schopen to kompenzovat (Poleno et al. 2009).

Pro praktické hospodaření v lesích je pro lesního hospodáře dobré mít k dispozici určité modelové údaje, které může použít jako pomůcku pro provedení redukce počtu stromů. Dříve se používaly růstové tabulky, které jsou diferenciovány v závislosti na hlavní hospodářské dřevině, bonitě a mimo jiné také počtu stromů hlavního a podružného porostu. Je z nich možno odečíst počet stromů

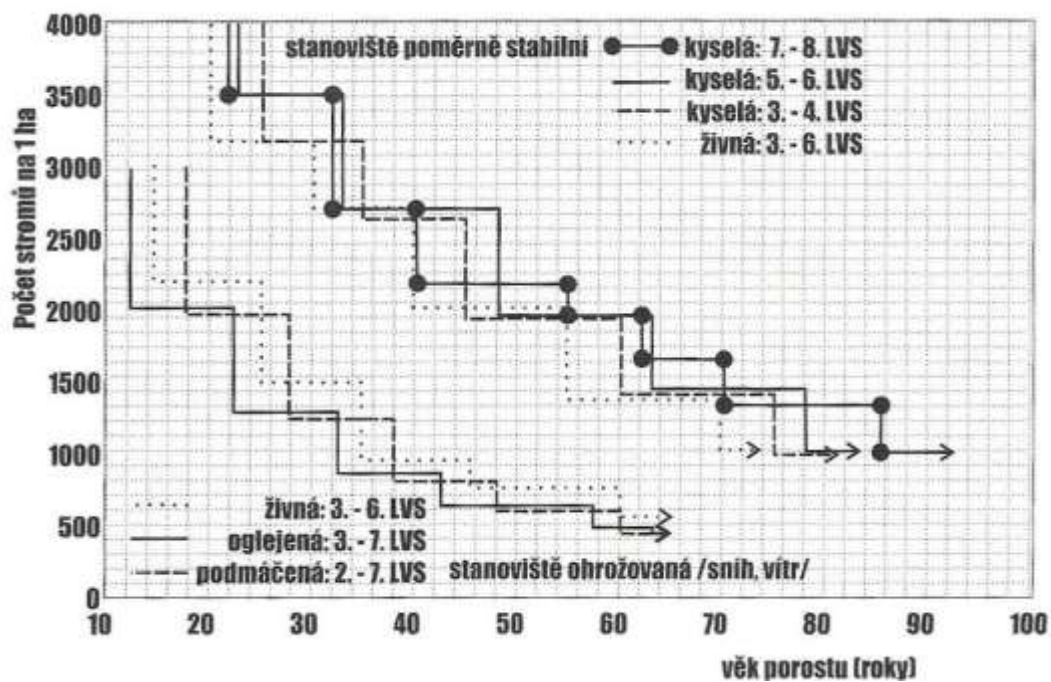
pro probírky v pětiletých intervalech. Také uvádějí v lomení čar objem probírek. Dále jsou zde výčetní tloušťky a střední výšky v porostu.

Tyto růstové tabulky však nebyly dokonalým modelem pro provádění výchovných zásahů, a tak se vytvořily různé modely výchovy lesních porostů. Ty se mohou diferencovat dle závislosti na rozestupu stromů či nikoliv. Další dělení může být podle toho, zda se bere v potaz nějaký vliv na porost (jedná se o modely stochastické) či se nezahrnuje (jedná se pak o model deterministický).

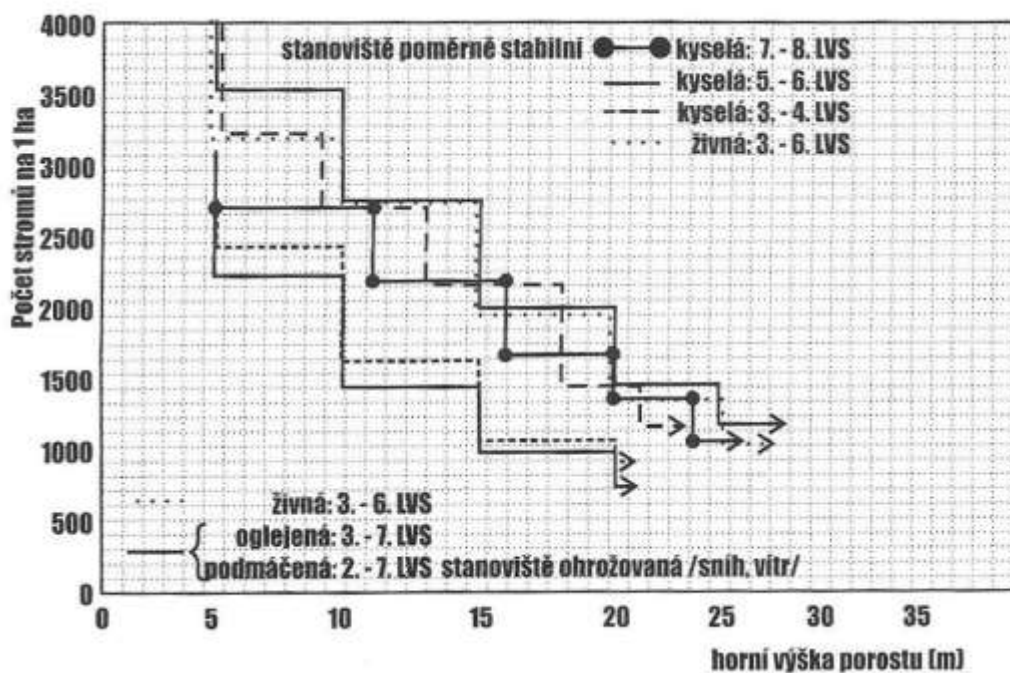
### **3.5 Modely výchovy lesních porostů**

Pro provádění ucelené výchovy lesních porostů jsou nezbytným nástrojem modely výchovy, které se dají realizovat v porostech. Tyto modely jsou vypracovány pro naše hlavní hospodářské dřeviny, a to především pro porosty, jež vznikly výsadbou. Hlavní funkcí těchto modelů je regulovat porostní hustotu v závislosti na parametrech v porostech.

Modelem výchovy se tedy rozumí soustava instrukcí, které vedou výchovu od počátečního výchovného zásahu až po poslední zásah (viz Obr. 1 a Obr. 2). Je to pomůckou pro vlastní provádění výchovy a ukazuje to například celkový počet výchovných zásahů, kdy se s výchovou bude začínat v porostu, s jakou intenzitou se výchova bude provádět a také jak dlouho to bude trvat, než se půjde do porostu znovu kvůli dalšímu zásahu. Modely se různí podle edafické kategorie, ohroženosti porostů a tím, jaké jsou výchovné cíle (Slodičák a Novák 2007).



Obr. 1. Model výchovy smrkových porostů - vývoj počtu stromů na 1 ha v závislosti na věku a stanovišti (stanovištní řadě a lesním vegetačním stupni) (Poleno et al. 2009)



Obr. 2. Model výchovy smrkových porostů - vývoj počtu stromů na 1 ha v závislosti na horní výšce porostu a stanovišti (Poleno et al. 2009)

Dva základní modely výchovy lesních porostů byly vypracovány pro Českou republiku. Jedním je model autorů Pařez a Chroust (1988) a autorem dalšího modelu je Plíva (1991).

V případě modelu VÚLHM je uspořádání podle dřevin a stanovištních podmínek. Každý model se dělí podle LVS, dále jsou rozděleny podle toho, zda se jedná o porosty stabilní či ohrožené (ať už větrem či sněhem) (viz Obr. 1 a Obr. 2).

Dalšími zmíněnými modely jsou ty autorů Pařez a Chroust (1988), které se diferencují podle CHS a dále podle toho, o jaký porost se jedná. A tak se dělí na smrkové porosty, jež se dále rozdělují podle stability (viz Tabulka 2 a Tabulka 3). Další dělení je na bukové porosty, dubové porosty a borové porosty.

**Tabulka 2. Modely výchovy pro smrkové porosty (Pařez a Chroust 1988)**

| Stanoviště   | CHS EK                 | Rozloha porostní plochy v tis. ha      | Průměrný bonitní stupeň | Stupeň ohrožení smrkových porostů | Rozhodující faktory pro pěstování  | Hlavní cíl produkce  |
|--|------------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|--|--|
| <b>Stanoviště poměrně stabilní</b>                           |                        |  |                         |                                   |  |  |
| <b>Kyselá</b>  | Vysoké horské polohy   | CHS 73 7.-8. M, K, N                   | 68 (5%)                 | 6 — 8                             | Stabilní porosty (v nejvíce exponovaných polohách — vítr, popř. námraza).  | Produkce dřeva<br>Tenčí pilařské výřez.  |
|  | Vyšší a střední polohy | CHS 43, 53 3.-6. K, M, I, N            | 444 (33%)               | 5 — 8                             | Poměrně stabilní porosty (v mladším věku sníh).                            | Produkce kvalitního dřeva<br>Pilařské výřezy s nižším podílem cenných sortimentů                     |
|  | Nížší polohy           | CHS 13, 23 1.-2. I, K, (N)             | 61 (5%)                 | 6 — 8                             | Stabilní porosty ohrožované hlavně suchem (částečně pilatky, mšice).       | Produkce dřeva<br>Tenké pilařské výřez.  |
| <b>Živná</b>   | Nížší polohy           | CHS 25 1.-2. C, S, B, H                | 26 (2%)                 | 4 — 6                             | Ohrožení suchem a teplem (pilatky, mšice), značně buřen.                   | Produkce dřeva<br>Pilařské výřezy.   |
| <b>Stanoviště ohrožovaná abiotickými škodlivými činiteli</b> |                        |  |                         |                                   |  |  |
| <b>Živná</b>   | Vyšší a střední polohy | CHS 45, 55 3.-6. S, B, H (A, F)        | 371 (28%)               | 2 — 4                             | Značné ohrožení sněhem, větrem, dále červená hniloba a silně buřen.        | Bezpečnost produkce<br>Kvalitní pilařské výřezy, vysoký podíl cenných sortimentů (včetně rezonance). |
| <b>Ogletěná</b>  | Vyšší a střední polohy | CHS 57 (část) 3.-7.(8.) O, V           | 134 (10%)               | 1 — 4                             | Značné ohrožení sněhem a silně větrem, značně červenou hnilobou a buření.  | Bezpečnost produkce<br>Kvalitní pilařské výřezy, vysoký podíl cenných sortimentů.                    |
| <b>Podmáčená</b>   | Vyšší a střední polohy | CHS 39, 59, 79 2.-7.(8.) T, G, R, P, Q | 147 (11%)               | 3 — 5 (P, Q: 5 — 7)               | Velmi silně ohrožené větrem, značně sněhem a buření, časté mrazové polohy. | Bezpečnost produkce<br>Kvalitní pilařské výřezy s určitým podílem cenných sortimentů.                |

Tabulka 3. Modely výchovy pro smrkové porosty – pokračování (Pařez a Chroust 1988)

| Stanoviště                  | Model výchovy porostů  |                      |                 |                                     |                                   | Terénní podmínky, únosnost půd, mechanizace |  |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
|                             | Pořadí zásahů          | Stáří porostu (roky) | Horní výška (m) | Počet stromů (ks/ha; hlavní porost) | Délka pěstebního intervalu (roky) |   |  |
| Stanoviště poměrně stabilní |                        |                      |                 |                                     |                                   |   |  |
| Kyselá                      | Vysoké horské polohy   | 1.                   | 25              | 5                                   | 2500 - 2900                       | 15  | Silně svažitě terény nepřístupné pro těžší mechanizaci. Vhodné využití lanovek.  |
|                             |                        | 2.                   | 40              | 11                                  | 2100 - 2300                       | 15  |  |
|                             |                        | 3.                   | 55              | 16                                  | 1600 - 1800                       | 15  |  |
|                             |                        | 4.                   | 70              | 20                                  | 1400                              | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 85              | 23                                  | 1100                              | 15  |  |
|                             | Vyšší a střední polohy | 1.                   | 15-20           | 5                                   | 3000 - 3500                       | 10  | Zpravidla jen únosné půdy s velkým rozsahem sjízdných terénů většinou bez překážek. Stanoviště vhodná pro použití těžší mechanizace. |
|                             |                        | 2.                   | 25-30           | 10                                  | 2500 - 2800                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 40-45           | 15                                  | 1900 - 2100                       | 15  |  |
|                             |                        | 4.                   | 55-60           | 20                                  | 1500                              | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 70-75           | 24                                  | 1200                              | 15  |  |
|                             | Nižší polohy           | 1.                   | 20-25           | 5                                   | 3000 - 3400                       | 10  | Zcela únosné půdy vhodné pro použití těžší mechanizace.  |
|                             |                        | 2.                   | 30-35           | 9                                   | 2500 - 2700                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 40-45           | 13                                  | 1900 - 2100                       | 15  |  |
|                             |                        | 4.                   | 55-60           | 18                                  | 1500                              | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 70-75           | 21                                  | 1200                              | 15  |  |
| Živná                       | Nižší polohy           | 1.                   | 20              | 5                                   | 3000 - 3400                       | 10  | Převážně dopravně příznivé terény, únosná půda bez terénních překážek. Vhodné pro nasazení těžší mechanizace.                        |
|                             |                        | 2.                   | 30              | 10                                  | 2500 - 2700                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 40              | 15                                  | 1900 - 2100                       | 15  |  |
|                             |                        | 4.                   | 55              | 20                                  | 1400                              | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 70              | 24                                  | 1100                              | 15  |  |
|                             | Vyšší a střední polohy | 1.                   | 15              | 5                                   | 2100 - 2300                       | 10  | Terény převážně příznivé, půdy únosné, bez terénních překážek. Vhodné pro nasazení těžších mechanismů.                               |
|                             |                        | 2.                   | 25              | 10                                  | 1400 - 1600                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 35              | 15                                  | 1000                              | 10  |  |
|                             |                        | 4.                   | 45              | 20                                  | 850                               | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 60              | 25                                  | 650                               | 15  |  |
| Ogledená                    | Vyšší a střední polohy | 1.                   | 10-15           | 5                                   | 1900 - 2100                       | 10  | Dopravně příznivé terény. Těžší mechanismy je možné použít jen v období sucha nebo při zámru. Jinak jen lehčí mechanismy.            |
|                             |                        | 2.                   | 20-25           | 10                                  | 1200 - 1400                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 30-35           | 15                                  | 900                               | 10  |  |
|                             |                        | 4.                   | 40-45           | 20                                  | 700                               | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 55-60           | 25                                  | 550                               | 15  |  |
| Podmáčená                   | Vyšší a střední polohy | 1.                   | 15-20           | 5                                   | 1900 - 2100                       | 10  | Neúnosné půdy s terénními překážkami (odvodňovací příkopy). Částečné využití mechanizace jen v zimním období, jinak hlavně lanovky.  |
|                             |                        | 2.                   | 25-30           | 10                                  | 1200 - 1400                       | 10  |  |
|                             |                        | 3.                   | 35-40           | 15                                  | 900                               | 10  |  |
|                             |                        | 4.                   | 45-50           | 20                                  | 700                               | 15  |  |
|                             |                        | 5.                   | 60-65           | 25                                  | 550                               | 15  |  |

### 3.6 Metody pěstování smrku

Smrkové porosty se nacházejí dnes téměř na jakémkoliv místě, a to nezávisle na stanovištních podmínkách. Oblasti 5 až 8 LVS jsou přirozeně s vyšším zastoupením smrku (Slodičák a Novák 2007). Podstatné množství se jich také nachází v oblastech pod vlivem imisí. Všechna tato rozrůzněnost lokalit



vyžaduje rozdílné způsoby hospodaření, a to včetně antropogenních vlivů (Poleno et al. 2009).

Jednou z velmi důležitých vlastností smrku je, že má dobrou růstovou reakci na uvolnění. Tato schopnost se nejvíce projevuje v mládí, nicméně reakce je dobrá v průběhu téměř celého obmýetí. Stále si zachovává přímý vzrůst i souměrnou korunu v uvolněném zápoji. Při umělé obnově se smrk snaží růst velmi rychle obzvláště v mládí, kdy kulminace růstu nastává brzy. Tloušťkový přírůst kulminuje ve 20–30 letech a výškový přírůst v 10–15 letech. Mládí je tak klíčovým obdobím ve vývoji jedinců, kdy si musí vytvořit dostatečně mohutný kořenový systém a stabilní kmen. Proto potřebuje v mládí dostatek prostoru, aby vytvořil vyvinutou korunu s dostatečnou hmotou asimilačních orgánů (Slodičák a Novák 2007).

Silná přírůstová reakce tedy trvá do 30–40 let a poté odeznívá. V tomto následujícím období je naopak nutné dbát na zkrácení korun v důsledku překročení kritické výšky 15–20 metrů. Od této výšky se začínají objevovat škody větrem. Větší koruna zvětšuje záchytnou plochu pro vítr. Tím způsobuje potenciálně větší riziko těchto škod. Vítr nejvíce škodí na stanovištích vodou ovlivněných. Proti tomu v oblastech imisního poškození se dobře vyvinutá koruna považuje za základ funkčnosti porostu dlouhodobě (Poleno et al. 2009).

Cíle při výchově smrkových porostů jsou zvýšení kvality produkce a zajištění bezpečnosti produkce. Tedy zvyšování odolnosti proti abiotickým činitelům, jako je vítr a sníh. Dalším cílem je vytvoření vhodného mikroklimatu pro dekompozici opadu. Také snížení intercepce je důležité pro zajištění dostatečné vláhly, která může pronikat do porostu. Výchovou se ovlivňuje jak porostní struktura, tak druhová skladba. V oblastech s problémem imisí je potřeba se ještě více zaměřit na prodloužení životnosti porostů a poskytnutí pomoci stabilním a vitálním jedincům hlavního porostu. A také snížení kyselých depozic pod korunami stromů (Slodičák a Novák 2007).

V oblastech s rizikem poškození větrem a imisemi je potřeba snížit intenzitu výchovy, případně ji zastavit v druhé polovině doby obmýetí. To způsobí dosažení hustšího zápoje a přirozené zkrácení korun. Tento zápoj bude působit proti pronikání větru do porostu za účelem páchní škod, a také proti pronikání imisí do porostu. Včasná a intenzivní výchova v mládí podpoří příznivější kmeny stromů

a parametry kořenového systému. Experimentálně bylo potvrzeno, že se to pak zachová i v pozdějším věku po zapojení smrkového porostu.

Uměle založené stejnověkové smrkové porosty sadbou či sítí nedokážou správně fungovat bez vhodné pěstební péče. Hlavním principem výchovy je udržovat volnější zápoj v mládí. Naopak v případě imisních oblastí je lepší udržovat vyšší počty sazenic při zakládání porostů umělou obnovou. Při prvním výchovném zásahu se vyberou jedinci, kteří jsou vůči imisím tolerantnější. Naproti tomu mimo imisní oblasti se doporučuje vysadit spíše nižší počty sazenic. Další možností je provádět výchovné zásahy slabší s vyšší návratností. Dalším přístupem je provádět silné zásahy při zapojování porostu. Tento přístup je v pořádku vzhledem k tomu, že smrk to snese bez újmy. Nebude tím dotčena tedy budoucí kvantita ani kvalita produkce (Poleno et al. 2009).

Pro porosty vznikající přirozenou obnovou jsou klíčové okamžiky odclonění a doba trvání odclonění celkově. Experimentem bylo potvrzeno, že nárost v zástínu za 20 let vykáže až 60 % mortality. Nemá to však vliv na stabilitu smrkového porostu (Remeš et al. 2008). Předčasným odcloněním se mohou dostávat do popředí pionýrské dřeviny. Následná výchova je podobná té v porostech vzniklých při umělé obnově. Naopak při postupném uvolňování následného porostu, kdy už došlo k určité výškové diferenciaci, se posílí autoregulační procesy a tím není potřeba příliš intenzivní výchova. Výhodou přirozené obnovy je, že v porostu bude pravděpodobně vyšší podíl jedinců, kteří jsou tolerantnější k imisnímu poškození (Poleno et al. 2009). Často porosty vzniklé přirozenou obnovou jsou až extrémně husté a je potřeba provést schématický zásah. Nárost při výšce 50 cm se křovinořezem upraví na množství asi 10 000 jedinců/ha. Tomu odpovídá rozestup přibližně 1 m x 1 m. Druhý zásah se provede při horní výšce porostu od 1 do 2 m a sníží se počet na 3 500 až 4 000 jedinců na hektar. Mezery se šířkou větší než 3 m, se doplňují cílovými dřevinami, například modřínem či douglaskou (Slodičák a Novák 2007).

Porosty ohrožené imisemi jsou vychovávány s důrazem na zdravotní výběr. Nezbytné je odstraňovat silně poškozené jedince jako první. To jsou jedinci, kteří ztratili více jak 40 % olistění. Dále se odstraní jedinci se středním poškozením, tedy ti se ztrátou 20 až 30 % olistění. Dále se pokračuje běžným způsobem.

Nutné zůstává zachovat požadovaný počet jedinců nadějných od úrovně výše. U nich je potřeba zachovat minimálně 70 % olistění. U těchto jedinců je velmi vhodné zachovat uvolnění po delší dobu. To bude působit pozitivně na tloušťkový přírůst těchto jedinců a v konečném důsledku to posílí odolnost proti poškození sněhem, které se často spojuje se smrkovými porosty v oblasti imisního poškození. V následujících výchovných zásazích se odstraňují jedinci v podúrovni s určitou ztrátou olistění (Poleno et al. 2009).

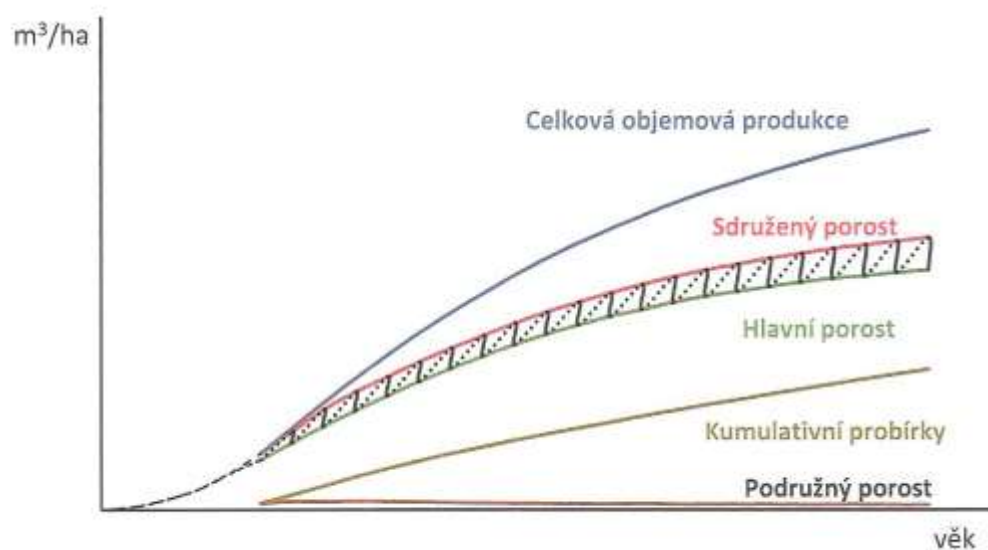
### **3.7 Produkce a zásoba**

Zásoba porostu se v různých fázích rozděluje na zásobu hlavního porostu ( $V_H$ ), podružného porostu ( $V_P$ ), sdruženého porostu ( $V_S$ ) a COP.

Zásoba hlavního porostu je zásobou, která zůstane v porostu po výchovném zásahu. Zásoba podružného porostu je zásoba, která se vytěžila zásahem (těžbou) a zásoba před výchovným zásahem tvoří zásobu sdruženého porostu. Zásoba sdruženého porostu je tedy závislá na druhu výchovného opatření.

COP je představována souhrnným produkčním výkonem porostu. Začíná to vznikem porostu, tedy založením, a je to vždy vztaženo k určitému věku (viz Obr. 3). Tvar křivky COP je možné vyjádřit růstovou funkcí. To znamená, že vždy roste, má 1 inflexní bod (mění se křivka z konvexního tvaru na konkávní tvar), začíná v bodě 0 a je ve tvaru písmena „S“ (Marušák a Kašpar 2016).

Smrk obecně dobře reaguje na výchovné zásahy. Nicméně jejich vliv na COP je omezený (Pretzsch 2005).



Obr. 3. Růst a změna zásob (Marušák a Kašpar 2016)

### 3.8 Přírůst, přírůstové procento a přírůsty

Přírůsty se mohou rozlišovat také pomocí zásob jak hlavního porostu, tak COP. Základním rozdělením je běžný a průměrný přírůst (viz Tabulka 4).

Běžný přírůst se vypočítá jako rozdíl hodnot růstové veličiny (například zásoby) ve dvou rozdílných časových obdobích. Výsledkem je navýšení hodnoty dané růstové veličiny v časovém období od času  $t_1$  a  $t_2$ .

Průměrný přírůst se spočítá jako podíl určité růstové veličiny ku věku, kdy se hodnota zjistila. Výsledkem je průměrná hodnota navyšování každoročně za dané časové období (Marušák a Kašpar 2016).

Tabulka 4. Přehled běžných a průměrných přírůstů na hlavním porostu (Marušák a Kašpar 2016)

|                  | Druh přírůstu   | Výpočet                         |
|------------------|---|---------------------------------|
| Běžný přírůst    | <b>Úhrnný běžný přírůst</b> věkový: hodnota zásoby hlavního porostu ve věku t.  | $UBPt = VH_t$                   |
|                  | <b>Běžný přírůst periodický</b> za n let: rozdíl zásoby hlavního porostu ve věku t a věku t - n. Vyjadřuje změnu zásoby hlavního porostu mezi těmito věky (za n let). | $BPPn = VH_t - (VH_{t-n})$      |
|                  | <b>Běžný přírůst roční:</b> rozdíl zásoby hlavního porostu ve věku t a věku t - 1. Vyjadřuje změnu zásoby hlavního porostu za 1 rok.                                  | $BPRt = VH_t - (VH_{t-1})$      |
| Průměrný přírůst | <b>Průměrný přírůst periodický:</b> podíl BPPn a periody n. Vyjadřuje průměrný roční nárůst zásoby za periodu n.  | $PPP = (VH_t - (VH_{t-n})) / n$ |
|                  | <b>Průměrný přírůst věkový:</b> podíl zásoby hlavního ve věku t a věku t.   | $PPVt = VH_t / t$               |
|                  | <b>Průměrný mýtní přírůst:</b> podíl zásoby hlavního porostu ve věku obmýtí a hodnoty obmýtí.   | $PMP = VH_u / u$                |

### 3.9 Automatické dendrometry s datalogery

Datalogger je zařízení, jež slouží k dlouhodobé evidenci dat. V tomto případě šlo o data změřená automatickými dendrometry. Ty měřily změnu obvodu kmene ve výčetní výšce pomocí nerezového pásku. Do paměti přístroje se ukládají v pravidelných intervalech údaje o obvodu kmene. Také se měří a může ukládat teplota uvnitř datologgeru. Upevnění na strom je pouze pomocí zmíněného pásku a nepoužívají se tedy ostré součástky, které by poškozovaly kmen. Elektronický obsah přístroje je vodotěsně uzavřen. Obsahuje lithium-iontovou baterii, která může zajistit měření až 5 let v kuse. Pro komunikaci s počítačem byl použit infračervený bezdrátový přenos. K tomu však byla potřeba speciální kabel (viz kapitola 4.2.5). Paměť datologgeru může zaznamenat více než 3 roky trvajících měření s hodinovým zápisem, což činí až 50 000 naměřených hodnot, a to jak přírůstu, tak teploty. Paměť je stabilní a data jsou tedy uložena bezpečně, a to i v případě, kdy dojde k úplnému vybití baterie. Paměť datologgeru může pracovat ve dvou režimech. První režim při naplnění paměti začne automaticky přepisovat nejstarší data těmi nově změřenými. V druhém režimu přestane datalogger pracovat v případě naplnění paměti. Pro zpracování dat získaných v terénu pomocí datologgerů se používá software Mini32 od firmy EMS Brno (Kučera 2015).

## **4 Metodika**

V rámci této diplomové práce byla získána data týkající se přírůstu smrku třemi základními způsoby.

Prvním způsobem bylo provedení inventarizace dendrometrických veličin na TVP. Byla zjišťována výčetní tloušťka a výška. Vedle těchto veličin byla dále zjišťována výčetní kruhová základna atd. Přeměření na TVP proběhlo na podzim roku 2016.

Druhým způsobem bylo měření průběhu tvorby tloušťkového přírůstu na TVP pomocí dendrometrů a dataloggerů.

Třetím způsobem byla analýza vývrtů, jež byly odebrány v roce 2012. Z nich se vyhodnotil růst smrku v závislosti na klimatických faktorech, cenotickém postavení a míře uvolnění koruny.

Těchto tří různých metodických postupů bylo použito kvůli podrobnému studiu smrkových porostů v závislosti na výchově a jejich přírůstu.

### **4.1 Trvalé výzkumné plochy**

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu, který probíhal v letech 2012–2016. A tak byly využity TVP, které byly založeny v roce 2012 pro účely tohoto projektu.

#### **4.1.1 Založení TVP**

Všechny výzkumné plochy byly založeny na území společnosti B.F.P., Lesy a statky Tomáše Bati, s.r.o. V rámci projektu byly vybrány bukové a smrkové porosty. Tato diplomová práce byla však zaměřena pouze na smrkové porosty. Další dělení bylo provedeno na prořezávkové a probírkové porosty. Pro jednotlivé porostní skupiny byl založen různý počet sérií TVP. Každá série zahrnuje 3 TVP. Vždy jedna výzkumná plocha slouží jako kontrolní plocha neboli bezzásahová. Na další plochách byly provedeny výchovné zásahy. Celkový počet TVP činí 18.

Jednotlivé lokality byly odděleny 10 až 15 metry. Zaměření ploch bylo pomocí technologie Field-Map. Na každé ploše byly změřeny průměry s přesností na mm,

a to ve výčetní výšce a ve dvojím měření provedených kolmo na sebe. Výšky byly měřeny v minimálním počtu 20 na každou plochu. V případě smrkových probírkových ploch šlo téměř o čisté monokultury. Jednotlivé rohy ploch byly označeny dřevěnými kolíky, jež byly žlutě nastříkány. Všechny stromy byly označeny číslem. Okrajové stromy, které se nacházely již mimo plochu, byly označeny vodorovným žlutým pruhem (Remeš 2013).

#### **4.1.1.1 Smrkové porosty**

V rámci smrkových porostů byly rozlišeny prořezávkové a probírkové porosty. V rámci prořezávkových porostů byly založeny 3 série. V rámci probírkových porostů byly založeny také 3 série. Dohromady to činí 6 sérií a tedy 18 TVP.

##### **4.1.1.1.1 Prořezávkové porosty**

Prořezávkové porosty byly umístěny do revíru Kateřinice Lázy. V porostní skupině 103A1, s věkem 7 let v roce 2012 byly vloženy 2 série s názvem „srnčí“ a „dančí“. Série dančí obsahuje 3 plochy s označením I.1, I.2 a I.3. V rámci série srnčí byly založeny 3 plochy s označením II.4, II.5 a II.6. Výměra jednotlivých TVP byla 2 ary.

Dále v porostní skupině 33C1a, s věkem 8 let v roce 2012, byla umístěna 1 série se jménem „U vysílače“. TVP, v rámci této série, byly označeny následovně: III.7, III.8 a III.9. Výměra TVP byla opět 2 ary.

Kontrolními plochami byly ty prostřední, tedy TVP s označením I.2, II.5 a III.8. Na těchto plochách nebyl proveden žádný výchovný zásah. Silný zásah byl proveden na plochách č. I.4, II.6 a III.7. Při silném zásahu bylo ponecháno na TVP celkem 30 stromů, tedy 15 stromů na 1 ar, a to činí 1500 stromů/ha. Naopak mírný zásah byl proveden na plochách č. I.1, II.4 a III.9. Mírný zásah byl proveden podle místních zvyklostí a výsledkem bylo ponechání 2000 až 2500 stromů/ha (viz Tabulka 5). Geodetický mezník byl umístěn do jihovýchodního rohu ploch. Rohové stromy byly označeny na patě číslem plochy. Rozměry plochy jsou 10 x 20 m.

#### **4.1.1.1.2 Probírkové porosty**

Probírkové smrkové porosty byly umístěny v revíru Kateřinice Lázy. Každá série se nacházela v jiné porostní skupině.

První série „Hřebínek“ byla založena v porostní skupině 114A3 s věkem 23 let (2012). Její výměra byla 1,29 ha. Označení jednotlivých TVP v sérii bylo I.1, I.2 a I.3.

Druhá série „U srubu“ bylo umístěna v porostní skupině 121D3. Ta měla věk 25 let (2012) a výměru 2,58 ha. V této sérii bylo označení ploch II.1, II.2 a II.3.

Třetí série „Samovýroba“ byla založena v porostní skupině 101E3 s věkem 25 let (2012) a výměrou 2,78 ha. Nakonec označení ploch v sérii Samovýroba bylo III.1, III.2 a III.3.

Kontrolní plochy byly vždy ty první v sérii. Nebyl v nich proveden žádný výchovný zásah a byly označeny jako I.1, II.1, III.1. Síla výchovných zásahů byla v obou případech stejná. Bylo ponecháno v porostu 1200 až 1250 stromů/ha. V případě pozitivního výběru byl proveden zásah pro podporu nadějných jedinců. Naopak u negativního výběru byli odstraňováni nevhodní jedinci. Tabulka 5 podrobně popisuje jednotlivé TVP včetně úrovně zásahu na jednotlivých plochách. Geodetický mezník byl opět umístěn do rohu každé plochy. Stromy, které se nacházely poblíž rohů ploch, byly také opět označeny na patě stromu číslem plochy. Výměrou TVP bylo 6 arů. Stromy, které se nacházely již mimo plochu, byly označeny vodorovným pruhem žlutou barvou (Remeš 2013).



Tabulka 5. Podrobný popis smrkových TVP, včetně intenzity výchovného zásahu (Remeš 2016)

| Číslo série | Číslo plochy | Název série | Rok založení | Věk 2012 (roky) | Zásah     | Revír* | Porost | Velikost (m <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|-----------|--------|--------|----------------------------|
| I.          | 1            | Dančí       | 2012         | 7               | Slabší    | KL     | 103A1  | 200                        |
| I.          | 2            | Dančí       | 2012         | 7               | Kontrola  | KL     | 103A1  | 200                        |
| I.          | 3            | Dančí       | 2012         | 7               | Silnější  | KL     | 103A1  | 200                        |
| II.         | 4            | Srnčí       | 2012         | 7               | Slabší    | KL     | 103A1  | 200                        |
| II.         | 5            | Srnčí       | 2012         | 7               | Kontrola  | KL     | 103A1  | 200                        |
| II.         | 6            | Srnčí       | 2012         | 7               | Silnější  | KL     | 103A1  | 200                        |
| III.        | 7            | U vysílače  | 2012         | 8               | Silnější  | KL     | 33C1a  | 200                        |
| III.        | 8            | U vysílače  | 2012         | 8               | Kontrola  | KL     | 33C1a  | 200                        |
| III.        | 9            | U vysílače  | 2012         | 8               | Slabší    | KL     | 33C1a  | 200                        |
| I.          | 1            | Hřebínek    | 2012         | 23              | Kontrola  | KL     | 114A3  | 600                        |
| I.          | 2            | Hřebínek    | 2012         | 23              | Negativní | KL     | 114A3  | 600                        |
| I.          | 3            | Hřebínek    | 2012         | 23              | Pozitivní | KL     | 114A3  | 600                        |
| II.         | 1            | U srubu     | 2012         | 25              | Kontrola  | KL     | 121D3  | 600                        |
| II.         | 2            | U srubu     | 2012         | 25              | Negativní | KL     | 121D3  | 600                        |
| II.         | 3            | U srubu     | 2012         | 25              | Pozitivní | KL     | 121D3  | 600                        |
| III.        | 1            | Samovýroba  | 2012         | 25              | Kontrola  | KL     | 101E3  | 600                        |
| III.        | 2            | Samovýroba  | 2012         | 25              | Negativní | KL     | 101E3  | 600                        |
| III.        | 3            | Samovýroba  | 2012         | 25              | Pozitivní | KL     | 101E3  | 600                        |

## 4.2 Měření dendrometry a datalogery

Pro soustavné měření na TVP byly použity mechanické dendrometry a datalogery.

Celkový počet instalovaných mechanických dendrometrů byl 15. Instalovány byly ve smrkovém probírkovém porostu, v sérii „Samovýroba“.

Instalováno bylo 6 automatických dendrometrů s datalogery v sérii Samovýroba (dále byly označovány jako datalogery).

V případě dendrometrů se jednalo o měření méně detailní než v případě datalogerů. Zápis hodnot u datalogerů byl hodinový, kdežto u mechanických dendrometrů se jednalo většinou o měsíční odečítání hodnot.

### 4.2.1 Instalace dendrometrů a datalogerů na vybrané stromy na TVP

Instalace měřících zařízení již probíhá několik let, kdy se opakovaně instalují

na stejné stromy každý rok. V roce 2016 proběhla instalace dataloggerů na jaře, přesněji 15. 4. 2016.

Před vlastní instalací byly opět nalezeny vzorníky, jež sloužily minulý rok také pro měření. Na těchto stromech byly patrné stopy po předchozím měření. Jednalo se o světlejší barvu kůry. Přesně v těchto místech byly znovu nainstalovány měřicí zařízení. Před vlastním měřením by bylo vhodné změřit průměr kmene v daném měřeném místě. Nicméně to nebylo nutné, jelikož těmito zařízeními byla měřena přírůstková reakce v závislosti na výchově a cenotickém postavení v porostu. A tak tedy měření tloušťky kmenů v daném místě instalace nebyla nezbytná. Jedná se spíše o pomocnou informaci, která pomáhá naznačit individuální cenotické postavení stromu. Z výše uvedených důvodů výčetní tloušťka kmene před vlastní instalací nebyla změřena, protože byla měřena předchozí rok na podzim. Další měření na těchto plochách bylo provedeno na podzim, kdy byly měřeny výčetní tloušťky a výšky, takže se případné počáteční údaje daly dopočítat.

#### **4.2.2 Instalace dendrometru**

Dendrometr je zařízení vytvořené z lehkého kovu, jež obsahuje stupnici, napínací pružinu a otvory pro umístění kovového pásku.

Vlastní instalace spočívala nejdříve v nalezení příslušného místa pro instalaci (jak bylo zmíněno již výše) a následně byl odstřížen kovový pásek v dostatečné délce vzhledem k průměru kmene v místě instalace. Odstřížení bylo provedeno pomocí kleští. Zde byla velmi nutná opatrnost vzhledem k snadnému pořezání kovovým páskem. Případně by bylo vhodné mít rukavice a lékárničku v blízkosti. Poté byl jeden konec kovového pásku umístěn do otvoru dendrometru na jedné straně, kovovým páskem byl obepnut kmen a druhý konec byl provlečen druhým otvorem na dendrometru. Znovu bylo potřeba se ujistit, že byl pásek na správném místě. Poté již bylo pouze potřeba správně natáhnout dendrometr, s předpokladem, aby stupnice vydržela na celou vegetační dobu. Případné úpravy proběhly pouhým přitažením kovového pásku a ohnutím pásku tak, aby nedošlo k samovolnému uvolnění. Posledním nezbytným krokem instalace bylo přečtení počáteční hodnoty na stupnici. Konkrétní postup čtení hodnot ze stupnice byl popsán níže v kapitole 4.2.4.

### 4.2.3 Instalace dataloggeru

Instalace dataloggerů proběhla podobně jako u dendrometrů. Nejdříve byl nalezen strom, který měl minulý rok nainstalovaný datalogger na kmeni. Opět byl ustřižen pomocí kleští dostatečně dlouhý kovový pásek, jenž byl asi o 25 cm delší než obvod kmene v daném místě. Na jedné straně dataloggeru byl uchycen konec kovového pásku. Pásek byl ohnut a umístěn na centrální čep dataloggeru (viz Obr. 4). Nutné bylo pásek skutečně umístit správnou stranou ohybu na čep. Dále byl pásek obmotán kolem kmene v místě předchozí instalace. To bylo nutné pro eliminaci či zredukování vlivů, jež by mohly vkládat určitou variabilitu do měření v důsledku opětovné instalace, například jinou dynamikou tloušťkového přirůstání v jiném místě na kmeni. Po obtočení kmene byl pásek navinut na kotouč dataloggeru (viz Obr. 5) a byl prostrčen pod přepážkou, v podobě kovové tyčky, na druhé straně dataloggeru. Následovalo natažení dataloggeru proti směru hodinových ručiček, takovým způsobem, aby bylo získáno minimálně 5 mm stupnice. Pro zafixování byl pásek ohnut kolem kovové tyčky. Při správné instalaci musí vše zůstat pod napětím a současně s dostatečným prostorem na stupnici dataloggeru. Nakonec po správné instalaci (viz Obr. 6) bylo nutné aktivovat IR spojení s přístrojem pomocí přídavného kabelu a počítače (Kučera 2015).



Obr. 4. Uchycení konce ocelového pásku, obtočení kmene a správné umístění na datalogger (Kučera 2015)



Obr. 5. Konečné uchycení ocelového pásku po natažení stupnice dataloggeru (Kučera 2015)



Obr. 6. Správná instalace dataloggeru (Kučera 2015)

#### 4.2.4 Čtení naměřených hodnot na výzkumných plochách

Klíčové odečítání hodnot u mechanických dendrometrů bylo na začátku a konci vegetační sezóny. Z těchto údajů byl dále dopočítán tloušťkový přírůst za danou vegetační sezónu. Tabulka 14 ukazuje tyto hodnoty za rok 2015. Také zobrazuje souhrnný přírůst z roku 2014 na ploše.

Měření přírůstů v podstatě probíhalo kontinuálně. Docházelo k natahování pružiny při současném růstu stromu do šířky. Při natahování pružiny se posouval menší pásek se stupnicí. V případě, že by se lokality nenavštěvovaly v pravidelných intervalech, došlo by pouze k zaznamenání celkového přírůstu za celou vegetační dobu. Nebyly by tedy k dispozici údaje týkající se dynamiky přírůstu. Další riziko, spojené s nepravidelností odečítání hodnot z dendrometrů, spočívalo v možnosti poničení či odinstalování, kdy by nějaká osoba mohla strhnout či sundat dendrometr ze stromu. Tento případ skutečně nastal v předchozích letech. V důsledku nalezení dendrometru v blízkosti stromu se dá předpokládat, že si dotyčná osoba mohla myslet, že danému stromu pomáhá od sevření ocelovým páskem. Zřejmě

se nejednalo o poučenou osobu, která by věděla o probíhajícím výzkumu, jenž je pod dohledem. V tomto smyslu tedy poničení stromu nehrozí.

Vlastní čtení naměřených hodnot probíhalo již výše naznačeným postupem. Na dendrometru se ve skutečnosti nacházejí dvě stupnice. První stupnice udává milimetrový přírůst obvodu kmene v daném místě a je umístěna na širším pásku, který je výchozí stupnicí, jež se nepohybuje. Je nutno podotknout, že se nejednalo o přírůst průměru kmene, ale o přírůst obvodu kmene. Druhá stupnice se nachází na užším pásku, jenž je připojen pomocí kovové pružiny a kovového pásku, tudíž tato stupnice se pohybuje podle přírůstu tloušťky kmene. Počátek této stupnice ukazuje na větší stupnici dané milimetry. Dále menší stupnice upřesňuje desetiny milimetru v závislosti na průběžnosti čar jednotlivých stupnic, musí tedy tvořit obě čáry jednu linii. Tyto desetiny milimetru mohou být pouze v rozmezí od 0 do 10. V případě 0 či 10 se jedná o číslo v celých milimetrech. Obě stupnice musí vytvořit přímou linii a poté se na menší stupnici můžou odečíst příslušné desetiny milimetru. V případě přiloženého obrázku je naměřená hodnota 8,3 mm (viz Obr. 7).



Obr. 7. Příklad nainstalovaného dendrometru. Dostupné z: <http://soubory.debrujar.cz/2017/01/17/gallery/1556796452232949.jpg>

Je tedy patrné, že se jednalo o velmi přesné měření. V případě potřeby bylo nutné si přisvítit na stupnici dodatečným světelným zdroje. Tato potřeba byla způsobena například zataženou oblohou či celkovým příšeřím v porostu. Zjištěné výsledky byly buď zapisovány přímo do počítače, nebo na papír do předpřipravené tabulky. V případě použití papírové metody bylo nezbytnou součástí získaná data přepsat do počítače, aby nedošlo ke ztrátě těchto dat a také kvůli jednoduššímu dalšímu zpracování.

#### **4.2.5 Stahování naměřených hodnot**

Pro stahování naměřených informací z dataloggerů bylo nezbytné mít přenosný počítač s sebou. Vlastnímu stahování dat předcházelo nainstalování programu Mini32. Je to program firmy EMS Brno, který slouží pro správu a stahování dat z dataloggerů. Tento program se dá také využít pro vizualizaci naměřených dat, konfiguraci zařízení a další zpracování naměřených dat (EMS Brno 2017).

Pro navázání spojení s dataloggerem a následnému stažení dat jsou zde 3 základní způsoby, které jsou závislé na konkrétním typu dataloggeru. První připojení je pomocí modemu GSM, kdy propojení probíhá přes síť GSM. Druhým způsobem připojení je přes DECT, což je propojení za pomoci malého rádiodemou. Dosah této metody je až 300 m. Třetí možností je propojení pomocí datového kabelu. Tato možnost byla použita v tomto projektu. Pro to byl nezbytný kabel s IrDA portem, přes který byl počítač propojen bezkontaktně s dataloggerem na vzdálenost pár centimetrů. Tento kabel má na jednom konci USB port a na druhém RS232 (EMS Brno 2017).

Pro práci v porostu byl nejdříve zapnut počítač a otevřen program Mini32. Poté byl připojen datový kabel k počítači a v titulním okně programu se pokračovalo tlačítkem „Download“ pro stažení dat. V tento okamžik bylo nezbytné držet Ir port v blízkosti oblasti, kde datalogger má značku pro propojení s tímto kabelem. Celý tento proces (včetně dalších detailů) musel být proveden dle pokynů výrobce pro obsluhu těchto zařízení (Kučera 2015).

## 4.2.6 Zpracování dat

Zjištěná data z mechanických dendrometrů byla zapsána do tabulky (Tabulka 14). Jednalo se o počáteční a konečné hodnoty odečtené ze stupnice dendrometrů. Rozdílem těchto dvou veličin byl vypočten přírůst obvodu. Výčetní tloušťka a výška byly převzaty z podzimního měření dendrometrických veličin. Při výpočtu tloušťkového přírůstu se vycházelo z výčetní tloušťky změřené na podzim. Přes výpočet obvodu kruhu byla dopočítána výčetní tloušťka při instalaci dendrometru. Bylo tak učiněno za pomoci změny obvodu kruhu na začátku a na konci měření. Následný tloušťkový přírůst byl rozdíl těchto dvou výčetních tlouštěk. Byly vypočteny aritmetické průměry u přírůstu obvodu i přírůstu tloušťky.

V tabulce dataloggerů (Tabulka 15) jsou zobrazena obdobná data jako u tabulky mechanických dendrometrů. Dopočet tloušťkového přírůstu byl proveden stejně.

V grafech z dataloggerů jsou vždy zobrazeny přírůsty obvodu během vegetační sezóny roku 2016. Ty jsou znázorněny červenou barvou a příslušná stupnice je osa y na levé straně. Modrou barvou je pak znázorněna křivka teploty, jejíž stupnice leží na pravé straně jako osa y. Osa x znázorňuje časové období od 14. 4. do 29. 10. 2016.

## 4.3 Měření dendrometrických veličin

Další nezbytnou součástí metodiky bylo měření dendrometrických veličin na TVP. Měření byly jak kvantitativní, tak kvalitativní dendrometrické a produkční ukazatele. V porostu byla měřena výčetní tloušťka u všech jedinců na TVP. Výčetní tloušťky byly měřeny dvakrát kolmo na sebe. Výšky byly měřeny u 20 vzorníků a zbylé výšky byly dopočítány podle Naeslundovy funkce.

### 4.3.1 Dendrometrická měření na TVP

Měření na smrkových TVP byla provedena na podzim roku 2016.

Počáteční zaměření jednotlivých stromů bylo provedeno pomocí technologie Field-Map v roce 2012. Při měření v následujících letech se už vycházelo z očíslování jedinců, zjištěných při prvotním měření s Field-Map. Každý strom nesl



své pořadové číslo, podle kterého byl snadno dohledatelný. Tato čísla, spolu s označením příslušné plochy, představují jedinečné označení daného stromu. Dále slouží k přiřazení příslušných naměřených hodnot.

Každá plocha byla opatřena geodetickým mezníkem, který má přesné zeměpisné souřadnice. V případě tohoto projektu byl použit souřadnicový systém v S-JTSK v geografickém systému Křovákova zobrazení. Mezník byl použit jako výchozí bod pro zaměření polohy všech stromů pomocí speciální techniky. Přesnost takto získané polohy byla na centimetry. Poloha byla zaměřena na osu paty kmene. Tímto způsobem byl každý strom učiněn opět dohledatelným, pro případné kontroly či opakované měření.

### **4.3.2 Zpracování dat z měření**

Z dendrometrických měření byla vyhodnocena data z probírkových i prořezávkových porostů. Přírůsty byly spočítány jako rozdíl tloušťkových údajů z roku 2016 a 2012. Jedná se tak o běžný periodický tloušťkový přírůst. Do analýzy byli započítáni pouze jedinci, kteří se nacházeli v porostu jak v roce 2012, tak 2016. Z těchto přírůstů byly vytvořeny grafy (viz kapitoly 5.2.1.1 a 5.2.2.1). Osu y tvoří zmíněné přírůsty a osu x tvoří výčetní tloušťka z roku 2016. Data byla rozdělena podle ploch v sérii a u těchto dat byla vložena lineární spojnice trendu. Následovalo zjištění hodnoty spolehlivosti R, která vykazuje závislost tloušťkového přírůstu na výčetní tloušťce.

Hodnoty tloušťkového přírůstu jsou v centimetrech, výškového v metrech a u kruhové základny v metrech krychlových. Z těchto veličin byla vytvořena souhrnná charakteristika. Byl proveden jednoduchý aritmetický průměr z přírůstů a také oba roky zvlášť. Dále byly převedeny součty kruhových základen na hektar ( $m^2/ha$ ). Výpočet byl proveden jako suma dané veličiny na ploše dělena plocha TVP. Dále to bylo vynásobeno 10 000.

A nakonec přírůstové procento bylo zjištěno jako podíl sumy přírůstu v období 2012–2016 a sumy dané veličiny v roce 2012. V následném kroku se získaná

hodnota vynásobila 100 a vydělila počtem let, tedy 4, pro získání výsledku v procentech.

### **4.3.3 Vyhodnocení dat v programu Statistika**

Vyhodnocení dat bylo provedeno pomocí statistického testu ANOVA, který provádí analýzu rozptylu. Dále bylo použito jedno kritériální posouzení dat. Každá série byla vyhodnocena zvlášť a jako nezávislé proměnné bylo použito číselné označení plochy. Jako závislé proměnné byly použity hodnoty přírůstů. Pro vyhodnocení statistické průkaznosti byl použit Tukeyho test. Bylo počítáno s 95% spolehlivostí. Cílem zpracování těchto dat v programu Statistica bylo zjištění, zda rozdíly tloušťkových přírůstů mezi jednotlivými plochami (v rámci každé série) byly statisticky průkazné.

### **4.3.4 Výpočet štíhlostního koeficientu**

Pro účely posouzení stability porostů byl vypočten průměrný štíhlostní kvocient na každé TVP. Jedná se o jednoduchý poměr výšky (v m) ku výčetní tloušťce (v cm) a výsledkem je desetinné číslo. Obecně čím je kvocient nižší, tak tím je porost stabilnější.

## **4.4 Analýza vývrtů**

Odběr vývrtů byl proveden v roce 2012. Vývrty byly odebrány ze stromů ve všech třech smrkových probírkových lokalitách, tedy v sérii Hřebínek, U srubu i Samovýroba. Vyhodnocována byla data z ploch s výchovným opatřením (kontrolní plochy tedy nebyly zahrnuty do analýzy). Použity byly tedy plochy I.2, I.3, II.2, II.3, III.2 a III.3. Vyhodnocení bylo provedeno pro každou sérii zvlášť, tedy pro I., II. a III.

### **4.4.1 Vyhodnocení dat na základě radiálních přírůstů a odebraných vývrtů**

Vývrty byly odebrány v roce 2012. Podrobněji se tím zabývá diplomová práce

Marekwica (2014).

Pro vyhodnocení bylo použito 10 vývrtů na sérii, tedy 30 vývrtů dohromady. Tyto vývrty byly rozděleny na nadúroveň a úroveň. Jako nadúroveň bylo určeno 5 nejtlustších stromů a jako úroveň bylo určeno následujících 5 stromů. Bylo to učiněno tímto způsobem, jelikož data, z kterých byla vypracována tato analýza, tak byla v době zpracování již minimálně 4 roky stará a nebyly zde uvedeny výšky, které by se lépe daly využít pro stanovení nadúrovně či úrovně. Z výsledků je patrná rozdílnost mezi těmito úrovněmi.

#### **4.4.1.1 TsapWin**

Jedná se o software, který byl poprvé představen roku 1991. Od té doby se stal jedním ze standartních programů pro analýzu časové osy a prezentování v dendrochronologii. Je možné v TsapWinu provádět různé úlohy, týkající se dendrochronologie. Například může zobrazovat jednotlivá měření, lze editovat data, provádět křížové datování, prezentovat grafické výstupy a další.

V programu TsapWin byla zpracovávána data jednotlivých stromů. Cílem bylo provést křížové datování, vytvořit skupiny stromů a následné vytvoření souboru s příponou „.rwl“. Tento soubor byl dále použit v programu RGui k dalšímu zpracování.

Do programu TsapWin byly nahrány údaje jednotlivých stromů v souboru s příponou „.txt“ (viz Příloha 1). Každý textový soubor obsahuje název souboru („Keycode“), počet let vývrtů („Lenght“) a počet let snížený o jeden („DateEnd“). V programu TsapWin byla data dále upravena. Pomocí funkce „header“ byl upraven konečný rok („date end“).

Dále byla provedena metoda křížového datování za pomoci funkce „cross dating“. Provedena byla pro každou sérii. Do řádku „Stack of samples“ bylo vyplněno „Data stack 1- Sample stack“ a do řádku „stack of references“ také „Data stack 1- Sample stack“. Následně se objevily grafy, u kterých bylo provedeno křížové datování. Zde je nutno brát v úvahu fakt, že se jedná o mladé stromy (přibližně 20 let), tj. stromy, které jsou variabilní v důsledku mladého věku,

kdy růst je dynamický. Následovalo vyhodnocení, které v tomto případě probíhalo způsobem porovnávání jednotlivých grafů mezi sebou, kdy byly porovnávány jednotlivé stromy mezi sebou. Obvykle se vytváří referenční křivka, se kterou se porovnávají ostatní stromy, nicméně z výše zmíněných důvodů, byly v tomto případě porovnávány pouze stromy mezi sebou. V případě potřeby byla posunuta křivka stromu. Provedlo se tak podle minima a maxima křivky vzhledem k ostatním křivkám. Toto posunutí v podstatě znamenalo úpravu všech dat daného stromu pomocí přičtení roku ke každému údaji daného stromu či naopak odečtením 1 roku. K této rozdílnosti došlo zřejmě kvůli vynechání letokruhu při odběru či zpracování vývrtů, a proto bylo potřeba to upravit, aby se všechny stromy navzájem srovnaly.

Pro účely klimatické analýzy se stromy rozdělily na nadúroveň a úroveň. Každá skupina měla po 15 stromech.

Další skupinou bylo všech 30 vzorníků dohromady. Z této skupiny byla zpracována průměrná stanovištní dendrochronologie (viz dále).

Skupiny stromů byly ukládaly ve dvou souborech. Soubor s příponou „fh“ byl důležitý kvůli případnému úpravě skupiny stromů v programu TsapWin. Soubor s příponou „rwl“ byl důležitý pro další zpracování v programu RGui.

#### **4.4.1.2 R program**

R je volně dostupné softwarové prostředí určené pro statistické výpočty a tvoření grafických výstupů (The R Foundation 2016).

Použity byly soubory s příponou „rwl“. Nejdříve byla nastavena cesta ke složce se soubory (pomocí funkce „Change dir...“).

Dále byl nahrán balíček „dplR“. Jedná se o balíček pro dendrochronologii. Tento balíček obsahuje funkce pro analýzu stromových letokruhů (The R Foundation 2016).

Statistická analýza byla prováděna za pomoci kódu (viz Příloha 2). Součástí kódu byl název souboru k otevření (první řádek), příkaz k provedení první detrendizace pomocí negativní exponenciální funkce (třetí řádek), druhý příkaz k provedení detrendizace za pomoci Splinu s časovým oknem 10 let (čtvrtý řádek)

a příkaz k provedení robustního průměru (pátý řádek). Šestý řádek uváděl místo a název uložení výsledků.

Výsledek byl opět uložen v textovém souboru. Ten byl pro další zpracování vložen do programu Excel. Data byla rozdělena do sloupců pomocí funkce Průvodce importem textu.

Z výsledků série Samovýroba byl vytvořen graf (viz Graf 4).

Výsledky pro nadúroveň a úroveň zvlášť byly dále zpracovávány v programu DendroClim 2002. Bylo nutné, aby data byla opět připravena v textovém souboru (viz Příloha 3). První sloupec tvořily roky, jež byly vzestupně uspořádány, a druhý sloupec tvořily vlastní hodnoty, jež byly získány z programu RGui. Důležitá formální úprava spočívala ve vynechání prvního řádku a vytvoření mezery mezi dvěma sloupci.

#### **4.4.1.3 DendroClim 2002**

DendroClim 2002 je program, který slouží jako statistický nástroj pro analýzu vztahů klimatu a růstu stromů. Tento software byl vyvinut na Katedře geografie Nevadské univerzity v Renu. Jako vstupní data slouží letokruhové údaje, teplota a srážky pro určitý počet let (DendroLab 2017).

Nejdříve byla ze serveru Českého hydrometeorologického ústavu (Český hydrometeorologický ústav 2017) získána data o teplotách a srážkách. Historická data zde byla uvedena pro jednotlivé kraje (záložka „Územní teploty“). Zájmové časové období tvořila měsíční data od roku 1990 do roku 2012. Získávána byla pro Zlínský kraj a použila se teplota vzduchu ve stupních Celsia. Tyto údaje byly vloženy do textového souboru s formální úpravou (viz Příloha 4).

Údaje o srážkách byly získány obdobně (záložka „Územní srážky“). Použita byla data týkající se úhrnu srážek v mm. Textový soubor byl také vytvořen obdobně jako u teploty.

Do kolonky „Tree-ring data file location“ byly nahrány příslušné letokruhové indexy. Následně byl nahrán soubor s teplotou či srážkami. Dále byl vyplněn počáteční a konečný měsíc (vyplněno 1 a 12). Současně byl označen „Current year“. Obecně vhodnější možnost „Previous year“ nebyla k dispozici, což bylo zaviněno zřejmě mladostí měřených stromů. Do oblasti „Window Information:

Years“ byl vložen počáteční a konečný rok. Do oblasti „Output Files Location“ byla vložena složka pro výsledky. Provedena byla analýza „Response and Correlation“. „Results“ poskytlo získané výsledky, které byly programem samy uloženy do cílové složky.

Analýza byla opakována čtyřikrát. Po převodu výsledků do programu Excel byly vytvořeny skupinové, sloupcové grafy (viz Graf 5, Graf 6, Graf 7 a Graf 8).

## 5 Výsledky

### 5.1 Vyhodnocení vývrtů

Jednou z úrovní výsledků bylo vyhodnocení vývrtů získaných v roce 2012 a z nich vytvořené letokruhové přírůstové křivky v období od roku 1993 do roku 2012. Pro zpracování těchto dat byla použita série Hřebínek, U srubu a Samovýroba. V grafech jsou rozlišeny dvě skupiny jedinců, a to nadúroveň a úroveň.

Tloušťky letokruhů série Hřebínek ukazují, že od roku 1993 do přelomu roku 1997 a 1998 nadúrovňové stromy měly menší letokruhový přírůst než stromy úrovnňové. Nicméně na přelomu roku 1997 a 1998 se situace otočila a nadúrovňovní jedinci vykazovali vyšší tloušťky letokruhů po zbytek sledované časové periody než úrovnňové stromy (Graf 1).



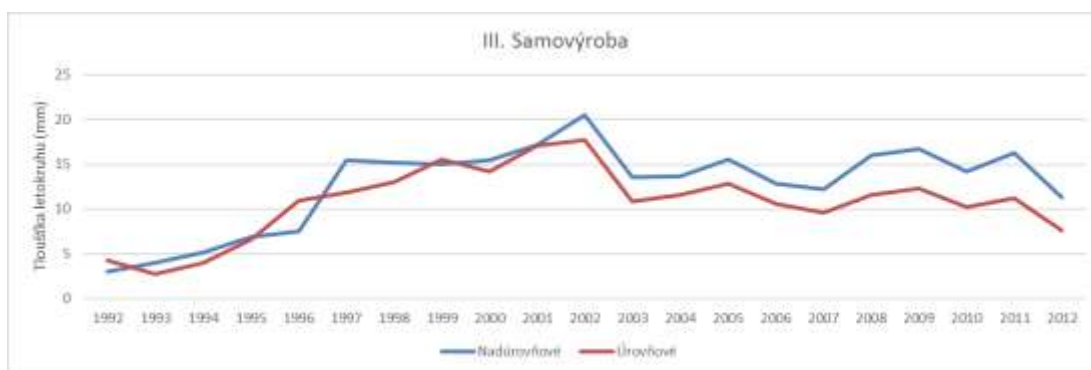
Graf 1. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii Hřebínek

V sérii U srubu byl rozdíl tlouštěk letokruhů mezi nadúrovňovní a úrovní mnohem výraznější. Roční letokruhové přírůsty jsou u nadúrovňově až trojnásobné (Graf 2).



Graf 2. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii U srubu

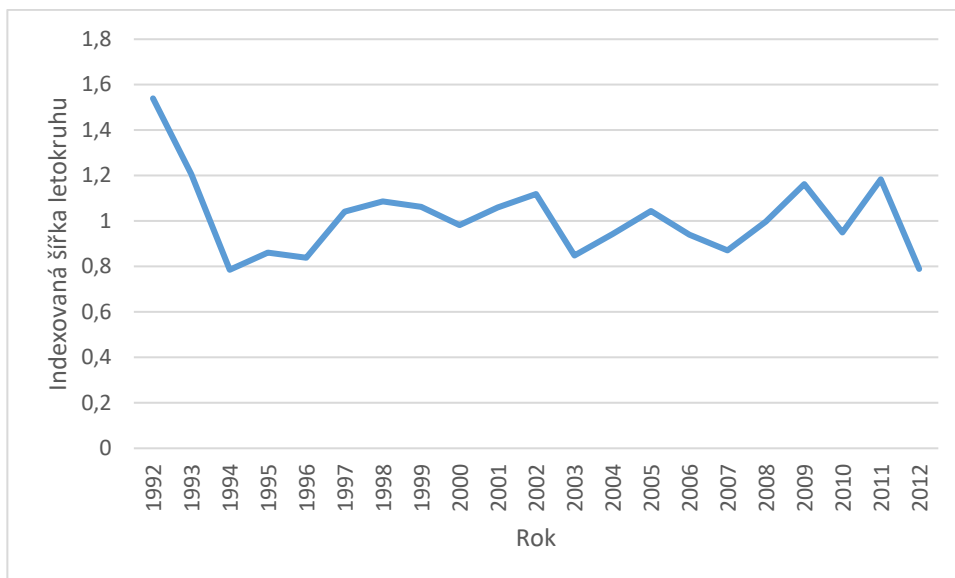
V sérii Samovýroba byl rozdíl letokruhových přírůstků mezi nadúrovň a úrovní méně výrazný, nicméně od roku 2001 docházelo k jednoznačnější diferenciaci ve prospěch nadúrovně. Tento trend byl zachován až do doby odběru letokruhů v roce 2012 (Graf 3).



Graf 3. Tloušťky letokruhů podle cenotického postavení v sérii Samovýroba

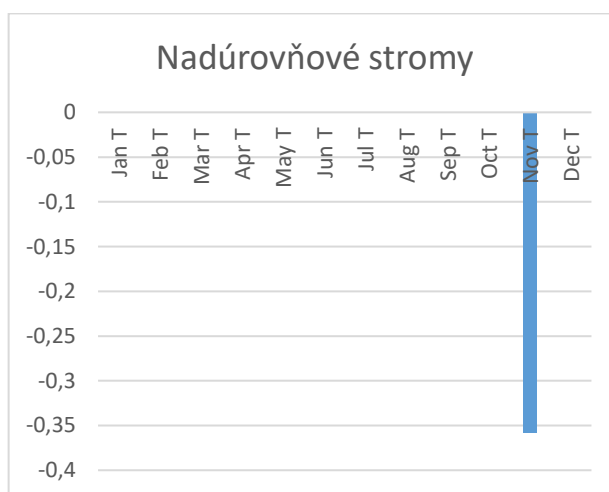
Průměrná stanovištní chronologie (Graf 4) byla provedena ze všech vzorníků dohromady po odstranění věkového trendu. Obecně výkyvy poukazují na extrémní, a tak je možné to použít pro dlouhodobé časování.

Letokruhový přírůstek od roku 1997 se pohyboval kolem hodnoty 1.



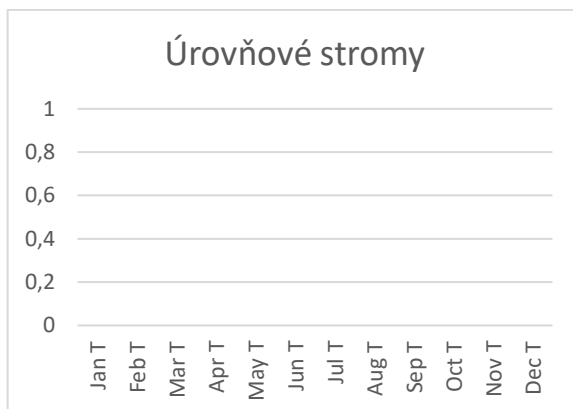
Graf 4. Průměrná stanovištní chronologie

Vyhodnocení klimatického vlivu na tloušťkový přírůst je v následujících grafech. Ve skupině nadúrovňových stromů byl prokázán negativní vliv teploty na tloušťkový přírůst v měsíci listopad (Graf 5). Ve skupině úrovňových stromů žádný vliv teploty na tloušťkový přírůst nebyl prokázán (Graf 6).



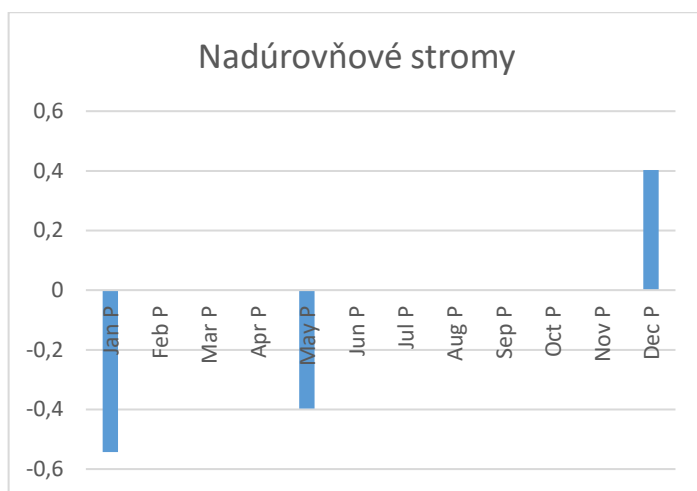
Graf 5 Klimatická analýza - teplota a nadúrovňové stromy



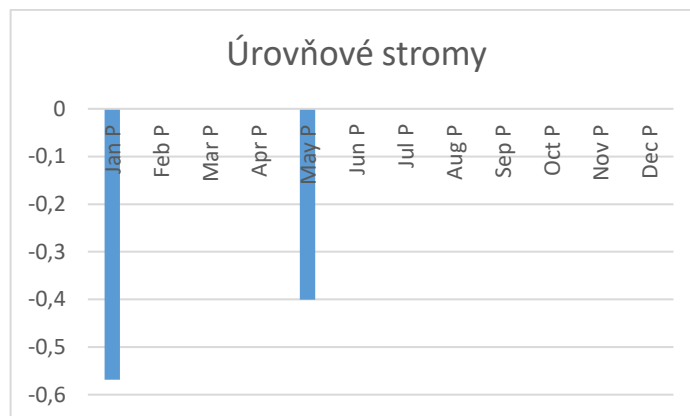


Graf 6 Klimatická analýza - teplota a úrovňové stromy

Dále je v grafech zobrazen vliv srážek na tloušťkový přírůst. Ve skupině nadúrovňových stromů byl prokázán negativní vliv srážek na tloušťkový přírůst v měsících leden a květen, naopak pozitivní vliv byl potvrzen v měsíci prosinec (Graf 7). U úrovňových stromů byl prokázán negativní vliv srážek na tloušťkový přírůst opět v měsících leden a květen (Graf 8).



Graf 7 Klimatická analýza - srážky a nadúrovňové stromy



Graf 8 Klimatická analýza - srážky a úroňové stromy

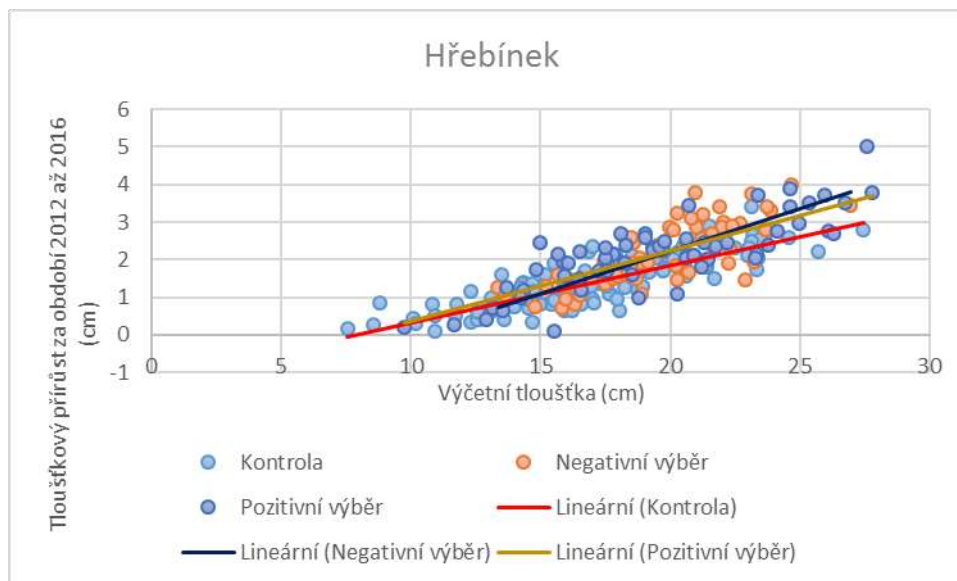
## 5.2 Dendrometrická měření

### 5.2.1 Probírkové porosty

#### 5.2.1.1 Posouzení tloušťkového přírůstu za období 2012–2016

V sérii Hřebínek vykazoval tloušťkový přírůst ku výčetní tloušťce na kontrolní ploše nejmenší přírůstový trend. Od výčetní tloušťky přibližně 20,5 cm vykazoval tloušťkový přírůst plochy s negativním výběrem vyšší tloušťkový přírůstový trend vyšší než ostatní plochy (viz Graf 9). Patrná je pozitivní přírůstová reakce tloušťky na výchovné zásahy.

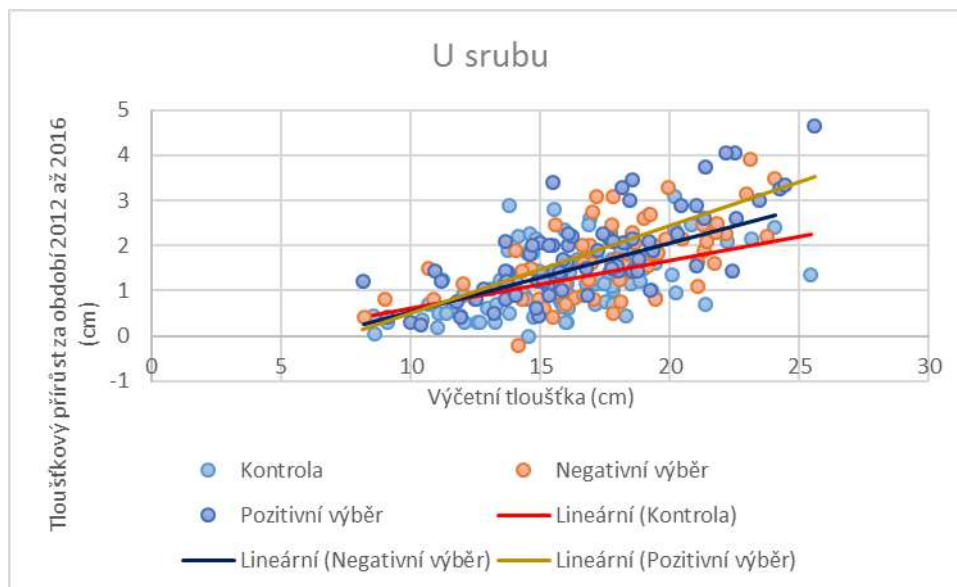
Dále série Hřebínek vykazuje relativní závislost mezi veličinami tloušťkového přírůstu a výčetní tloušťkou u jednotlivých ploch. Naznačuje to také hodnota spolehlivosti  $R$  ( $R^2$ ), která se nachází v rozmezí 0,59 až 0,71.



**Graf 9. Hřebínek - tloušťkový přírůst za období 2012–2016**

V sérii U srubu (viz Graf 10) se lineární spojnice trendu jednotlivých ploch protínají téměř ve stejném bodu, a to kolem výčetní tloušťky 11 cm. Následná diferenciacie je patrná. Opět s nejnižším tloušťkovým přírůstovým trendem byl vyhodnocen tloušťkový přírůst na kontrolní ploše. Naopak s nejvyšším tloušťkovým přírůstovým trendem byl vyhodnocen tloušťkový přírůst v závislosti na výčetní tloušťce na TVP s pozitivním výběrem.

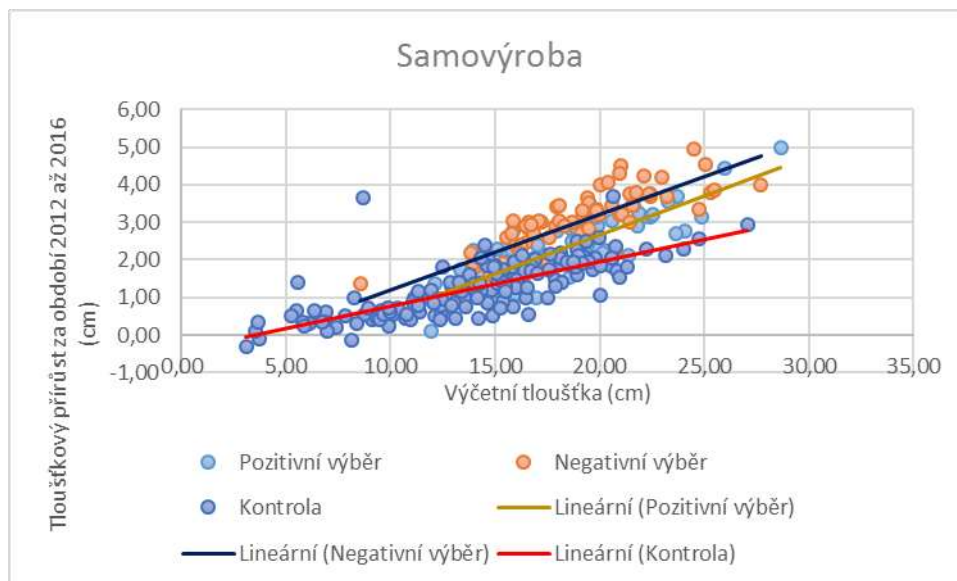
Dále v sérii U srubu vyšla hodnota  $R^2$  v rozmezí od 0,23 do 0,56. To naznačuje relativně nízkou závislost tloušťkových přírůstků na výčetní tloušťce jednotlivých ploch.



**Graf 10. U srubu – tloušťkový přírůst za období 2012–2016**

Série Samovýroba (viz Graf 11) vyšla obdobně jako předchozí série ve vztahu ke kontrolní ploše, na které vyšel nejnižší přírůstový trend tloušťkového přírůstu vůči výčetní tloušťce. Rozdíl oproti výsledkům z předchozích sérií spočívá v tom, že nejvyšší tloušťkový přírůstový trend byl zjištěn u tloušťkového přírůstu plochy s negativním výběrem.

Dále v této sérii vyšla hodnota  $R^2$  v rozmezí 0,6 až 0,72. To opět znázorňuje relativní závislost tloušťkového přírůstu na výčetní tloušťce u jednotlivých ploch. Dále graf ukazuje u kontrolní plochy patrné značné zastoupení nižších tloušťkových stupňů



Graf 11. Samovýroba - tloušťkový přírůst za období 2012–2016

### 5.2.1.2 Vyhodnocení přírůstů výčetní tloušťky, výšky a kruhové základny

Každá tabulka obsahuje 3 plochy z dané série.

V sérii Hřebínek (viz Tabulka 6) je v rámci kruhové základny patrné výrazně vyšší přírůstové procento na lokalitách, kde byla provedena výchova, než na lokalitě bez zásahu (kontrola). Rozdíl je tak výrazný, že ač celková kruhová základna na hektar v případě kontroly je přibližně 1,5krát větší než na lokalitách s výchovou, tak přírůst kruhové základny na hektar za období 2012–2016 je rozdílný pouze v rámci desetinných míst. Dále je z tabulky patrný výrazně nižší průměr kruhové základny na ploše kontrola než v případě ploch s výchovou. Zmíněný trend vyššího ročního přírůstového procenta na plochách s výchovou oproti kontrole je patrný i u výčetní tloušťky.

Při porovnání ploch s výchovou mezi sebou je u výčetní tloušťky a kruhové základny nejvyšší roční přírůstové procento na ploše s pozitivním výběrem.

Tabulka 6. Souhrnná charakteristika série Hřebínek

| Hřebínek        |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                    | Výšky (průměr v m) |       |                    | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                    |
|-----------------|--|--------------------------------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|---|--------|--------------------|
|                 |  | 2012                           | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přrůst 2012 - 2016 |
| Kontrola        | Průměr   | 15,63                          | 17,02 | 1,39               | 14,61              | 15,04 | 0,43               | 200,46                                      | 239,47 | 39,01              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 39,76                                       | 47,49  | 7,74               |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 2,23                           |       |                    | 0,73               |       |                    | <b>4,87</b>                                 |        |                    |
| Negativní výběr | Průměr   | 17,43                          | 19,57 | 2,14               | 14,51              | 14,86 | 0,35               | 242,41                                      | 306,64 | 64,23              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 27,07                                       | 34,24  | 7,17               |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 3,06                           |       |                    | 0,60               |       |                    | <b>6,62</b>                                 |        |                    |
| Pozitivní výběr | Průměr   | 17,27                          | 19,41 | 2,14               | 14,76              | 15,23 | 0,47               | 243,27                                      | 309,25 | 65,98              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 25,95                                       | 32,99  | 7,04               |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 3,10                           |       |                    | 0,80               |       |                    | <b>6,78</b>                                 |        |                    |

Série U srubu (viz Tabulka 7) je vyšší roční přírůstové procento všech veličin na ploše s pozitivním výběrem. Celkový přírůst kruhové základny na hektar byl také vyšší u ploch s výchovou než na ploše bez zásahu. U výčetní tloušťky a kruhové základny byly průměrné hodnoty nejnižší na kontrolní ploše.

Při porovnání počtu stromů kontrolní plochy (počet stromů na hektar byl 1617) a plochy s pozitivním výběrem (1233 stromů/ha) je zde rozdíl 384 stromů/ha. Přesto je celkový přírůst kruhové základny na hektar vyšší na ploše s pozitivním výběrem, což svědčí o výjimečné schopnosti smrku reagovat na uvolnění zvýšeným přírůstem.

Tabulka 7. Souhrnná charakteristika série U srubu

| U srubu         |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                     | Výšky (průměr v m) |       |                     | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                     |
|-----------------|--|--------------------------------|-------|---------------------|--------------------|-------|---------------------|---|--------|---------------------|
|                 |  | 2012                           | 2016  | Přírůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016  | Přírůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přírůst 2012 - 2016 |
| Kontrola        | Průměr   | 14,72                          | 15,98 | 1,26                | 13,32              | 13,69 | 0,37                | 177,03                                      | 208,68 | 31,65               |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                     |                    |       |                     | 28,62                                       | 33,74  | 5,12                |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 2,13                           |       |                     | 0,70               |       |                     | <b>4,47</b>                                 |        |                     |
| Negativní výběr | Průměr   | 15,92                          | 17,62 | 1,70                | 14,22              | 14,66 | 0,44                | 205,59                                      | 252,34 | 46,75               |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                     |                    |       |                     | 23,64                                       | 29,02  | 5,38                |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 2,66                           |       |                     | 0,78               |       |                     | <b>5,68</b>                                 |        |                     |
| Pozitivní výběr | Průměr   | 14,90                          | 16,71 | 1,81                | 12,34              | 12,90 | 0,56                | 181,63                                      | 230,08 | 48,44               |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                     |                    |       |                     | 22,40                                       | 28,38  | 5,97                |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 3,04                           |       |                     | 1,14               |       |                     | <b>6,67</b>                                 |        |                     |

V sérii Samovýroba (viz Tabulka 8) vyšly mírně rozdílné výsledky. Roční přírůstová procenta byla nejvyšší na ploše s negativním výběrem. Celkový počet stromů na této ploše byl nejmenší (1217 stromů/ha), na ploše s pozitivním výběrem bylo 1233 stromů/ha a nejvíce stromů bylo na kontrolní ploše (2600 stromů/ha). I přes méně jak poloviční počet stromů na hektar (negativní výběr ku kontrole) byl celkový přírůst kruhové základny na hektar vyšší o 1,95 m<sup>2</sup>/ha (jedná se o přírůst za období 2012 až 2016, nikoliv roční přírůst).

Průměrný tloušťkový přírůst byl také nejvyšší na ploše s negativním výběrem. Průměrná hodnota byla více jak dvojnásobná než u kontrolní plochy.

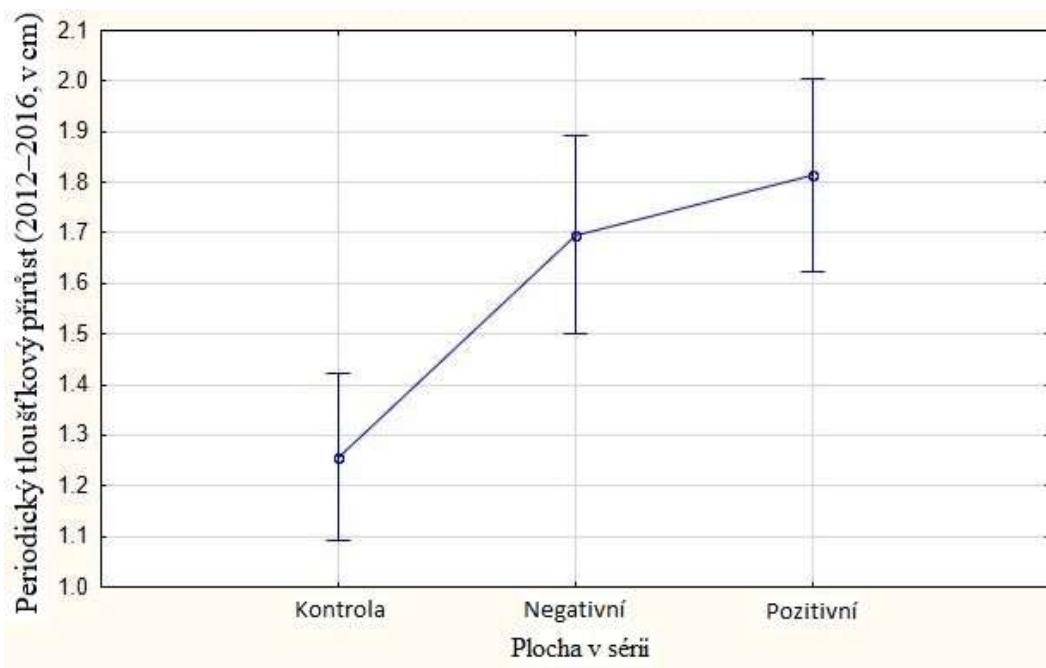
Tabulka 8. Souhrnná charakteristika série Samovýroba

| Samovýroba      |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                    | Výšky (průměr v m) |       |                    | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                    |
|-----------------|--|--------------------------------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|---|--------|--------------------|
|                 |  | 2012                           | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přrůst 2012 - 2016 |
| Kontrola        | Průměr   | 13,01                          | 14,29 | 1,28               | 12,60              | 12,91 | 0,30               | 146,59                                      | 177,75 | 31,16              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 38,11                                       | 46,21  | 8,10               |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 2,46                           |       |                    | 0,60               |       |                    | <b>5,31</b>                                 |        |                    |
| Negativní výběr | Průměr   | 15,74                          | 18,68 | 2,94               | 14,23              | 15,14 | 0,91               | 200,37                                      | 282,98 | 82,61              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 24,38                                       | 34,43  | 10,05              |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 4,68                           |       |                    | 1,59               |       |                    | <b>10,31</b>                                |        |                    |
| Pozitivní výběr | Průměr   | 15,72                          | 17,94 | 2,22               | 14,21              | 14,84 | 0,64               | 200,47                                      | 262,83 | 62,36              |
|                 | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |       |                    | 24,72                                       | 32,42  | 7,69               |
|                 | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 3,54                           |       |                    | 1,12               |       |                    | <b>7,78</b>                                 |        |                    |

### 5.2.1.3 Vyhodnocení dat pomocí programu Statistica

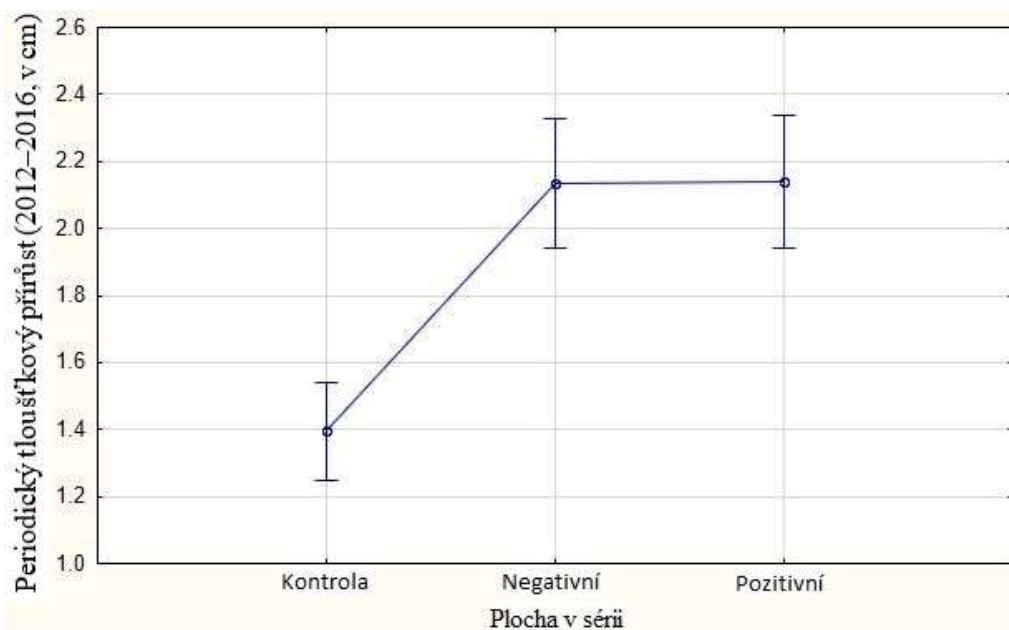
Posuzují se periodické běžné tloušťkové přírůsty stromů (z období 2012 až 2016) rozdělených podle ploch. V sérii U srubu (viz Graf 12) tyto tloušťkové přírůsty kontrolní plochy prokázaly statisticky průkazný rozdíl od tloušťkových přírůstů ploch s výchovným zásahem. Dále rozdíl tloušťkových přírůstů mezi plochami s výchovným zásahem nebyl statisticky významný.





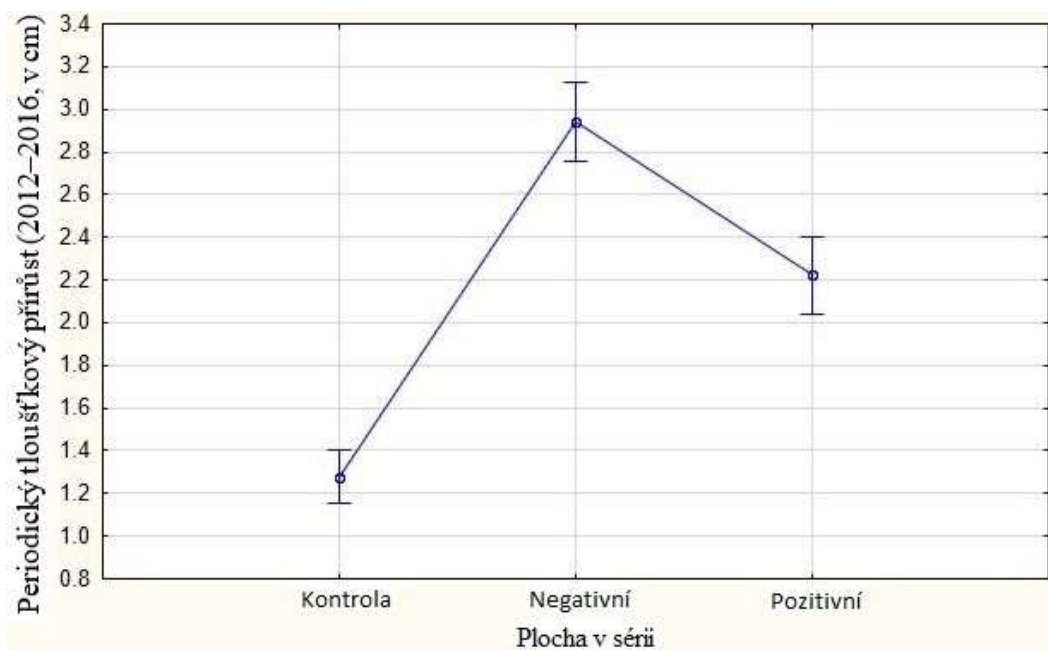
Graf 12. U srubu - statistické porovnání ploch v sérii

Výsledek v sérii U srubu byl podobný výsledku v sérii Hřebínek (viz Graf 13). Plochy s výchovným zásahem neprokázaly statisticky významný rozdíl u veličiny periodického tloušťkového přírůstu. Naopak tento přírůst u kontrolní plochy vykazoval statisticky průkazný rozdíl od tloušťkových přírůstů ploch, kde byla provedena výchova.



Graf 13. Hřebínek - statistické porovnání ploch v sérii

Výsledky u Samovýroby (viz Graf 14) byly rozdílné než výsledky u předchozích sérií. Periodické tloušťkové přírůsty všech ploch vykazovaly statisticky signifikantní rozdíly mezi sebou navzájem. V rámci této série byl zjištěn nejvyšší tloušťkový periodický přírůst za období 2012 až 2016 na ploše s negativním výběrem.



Graf 14. Samovýroba - statistické porovnání ploch v sérii

Porovná-li se jednotlivé série mezi sebou je patrný nejvyšší periodický tloušťkový přírůst v sérii Samovýroba. Týká se to zejména tloušťkové přírůstu plochy s negativní probírkou. Následují hodnoty přírůstů série Hřebínek s téměř vyrovnaným periodickým tloušťkovým přírůstem u ploch s výchovou. Nejhorší periodický tloušťkový přírůst vykazuje série U srubu.

#### 5.2.1.4 Štíhlostní kvocient

Z výsledků je patrné, že v každé sérii je nejvyšší štíhlostní kvocient na kontrolní ploše (viz Tabulka 9).

Tabulka 9. Štíhlostní kvocient u probírkových porostů

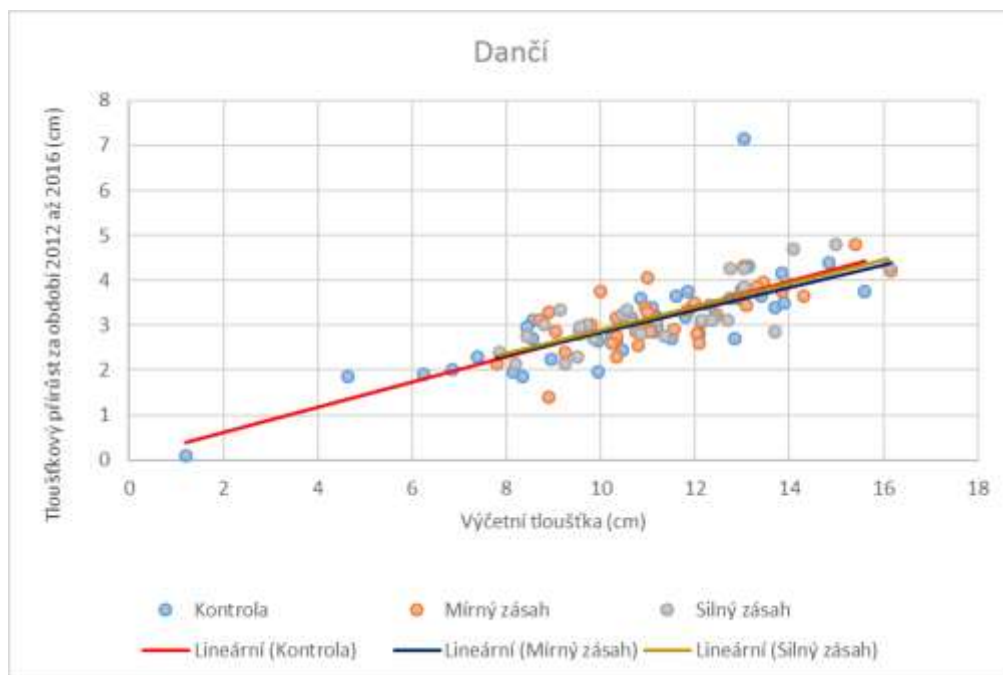
| Série      | Plocha          | Štíhlostní kvocient (m/cm) |
|------------|-----------------|----------------------------|
| Samovýroba | Kontrola        | 0,99                       |
|            | Negativní       | 0,83                       |
|            | Pozitivní výběr | 0,85                       |
| Hřebínek   | Kontrola        | 0,92                       |
|            | Negativní       | 0,77                       |
|            | Pozitivní výběr | 0,81                       |
| U srubu    | Kontrola        | 0,88                       |
|            | Negativní       | 0,85                       |
|            | Pozitivní výběr | 0,80                       |

## 5.2.2 Prořezávkové porosty

### 5.2.2.1 Posouzení tloušťkového přírůstu za období 2012-2016

V případě série Dančí (viz Graf 15) měly tloušťkové přírůstové trendy na jednotlivých plochách velmi podobný průběh.

Dále vykazovala série Dančí relativně dobrou závislost tloušťkového přírůstu na výčetní tloušťce u jednotlivých ploch. Znázorňuje to  $R^2$ , které je v rozmezí od 0,52 do 0,63.



Graf 15. Dančí - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016

Série Srnčí (viz Graf 16) již vykazuje rozdíly mezi tloušťkovými přírůstovými trendy jednotlivých ploch. Nejnižší tloušťkový přírůstový trend vykazuje kontrolní plocha a nejvyšší tloušťkový přírůstový trend plocha s mírným zásahem.

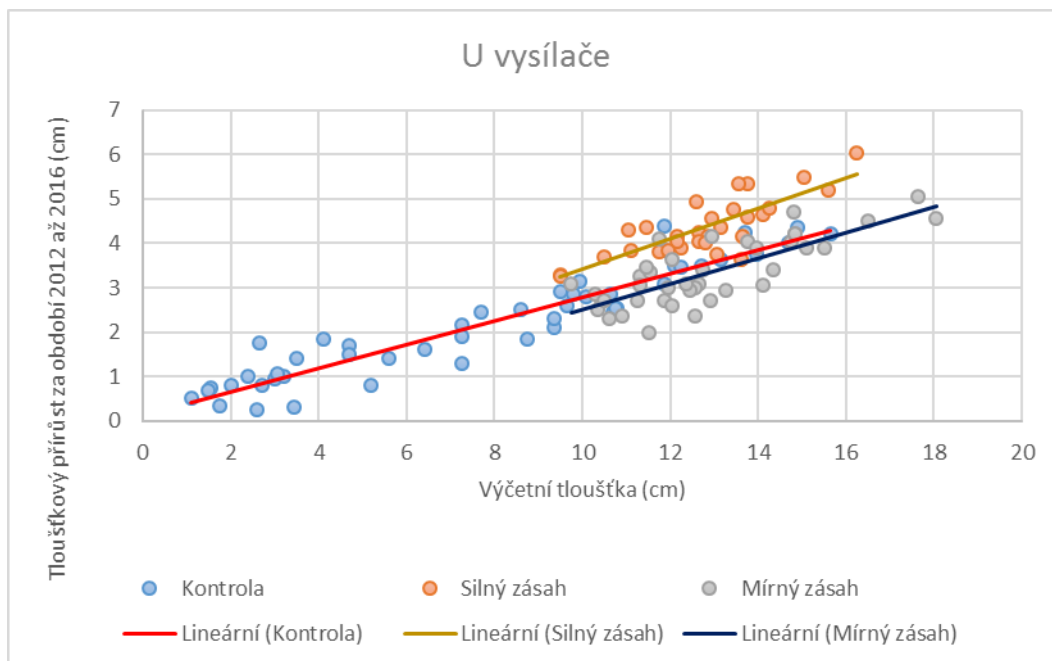
Hodnota  $R^2$  v této sérii je v rozmezí od 0,57 do 0,59. Naznačuje to opět závislost tloušťkového přírůstu na výčetní tloušťce u jednotlivých ploch.



Graf 16. Srnčí - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016

V sérii U vysílače (viz Graf 17) byla hodnota  $R^2$  v rozmezí od 0,61 do 0,89. To ukazuje relativně dobrou závislost tloušťkového přírůstu na výčetní tloušťce u jednotlivých ploch.

Dále je zde patrný rozdíl mezi plochami ohledně zastoupení tloušťkových stupňů. Kontrolní plocha má zastoupení jak nižších, tak i vyšších tloušťkových stupňů. Naopak plochy s výchovným zásahem mají zastoupení stromů převážně ve vyšších tloušťkových stupních.



Graf 17. U vysílače - tloušťkový přírůst v období 2012 až 2016

### 5.2.2.2 Vyhodnocení přírůstů výčetní tloušťky, výšky a kruhové základny

V sérii Dančí (viz Tabulka 10) se roční přírůstová procenta v rámci kruhové základny i výčetní tloušťky dost podobala mezi plochami navzájem. Menší rozdíly pak vznikaly při posuzování výšek, kdy plocha se silnější prořezávkou vykazovala nejvyšší přírůstové procento.

**Tabulka 10. Souhrnná charakteristika série Dančí**

| Dančí    |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                    | Výšky (průměr v m) |      |                    | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                    |
|----------|--|--------------------------------|-------|--------------------|--------------------|------|--------------------|---|--------|--------------------|
|          |  | 2012                           | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016 | Přrůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přrůst 2012 - 2016 |
| Slabší   | Průměr   | 8,17                           | 11,34 | 3,17               | 6,24               | 7,12 | 0,88               | 54,13                                       | 103,72 | 49,60              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 10,28                                       | 19,71  | 9,42               |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 9,69                           |       |                    | 3,52               |      |                    | <b>22,91</b>                                |        |                    |
| Kontrola | Průměr   | 7,67                           | 10,74 | 3,06               | 6,05               | 6,56 | 0,51               | 49,74                                       | 96,58  | 46,84              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 10,45                                       | 20,28  | 9,84               |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 9,98                           |       |                    | 2,10               |      |                    | <b>23,54</b>                                |        |                    |
| Silnější | Průměr   | 8,06                           | 11,28 | 3,22               | 5,87               | 7,01 | 1,15               | 53,05                                       | 103,45 | 50,40              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 7,96  | 15,52  | 7,56               |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 10,00                          |       |                    | 4,88               |      |                    | <b>23,75</b>                                |        |                    |

V sérii Srnčí bylo roční přírůstové procento (viz Tabulka 11) pro výčetní tloušťku, výšku i kruhovou základnu nejvyšší na ploše se slabším zásahem. Kontrolní plocha měla nejnižší roční přírůstová procenta všech veličin zde uvedených.

**Tabulka 11. Souhrnná charakteristika série Srnčí**

| Srnčí    |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                    | Výšky (průměr v m) |      |                    | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                    |
|----------|--|--------------------------------|-------|--------------------|--------------------|------|--------------------|---|--------|--------------------|
|          |  | 2012                           | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016 | Přrůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přrůst 2012 - 2016 |
| Slabší   | Průměr   | 7,77                           | 11,29 | 3,52               | 5,81               | 6,71 | 0,90               | 50,16                                       | 104,59 | 54,43              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 9,78  | 20,40  | 10,61              |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 11,34                          |       |                    | 3,88               |      |                    | <b>27,13</b>                                |        |                    |
| Kontrola | Průměr   | 8,30                           | 11,44 | 3,14               | 5,99               | 6,86 | 0,87               | 57,51                                       | 108,05 | 50,54              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 11,22                                       | 21,07  | 9,86               |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 9,47                           |       |                    | 3,62               |      |                    | <b>21,97</b>                                |        |                    |
| Silnější | Průměr   | 9,11                           | 12,85 | 3,74               | 6,32               | 7,29 | 0,97               | 67,27                                       | 133,09 | 65,82              |
|          | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 10,09                                       | 19,96  | 9,87               |
|          | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 10,25                          |       |                    | 3,84               |      |                    | <b>24,46</b>                                |        |                    |

Série U vysílače (viz Tabulka 12) vykazovala výrazně vyšší roční přírůstové procento kruhové základny na ploše se silnějším zásahem, zatímco nejmenší bylo u plochy se slabším zásahem. Podobné poměry ročních přírůstových procent byly vyhodnoceny u výčetní tloušťky i výšky.

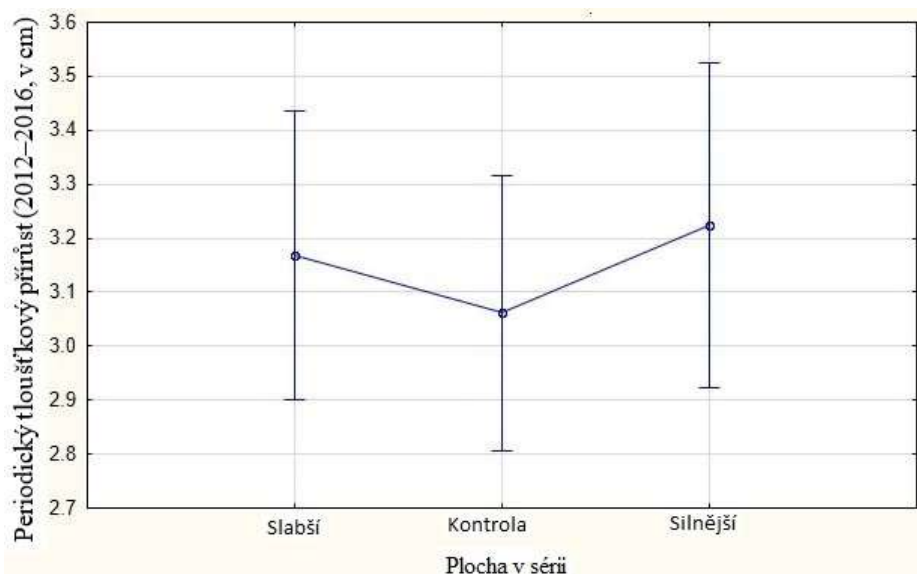
Tabulka 12. Souhrnná charakteristika série U vysílače

| U vysílače |  | Výčetní tloušťka (průměr v cm) |       |                    | Výšky (průměr v m) |      |                    | Kruhová základna (průměr v m <sup>2</sup> ) |        |                    |
|------------|--|--------------------------------|-------|--------------------|--------------------|------|--------------------|---|--------|--------------------|
|            |  | 2012                           | 2016  | Přrůst 2012 - 2016 | 2012               | 2016 | Přrůst 2012 - 2016 | 2012  | 2016   | Přrůst 2012 - 2016 |
| Slabší     | Průměr   | 9,50                           | 12,83 | 3,33               | 6,89               | 7,71 | 0,81               | 72,49                                       | 132,21 | 59,72              |
|            | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 14,86                                       | 27,10  | 12,24              |
|            | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 8,77                           |       |                    | 2,95               |      |                    | <b>20,60</b>                                |        |                    |
| Kontrola   | Průměr   | 5,58                           | 7,78  | 2,20               | 4,60               | 5,40 | 0,81               | 32,24                                       | 61,76  | 29,52              |
|            | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 7,90  | 15,13  | 7,23               |
|            | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 9,84                           |       |                    | 4,38               |      |                    | <b>22,89</b>                                |        |                    |
| Silnější   | Průměr   | 8,42                           | 12,77 | 4,35               | 6,19               | 8,51 | 2,32               | 56,54                                       | 129,90 | 73,36              |
|            | Kruhová základna převedena na m <sup>2</sup> /ha |                                |       |                    |                    |      |                    | 8,48  | 19,48  | 11,00              |
|            | Roční přírůstové procento za období 2012 - 2016  | 12,93                          |       |                    | 9,37               |      |                    | <b>32,44</b>                                |        |                    |

### 5.2.2.3 Vyhodnocení dat pomocí programu Statistica

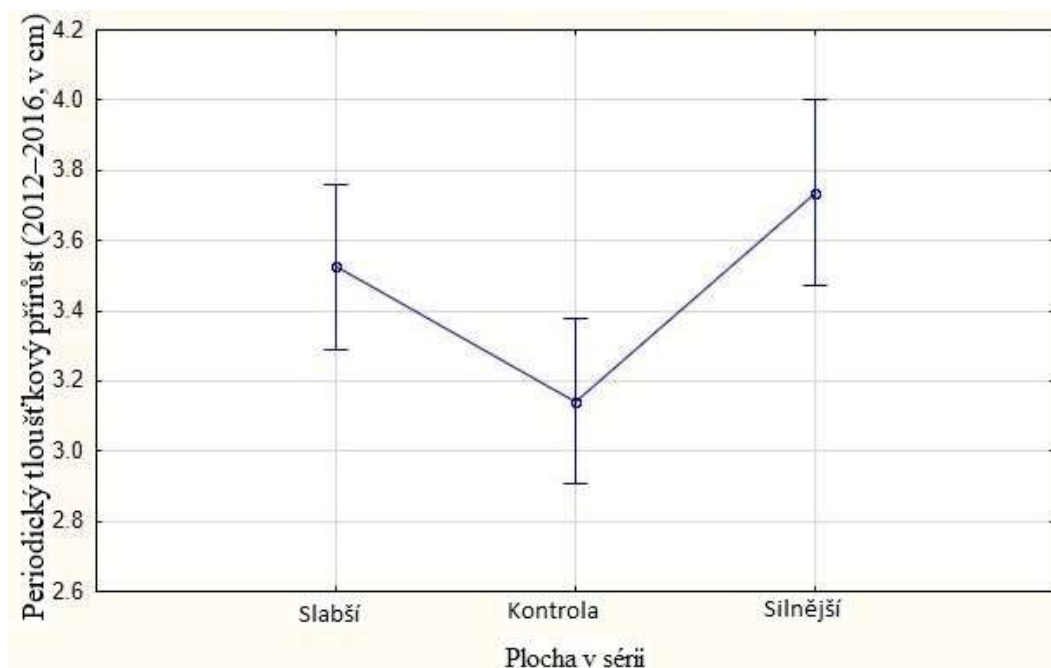
Posuzují se periodické běžné tloušťkové přírůsty stromů rozdělených podle ploch. Výsledné hodnoty byly odlišné než u probírkových porostů.

V sérii Dančí (viz Graf 18) nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi periodickými tloušťkovými přírůsty jednotlivých ploch. Nejmenší periodický tloušťkový přírůst je u kontrolní plochy. Zatímco největší periodický tloušťkový přírůst je na ploše se silnějším zásahem.



Graf 18. Dančí - statistické porovnání ploch v sérii

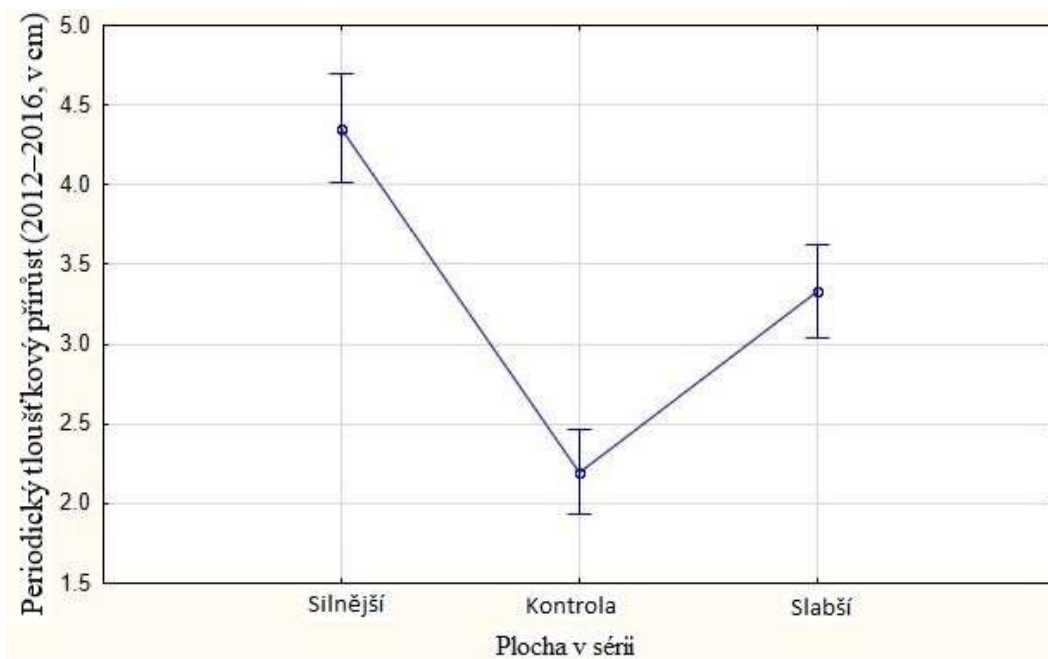
Podobná situace je vidět v sérii Srnčí (viz Graf 19). Nicméně je zde statisticky významný rozdíl tloušťkového přírůstu kontrolní plochy a tloušťkového přírůstu plochy se silnějším zásahem. Opět na kontrolní ploše byl nejmenší tloušťkový přírůst, zatímco na ploše se silnějším zásahem byl nejvyšší.



Graf 19. Srnčí - statistické porovnání ploch v sérii

V sérii U vysílače (viz Graf 20) byly prokázány statisticky významné rozdíly periodických tloušťkových přírůstů na všech plochách. Celkově stále byl na kontrolní ploše vykazován nejmenší tloušťkový přírůst a nejvyšší tloušťkový přírůst byl opět u plochy se silnějším zásahem.





Graf 20. U vysílače - statistické porovnání ploch v sérii

#### 5.2.2.4 Štíhlostní kvocient

Opět je z výsledků zřejmé, že v každé sérii je nejvyšší štíhlostní kvocient na kontrolní ploše (viz Tabulka 13).

Tabulka 13. Štíhlostní kvocient u prořezávkových porostů

| Série      | Plocha      | Štíhlostní kvocient (m/cm) |
|------------|-------------|----------------------------|
| Dančí      | Kontrola    | 0,67                       |
|            | Mírný zásah | 0,64                       |
|            | Silný zásah | 0,63                       |
| Srncí      | Kontrola    | 0,62                       |
|            | Mírný zásah | 0,61                       |
|            | Silný zásah | 0,58                       |
| U vysílače | Kontrola    | 0,85                       |
|            | Mírný zásah | 0,61                       |
|            | Silný zásah | 0,67                       |

### 5.3 Datalogery a dendrometry

Tabulka 14 zobrazuje výsledky z mechanických dendrometrů. Jsou zde zobrazeny výsledky z roku 2015 a také průměrné přírůsty obvodu z roku 2014. Nejvyšší průměrný tloušťkový přírůst z těchto vzorníků je na ploše s negativním výběrem. Naopak nejnižší průměrný tloušťkový přírůst byl na kontrolní ploše.

**Tabulka 14. Výsledky z mechanických dendrometrů z ploch ze série Samovýroba se základními charakteristikami růstu v roce 2015 (Remeš 2014)**

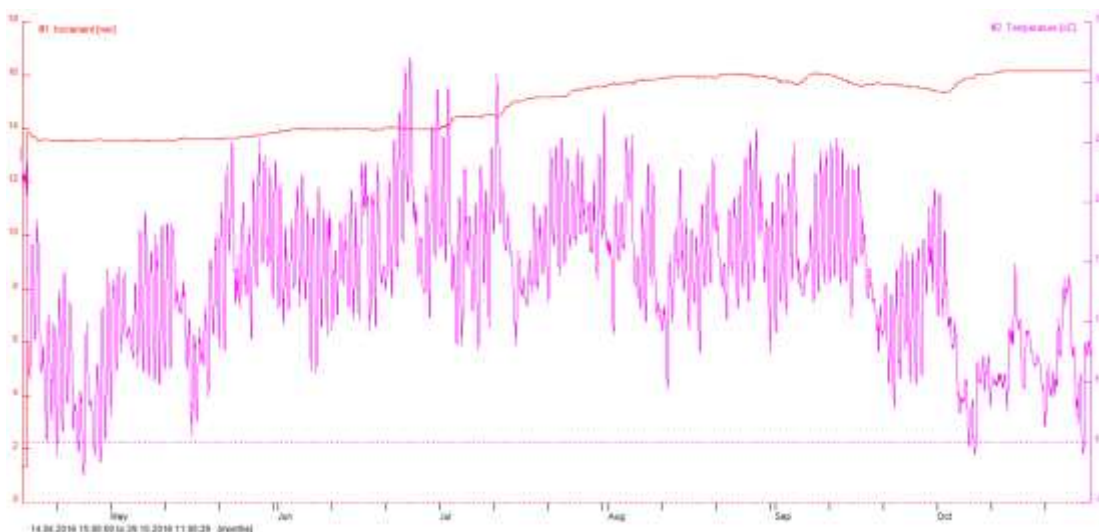
| Samovýroba                |               |                  |                       |             |  |   |                            |                              |
|---------------------------|---------------|------------------|-----------------------|-------------|--|---|----------------------------|------------------------------|
| Plocha                    | Č. stromu     | Charakteristika  | Výčetní tloušťka (cm) | Výška (m)   | Počáteční nastavení dendrometr u 27.03. (mm) | Konečné nastavení dendrometr u 7.10. (mm) | Přírůst obvodu 27.3.-7.10. | Tloušťkový přírůst (mm)      |
| 1.<br>kontrolní<br>plocha | 128           | Relat. Uvolněný  | 13,7                  | 14,1        | 18,3   | 24,8                                      | 6,5                        | 2,07                         |
|                           | 129           | Relat. Uvolněný  | 22                    | 22,7        | 24,3   | 32,1                                      | 7,8                        | 2,48                         |
|                           | 112           | V zápoji         | 19,5                  | 19,7        | 22   | 28  | 6,0                        | 1,91                         |
|                           | 99            | V zápoji         | 17,1                  | 17,3        | 20,7   | 28,4                                      | 7,7                        | 2,45                         |
|                           | 98            | V zápoji         | 11,1                  | 10,9        | 12   | 13,1                                      | 1,1                        | 0,35                         |
|                           | <b>průměr</b> |                  |                       | <b>16,7</b> | <b>16,9</b>                                  |   |                            | <b>5,82</b><br>12,8 r. 2014  |
| 2.<br>negativní<br>výběr  | 69            | Střední uvolněný | 19,8                  | 20          | 39,2   | 62,3                                      | 23,1                       | 7,35                         |
|                           | 53            | Menší uvolněný   | 16,8                  | 16,3        | 29,6   | sundaný                                   |                            |                              |
|                           | 3             | V zápoji         | 15,2                  | 14,8        | 24,7   | 37,4                                      | 12,7                       | 4,04                         |
|                           | 4             | V zápoji         | 20,9                  | 21          | 36,5   | 56,2                                      | 19,7                       | 6,27                         |
|                           | 5             | V zápoji         | 13,2                  | 13,1        | 17   | 25,1                                      | 8,1                        | 2,58                         |
|                           | <b>průměr</b> |                  |                       | <b>17,2</b> | <b>17,0</b>                                  |   |                            | <b>15,9</b><br>24,6 r. 2014  |
| 3.<br>pozitivní<br>výběr  | 96            | uvolněný         | 17,8                  | 18,1        | 35,5   | 49,5                                      | 14,0                       | 4,46                         |
|                           | 61            | Uvolněný         | 21,5                  | 20,9        | 36,1   | 58,6                                      | 22,5                       | 7,16                         |
|                           | 70            | Uvolněný         | 12,8                  | 12,8        | 15,9   | 26,9                                      | 11,0                       | 3,50                         |
|                           | 23            | V zápoji         | 14,5                  | 14,5        | 19,9   | 28  | 8,1                        | 2,58                         |
|                           | 7             | V zápoji         | 20,8                  | 20,4        | 11,8   | 30,4                                      | 18,6                       | 5,92                         |
|                           | <b>průměr</b> |                  |                       | <b>17,5</b> | <b>17,3</b>                                  |   |                            | <b>14,84</b><br>18,2 r. 2014 |

Tabulka 15 obsahuje doplňující data ke grafům z výsledků dataloggerů. Z vybraných jedinců je patrný nejvyšší tloušťkový přírůst na ploše s pozitivním výběrem. Naopak nejnižší tloušťkový přírůst byl na kontrolní ploše.

Tabulka 15. Základní údaje ke grafům z dataloggerů

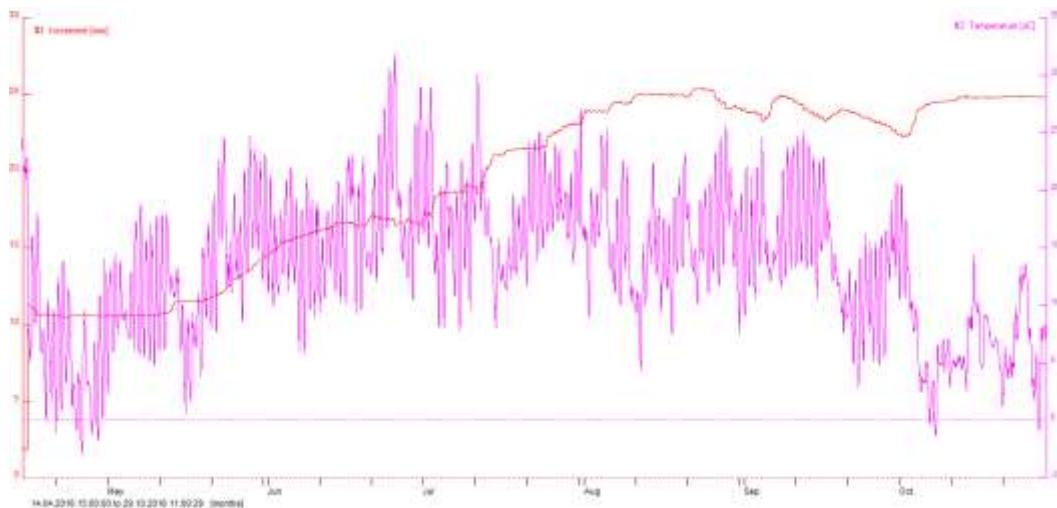
| Plocha             | Číslo dataloggeru    | Číslo stromu  | Počáteční nastavení dataloggeru | Konečné nastavení dataloggeru | Přírůst obvodu 2016 (mm) | Tloušťkový přírůst v roce 2016 (mm) | Průměrné tloušťkové přírůsty (mm) | Výčetní tloušťka (cm) | Výška (m) |
|--------------------|----------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|
| 1. kontrola        | datalogger č. 80     | č. stromu 138 | 13,50                           | 16,11                         | 2,61                     | 0,83                                | 2,43                              | 14,25                 | 13,25     |
|                    | datalogger č. 75     | č. stromu 122 | 18,04                           | 24,26                         | 6,22                     | 1,98                                |                                   | 18,20                 | 14,41     |
|                    | datalogger č. 81     | č. stromu 144 | 10,69                           | 24,77                         | 14,08                    | 4,48                                |                                   | 24,75                 | 15,86     |
| 2. negativní výběr | datalogger č. 79     | č. stromu 38  | 4,14                            | 29,23                         | 25,08                    | 7,98                                | 6,60                              | 27,70                 | 17,32     |
|                    | datalogger č. 78     | č. stromu 56  | 22,64                           | 37,55                         | 14,91                    | 4,75                                |                                   | 15,80                 | 14,34     |
|                    | datalogger č. 78 (1) | č. stromu 40  | 24,39                           | 46,64                         | 22,25                    | 7,08                                |                                   | 20,00                 | 15,60     |
| 3. pozitivní výběr | datalogger č. 83     | č. stromu 89  | 18,15                           | 44,11                         | 25,96                    | 8,26                                | 7,98                              | 23,70                 | 16,30     |
|                    | datalogger č. 82     | č. stromu 77  | 17,80                           | 46,79                         | 28,99                    | 9,23                                |                                   | 25,95                 | 16,74     |
|                    | datalogger č. 82 (1) | č. stromu 53  | 19,31                           | 39,58                         | 20,26                    | 6,45                                |                                   | 21,85                 | 15,90     |

U stromu č. 138 (viz Graf 21) byl zaznamenán přírůst obvodu ve výčetní výšce pouhých 2,6 mm. Strom se nachází na kontrolní ploše v hustém zápoji a je bez uvolnění.



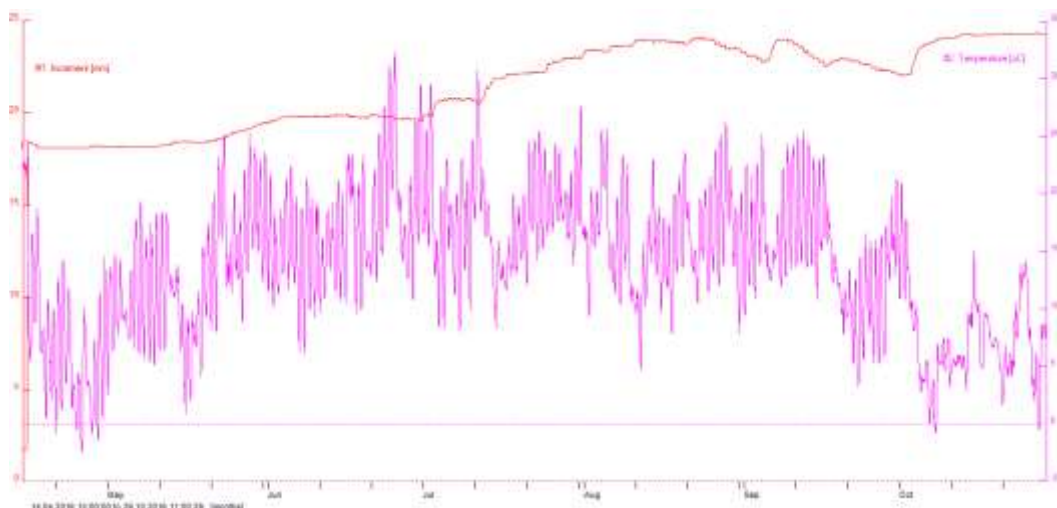
Graf 21. Strom č. 138 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016

Strom č. 144 (viz Graf 22) se nachází v zápoji bez výchovného zásahu. Jeho přírůst obvodu je 14,08 mm, což je nejvyšší přírůst obvodu z těchto 3 jedinců měřených na kontrolní ploše.



**Graf 22. Strom č. 144 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Strom č. 122 (viz Graf 23) má přírůst obvodu 6,22 mm. Je tedy méně jak poloviční oproti stromu č. 144. Také se nachází na kontrolní ploše.



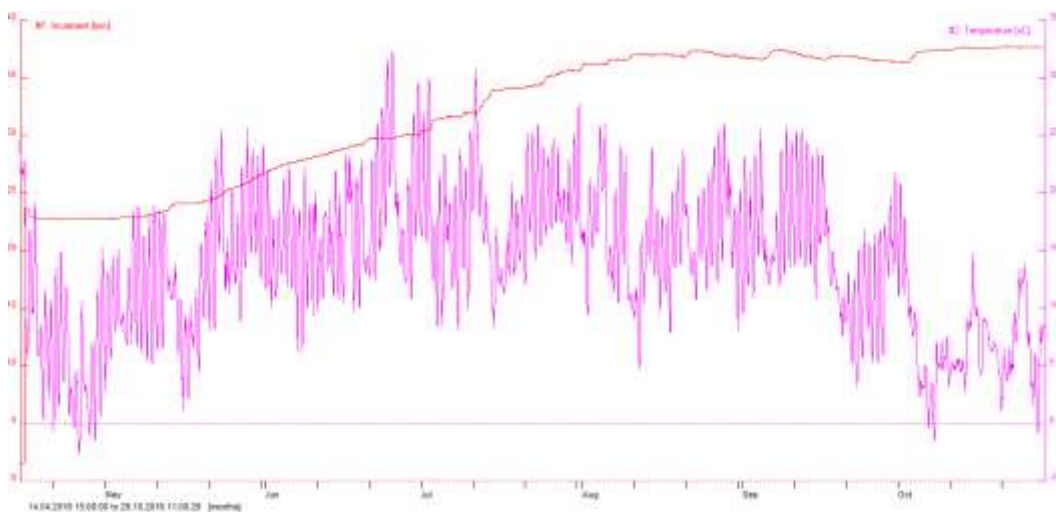
**Graf 23. Strom č. 122 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Strom č. 38 (viz Graf 24) byl uvolněný výchovným zásahem. Jeho přírůst obvodu byl 25,08 mm. Na ploše s podúrovňovou probírkou se jedná o nejvyšší přírůst obvodu ze třech jedinců, které zde byly měřeny datalogery.



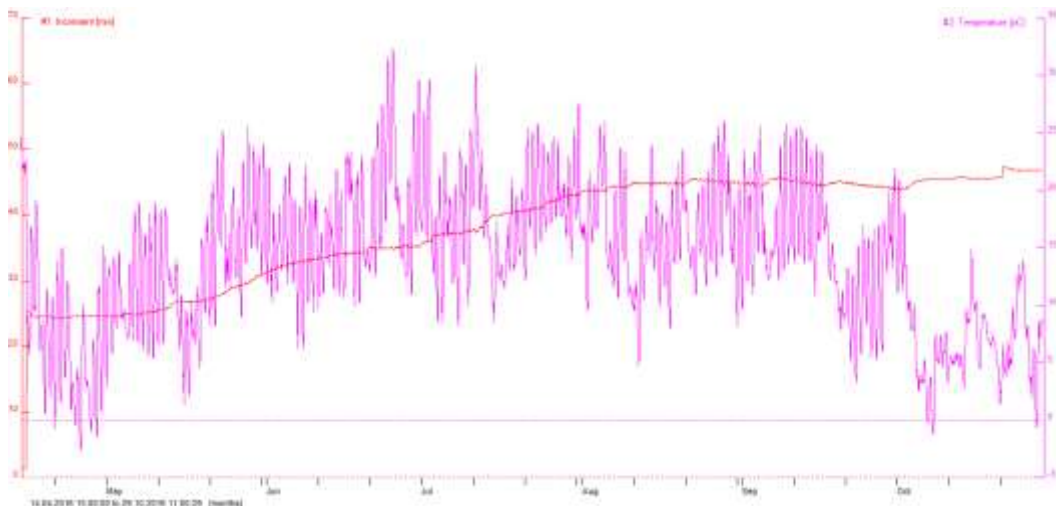
Graf 24. Strom č. 38 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016

Strom č. 56 (viz Graf 25) byl také uvolněn výchovným zásahem. Jeho přírůst obvodu je 14,91 mm. Je to přírůst srovnatelný s přírůstem stromu č. 144 z kontrolní plochy.



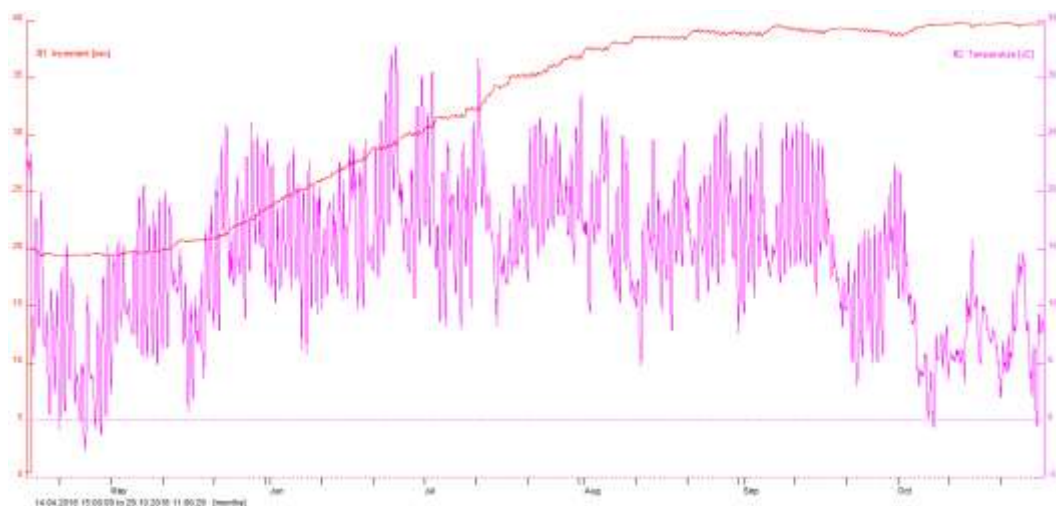
Graf 25. Strom č. 56 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016

Posledním stromem takto měřeným na ploše s podúrovňovou probírkou je strom č. 40 (viz Graf 26). Jeho přírůst obvodu je 22,25 mm.



**Graf 26. Strom č. 40 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Strom č. 53 (viz Graf 27) se nachází na ploše s pozitivní probírkou. Jeho přírůst obvodu je 20,26 mm.



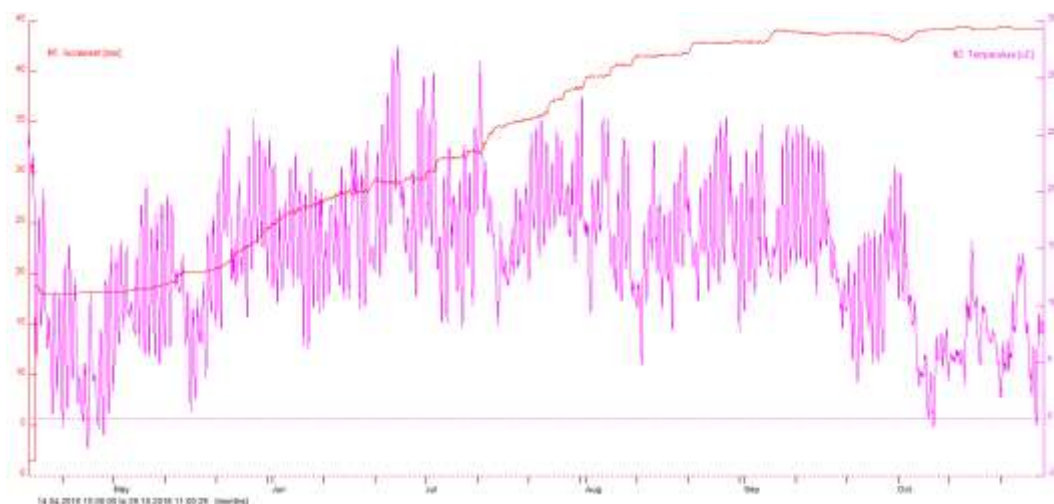
**Graf 27. Strom č. 53 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Dalším jedincem na ploše s pozitivním výběrem byl strom s č. 77 (viz Graf 28), který byl uvolněn výchovným zásahem. Jeho přírůst obvodu v roce 2016 byl 28,99 mm. To je nejvyšší přírůst obvodu z 9 jedinců měřených v sérii Samovýroba pomocí dataloggerů.



**Graf 28. Strom č. 77 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Poslední jedinec je strom č. 89 (viz Graf 29). Také byl uvolněn výchovným zásahem a je na ploše s pozitivním výběrem. Jeho přírůst obvodu je 25,96 mm.



**Graf 29. Strom č. 89 - průběh tloušťkového přírůstu v roce 2016**

Sledované stromy na plochách s provedeným zásahem skutečně vykazovaly vyšší přírůsty obvodů i výčetních tlouštěk na rozdíl od těchto hodnot stromů na kontrolní ploše. Například strom č. 56 v podúrovni na ploše s uvolněním měl srovnatelný tloušťkový přírůst s tloušťkovým přírůstem dominantního stromu č. 144 na kontrolní ploše. Dále strom č. 77 na ploše s pozitivním výběrem vykazuje vyšší tloušťkový přírůst než strom č. 38 z plochy s negativním výběrem, který má vyšší výčetní tloušťku i výšku. Nejvyšší tloušťkové přírůsty vykazují stromy č. 38, 89 a 77 (viz Tabulka 15). Průměrný tloušťkový přírůst je nejvyšší na ploše

s pozitivním výběrem. A nejmenší průměrný tloušťkový přírůst je na kontrolní ploše.

Porovnáním počátků přirůstání tlouštěk stromů na jednotlivých plochách byl zjištěn až o 8 dní pozdější začátek tohoto přirůstání stromů na kontrolní ploše (začátky od 11. 5 do 13. 5.) než počátky přirůstání tlouštěk stromů u ploch s výchovou. Nejranější tloušťkový přírůst byl zjištěn u stromů na ploše s negativním výběrem (od 5. 5. do 9. 5.). Stromy na ploše s pozitivním výběrem začaly přirůstat o něco později (8. 5. až 10. 5.).

#### **5.4 Syntéza poznatků a návrh postupu výchovy**

Diplomová práce byla součástí řešení projektu, v jehož rámci byla navržena metodika (Remeš et al. 2016), která komplexně přistupuje k návrhu výchovy dvou modelových dřevin, smrku a buku. Její součástí je pěstební i ekonomická optimalizace výchovy. Vychází jak z 5letého výzkumu, tak navazuje na výzkumy minulých let. Na TVP byly proto zjišťovány nejen dendrometrické a taxační veličiny jednotlivých stromů a porostů (výčetní tloušťka, výška, objem, kruhová základna a zásoba), ale byly provedeny i předběžné cenové kalkulace. Pro vyhotovení cenové kalkulace bylo nezbytné provést sortimentaci. Rozměrová sortimentace byla provedena podle tabulek pro smrkové porosty (Pařez a Michalec 1987). Následovala kvalitativní sortimentace, která byla provedena za pomoci analýz (Hradecká lesní a dřevařská společnost a.s. 2016). Tržní ceny byly převzaty z aktuálních dat zveřejněných Českým statistickým úřadem (Remeš 2014). Na plochách měřených na podzim roku 2016 byl dopočítán objem pomocí objemových rovnic (Petráš a Pajtík 1991). Naeslundova funkce byla použita pro vytvoření výškového grafikonu. Výsledkem pak jsou výchovné postupy (viz Tabulka 16).



Tabulka 16. Modely smrkových porostů (Remeš 2016)

| CHS 45  |   |  |                     |                                   |
|---|---|--|---------------------|-----------------------------------|
| Horní výška* (m)  | Počet stromů na ha po zásahu (ks)/počet cílových stromů | Průměrný rozestup stromů/cílových stromů (m) | Stáří porostu (let) | Decenální procenta probírek** (%) |
| 5   | 1600  | 2,5  |                     |                                   |
| 10  | 1200/200  | 2,9 (7)                                      |                     |                                   |
| 20  | 900/100   | 3,3 (10)                                     |                     |                                   |
|   |   |  | 31-40               | 10                                |
|   |   |  | 41-50               | 8                                 |
|   |   |  | 51-60               | 7                                 |
|   |   |  | 61-70               | 6                                 |
|   |   |  | 71-80               | 5                                 |
|   |   |  | 81-90               | 4                                 |
|   |   |  | 91-100              | 4                                 |
| *Definována jako výška 100 nejsilnějších stromů na 1 hektaru plochy porostu. V praxi lze určit jako aritmetický průměr 10 nejvyšších stromů v porostu v okruhu ca 15 m. |   |  |                     |                                   |
| **Pro plně zakmeněné porosty (včetně přirozené mortality)   |   |  |                     |                                   |

Návrh výchovy pro smrkové porosty (Tabulka 16) doporučuje provést první zásah při horní výšce 5 m. Tento zásah je převážně negativní v podúrovni, ale kvůli snížení počtu až na 1600 jedinců na hektar, se musí částečně zasáhnout i do úrovně. Již při tomto zásahu je vhodné udělat rozčlenění porostu pomocí linek se šířkou 4 m.

Další zásahy se doporučuje provést také negativní v podúrovni s kombinací úrovnového pozitivního výběru. Druhý zásah by měl být proveden při horní výšce 10 m a redukce počtu stromů by měla dosáhnout 1200 jedinců na hektar. Třetí zásah se pak navrhuje provést při 20 metrech horní výšky s redukcí na 900 stromů/ha. Pozitivní zásah je potřeba učinit s ohledem na 200 cílových jedinců vybraných v porostu. Jedná se o kvalitní jedince, u kterých se doporučuje na bohatých stanovištích provést vyvětvování pro zajištění co možná nejvyšší kvality. To by mělo zajistit stabilitu jak stromů, tak porostu.

Probírkové návrhy jsou dále navrženy podle decenálních procent. Vzhledem

k tomu, že se jedná o bohatší stanoviště, tak se doporučuje provádět probírky spíše silnější (v porovnání s chudšími či kyselějšími půdami). Důraz je kladen na stabilitu porostů vůči abiotickým činitelům, které bude dosaženo stabilními jedinci v porostu (Remeš 2016).

## 6 Diskuse

Již dlouhou dobu se výchova lesních porostů uplatňuje v lesnické praxi. Jejím pomocí je možno ovlivnit vyvíjející se porost až už po stránce plnění produkčních či mimoprodukčních funkcí. Obecně v lesních porostech při rostoucím stupni jejich hemerobie (tj. nepřirozenost) úměrně roste potřeba využít výchovu jako stabilizační faktor. Obzvláště v České republice se tedy jedná o velmi důležitou součást pěstebních opatření, a to především ve smrkových stejnověkových a nesmíšených porostech, které se nacházejí mimo areál svého přirozeného výskytu (Slodičák a Novák 2006).

Dalším cílem výchovných zásahů je snaha o zvýšení objemové dřevní produkce (Pretzsch 2005, Kramer 1988, Assmann 1961). Dále je však možno výchovnými zásahy působit i na kvalitu porostu, druhovou skladbu a na plnění estetické, ekologické a environmentální funkce (Chroust 1997).

Důležitou částí hospodaření v lesích je ekonomická efektivnost. Naproti tomu stojí poměrně nákladná výchova zejména mladých lesních porostů. Proto jsou zde tlaky na to, jak zefektivnit hospodaření v lesích a zároveň přitom změnit strukturu lesů vedoucí k více přírodnímu charakteru vzhledem k intenzitě a způsobu využívání lesních porostů (Remeš et al. 2016). Tím se zabývá například Pulkrab (2006) a Pulkrab et al. (2010).

Pro smrk ztepilý je pro definování zásad výchovy velmi důležitá dobrá přírůstová reakce na uvolnění. Z předložených výsledků je patrný vyšší přírůst například kruhové základny u ploch s výchovou, než u ploch bez výchovy. Je to v této práci demonstrováno jak na prořezávkových, tak na probírkových porostech. To poukazuje na dobrou reakci na uvolnění nejenom v raném mládí. To koresponduje se závěrem Polena (1967), který uvádí, že přírůstová reakce na uvolnění korun je u smrku stále udržována i ve vyšším věku, kde však již nedosahuje takového přírůstu, jako v mladých porostech. Nebylo však

prokázáno, že by výchovné zásahy vedly ke zvýšení horní porostní výšky (Laasasenaho a Koivuniemi 1990; Mäkinen a Isomäki 2004).

Jak již bylo uvedeno, mezi hlavní cíle výchovy smrkových porostů patří kvantitativní a kvalitativní produkce, stabilita a zlepšení zdravotního stavu. V zájmovém území je třeba usilovat zejména o zlepšení stability a zdravotního stavu.

Pro dobrou stabilitu porostu je obzvláště důležité začít s výchovou již v raném věku porostu. Silné výchovné zásahy poskytnou smrku dostatek prostoru a podpoří to vytvoření souměrného a stabilního kmene a také mohutného kořenového systému (Slodičák 1996). Štíhlostní kvocient je jedním z ukazatelů stability porostu. Například Slodičák (1983) uvádí, že mladší stromy s vysokým štíhlostním kvocientem jsou nejvíce poškozovány mokřým sněhem.

Z výsledků je zjevné, že výchovné zásahy podpořily celkovou stabilitu porostu. Kontrolní plocha vyšla ve všech sériích s nejvyšším štíhlostním kvocientem (v rozmezí od 0,62 do 0,99, s průměrnou hodnotou 0,82), a tak se potenciálně jedná o nejlabilnější plochy v rámci sérií.

Samozřejmě je také cílem dosáhnout dobré kvantitativní i kvalitativní produkce, jak bylo zmíněno již výše. Bohdanecký (1890) pro zajištění kvantitativní produkce doporučoval pěstovat smrk ve volném zápoji v první polovině obmýetí, zatímco v té druhé již doporučil jej pěstovat v hustém zápoji pro zajištění kvalitativní produkce. Pretzsch (2005) uvádí, že při výchově smrkových porostů se nanejvýš v malé míře může zvýšit COP a zásoba hlavního porostu do doby obmýetí.

Zatím se jeví, že zdravotní stav se výchovnými zásahy zlepšil. Například odstraněním nevhodných jedinců nebo naopak podpořením nadějných jedinců. Nicméně tento cíl bude potvrzen až v delším časovém horizontu.

Klimatická analýza prokázala zejména negativní vliv ve smyslu srážek na přírůst tloušťky smrku. Dreyer a Aussenac (1996) ukazují negativní dopad klimatických změn na produkci a vitalitu porostů.

Navržený postup výchovy doporučuje silné výchovné zásahy zejména v raném mládí porostu. Probírky se navrhuje provádět s nižší intenzitou každé decénium. K podobným výsledkům dospěl Slodičák a Novák (2007). Rozdíl v jejich modelu

výchovy pro CHS 45 spočívá v počtu označených cílových jedinců při druhém výchovném zásahu. Doporučují jich přibližně dvojnásobné množství (300–400 stromů/ha). Dalším rozdílem pak je výchova v druhé polovině obmýtí. Navrhují pouze jeden menší podúrovňový zásah při horní výšce porostu 25 m (tedy kolem 70 let věku).

## **7 Závěr**

U smrkových porostů je v dnešní době důležité dosáhnout zvýšení jejich stability a celkové vitality, a zajistit tím produkci dřeva. Toho je možné dosáhnout vhodnými výchovnými zásahy, které jsou provedeny včas a ve vhodné intenzitě. Zde jsou prezentovány výsledky experimentálně realizované výchovy, které ukazují na zlepšení jak přírůstu, tak i stability smrkových porostů. Z těchto výsledků pak vychází detailní návrh postupu výchovy. Lze přitom uplatnit oba přístupy výchovných zásahů (pozitivní a negativní výběr a výběr různé intenzity), jelikož výsledky obou způsobů ukazují pozitivní přírůstovou reakci.

Výchova v mladších porostech bude mít pravděpodobně větší pozitivní efekt na zdravotní stav než u starších porostů. Je to mimo jiné i kvůli přístupu většího množství vody k půdě snížením vysoké intercepce mladých porostů, který vede ke zvýšení vitality, což je důležité zejména v posledních srážkově podprůměrných letech.

Bylo prokázáno, že i starší (probírkové) porosty vykazují pozitivní přírůst, dokonce to bylo ještě jednoznačnější než v případě mladších (prořezávkových) porostů. Jedním z důvodů může být to, že v prořezávkových porostech byly v průběhu konání experimentu provedeny asanační zásahy proti kůrovci pro udržení uspokojivého zdravotního stavu. To ovlivnilo počty stromů na jednotlivých variantách, kdy došlo k jejich výraznému vyrovnání. Pouze série U vysílače si udržela charakter navržený experimentem. Také v sérii U srubu byly provedeny asanační zásahy proti kůrovci.

Experiment bude pokračovat pod vedením pana doc. Ing. Jiřího Remeše, Ph.D., i v dalších letech. Výsledky, jež jsou zde prezentovány, jsou doporučením vhodným pro hospodaření. Nicméně i nadále budou zpřesňovány.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- ASSMANN, E., 1961. *Waldetragskunde: organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbest.* [online]. München - Bonn - Wien: BLV Verlagsgesellschaft, 490. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=7kdGAAAAMAAJ>
- BOHDANECKÝ, J., 1890. *Statisticko-topografický a lesnický popis knížecích schwarzenberských lesů panství Vorlíka*, Praha, 106.
- ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2017. *Portál ČHMÚ Historická data Počasí-Základní informace* [online] [vid. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>
- DENDROLAB, 2017. *DendroClim 2002 Software* [online] [vid. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/fbiondi/Dendroserv/dendroclim2002.htm>
- DREYER, E.; AUSSENAC, G., 1996. Ecology and physiology of oaks in a changing environment. *Annales des Sciences Forestieres*. **53**(2–3), 161–166.
- EMS BRNO, 2017. *Software Mini32* [online] [vid. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://www.emsbrno.cz/p.axd/en/Software.html>
- HRADECKÁ LESNÍ A DŘEVAŘSKÁ SPOLEČNOST A.S., 2016. *Hradecká lesní a dřevařská společnost, a.s.* [online] [vid. 2017-03-17]. Dostupné z: [www.hlds.cz](http://www.hlds.cz)
- CHROUST, L., 1997. *Ekologie výchovy lesních porostů, smrk obecný – borovice lesní – dub letní, porostní prostředí – růst stromů – produkce porostu*. Opočno: VÚLHM, 277.
- JURČA, J.; CHROUST, L., 1973. *Racionalizace výchovy mladých lesních porostů*. Praha: SZN, 239.
- KONÔPKA, J., 1992. *Modely cieľových stromov smreka z hľadiska statickej stability*. Praha: AZV ČSFR, 106.
- KRAMER, H., 1988. *Waldwachstumslehre*. Hamburg: Parey, 374.

- KUČERA, J., 2015. *Denrometer Increment Sensor DRL 26A* [online] [vid. 2017-03-21]. Dostupné z: <http://www.emsbrno.cz/p.axd/en/Stem.increment.sensor.DRL26C.html>
- LAASASENAHO, J.; KOIVUNIEMI, J., 1990. Dependence of some stand characteristics on stand density. *Tree Physiol.* **7**, 183–187.
- LESY A STATKY TOMÁŠE BATI, 2017. *B.F.P, Lesy a statky Tomáše Bati, spol. s.r.o* [online] [vid. 2017-03-24]. Dostupné z: <http://www.lesybata.cz/historie/historie-lesniho-majetku>
- MÄKINEN, H.; ISOMÄKI, A., 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry.* **77**(4), 349–364.
- MAREKWICA, J., 2014. *Analýza přírůstu a produkce smrkových porostů ve vztahu ke způsobu jejich výchovy na území B.F.P. Lesů a statků Tomáše Bati, spol. s.r.o.* B.m. Česká zemědělská univerzita, 112.
- MARUŠÁK, R.; KAŠPAR, J., 2016. *Hospodářská úprava lesů II.* 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, 120.
- MZE, 2015. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České Republiky v roce 2015* [online] [vid. 2017-03-16]. 2015. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho/zprava-o-stavu-lesa-2015.html>
- PAŘEZ, J.; CHROUST, L., 1988. *Modely výchovy lesních porostů.* Lesnický průvodce. **4**, 83.
- PAŘEZ, J.; MICHALEC, M., 1987. *Procentické sortimentační tabulky pro stromy hlavních dřevin v ČSSR.* Lesnický průvodce. **1**, 79.
- PETRÁŠ, R.; PAJTÍK, P., 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevin. *Lesnícky časopis.* **37**(1), 49-56.
- PLÍVA, K., 1991. *Funkčně integrované lesní hospodářství. III. Modely hospodářských opatření podle přírodních podmínek a funkce lesa.* Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 132.
- POLENO, Z., 1967. *Podrostní hospodářství jako jedna z cest ke zvyšování produkce lesa.* [Kandidátská dizertační práce.] Praha: VŠZ, 236.

- POLENO, Z.; VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J., 2009. *Pěstování lesů III. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o., (952). ISBN 9788087154342.*
- PRETZSCH, H., 2005. Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *Eur. J. Forest Res.* **124**, 193–205.
- PULKRAB, K., 2006. Economic effectiveness of sustainable forest management. *Journal of Forest Science.* **52**(9), 427–437.
- PULKRAB, K.; SLOUP, M.; ŠIŠÁK, L., 2010. *Metodika stanovení optimálního počtu a intenzity probírkových zásahů. Recenzovaná metodika.* Praha: Fakulta lesnická a dřevařská ČZU v Praze, 28.
- REMEŠ, J., 2013. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2013.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 20.
- REMEŠ, J., 2014. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2014.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 21.
- REMEŠ, J., 2016. *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2016.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 47.
- REMEŠ, J.; KUŠTA, T.; ZEHNÁLEK, P., 2008. *Struktura a vývoj dlouhodobě cloněných nárostů v systému přírodě blízkého hospodaření v lesích. Zprávy lesnického výzkumu.* **54**, 41–48.
- REMEŠ, J.; NOVÁK, J.; ŠTEFANČÍK, I.; DUŠEK, D.; SLODIČÁK, M.; BÍLEK, L.; PULKRAB, K., 2016. Postupy výchovy k dosažení pěstevně-ekologického a ekonomického optima ve smrkových porostech na CHS 43 A 45. *LESNICKÝ PRŮVODCE* [online]. (14), 29. Dostupné z: [www.vulhm.cz](http://www.vulhm.cz)
- SANIGA, M., 2007. *Pestovanie lesa.* Zvolen: TU Zvolen, 310.
- SLODIČÁK, M., 1983. *Výskyt poškození sněhem a větrem v rozdílně vychovávaných smrkových porostech.* Opocno: Práce VÚLHM. **62**, 151-178.
- SLODIČÁK, M., 1987. *Výchova mladých smrkových porostů ohrožených sněhem a její vliv na růst a statickou stabilitu stromů různých stromových tříd.* *Lesnictví.* **33**, 1091–1106.

SLODIČÁK, M., 1996. *Stabilizace lesních porostů výchovou*. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 52.

SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J., 2006. Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224. 252–257.

SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J., 2007. *Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin*. Lesnický průvodce. 4, 46.

THE R FOUNDATION, 2016. *R* [online] [vid. 2017-03-15]. Dostupné z: <https://www.r-project.org/about.html>

ÚRADNÍČEK, L.; MADĚRA, P.; TICHÁ, S.; KOBLÍŽEK, J., 2001. *Dřeviny České republiky*. Písek: Lesnická práce s.r.o. 334.

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ BRANDÝS NAD LABEM, 2017. *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem* [online] [vid. 2017 03-26]. Dostupné z: [www.uhul.cz](http://www.uhul.cz)

VACEK, S., 2003. *Mountain forests of the Czech Republic*. Prague: Ministry of agriculture of the Czech Republic, 320.



## **9 Seznam příloh**

|           |    |
|-----------|----|
| Příloha 1 | 81 |
| Příloha 2 | 83 |
| Příloha 3 | 83 |
| Příloha 4 | 84 |

## **10 Přílohy**

### **Příloha 1**

Vzor textu, který byl vkládán do programu TsapWin. Byl vytvořen pro jednotlivé stromy, které se v uvedeném programu zpracovávaly.

HEADER:

Keycode=I.Nadúr.1

Length=18

DateEnd=17

Species=

Location=

DATA:Tree

142

120

392

466

544

494

492

481

379

498

448

304

245

329

405

282

313

126

## **Příloha 2**

Vzor kódu, podle kterého byla provedena statistická analýza v R programu.

```
object<-read.rwl("I,II,IIIN.rwl",header=FALSE)

write.table(object,"dataI,II,IIIN.txt",col.names=TRUE,row.names=TRUE)

object1<-detrend(object,method="ModNegExp")

object2<-detrend(object1,method="Spline",nyrs=10,f=0.5)

object3<-chron(object2,biweight=TRUE)

write.table(object3,"detrendI,II,IIIN.txt",col.names=TRUE,row.names=TRUE)
```

## **Příloha 3**

Vzor textu, který byl vkládán do programu DendroClim 2002. Byl vypracován pro nadúroveň a úroveň zvlášť.

```
1992  1.458936983624940
1993  1.175146468678470
1994  0.847288496042317
1995  0.934818719819838
1996  0.637795266580562
1997  1.044357345224760
1998  1.139335498611200
1999  1.090035260267730
2000  0.951644536960229
```

2001 1.060599196401130

2002 1.135294128997090

2003 0.823789417363103

2004 0.952423272935280

2005 1.065513223993210

2006 0.915553344635741

2007 0.826137946107680

2008 1.018700907772920

2009 1.148723851044350

2010 0.943874465001075

2011 1.203009549584290

2012 0.784502968950781

#### **Příloha 4**

Formální úprava textu získaných dat teploty (srážek), které byly vkládány do programu DendroClim 2002.

|      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 1990 | -0.6 | 3.6  | 5.9  | 7   | 13.3 | 15.6 | 16.5 | 17.7 | 10.8 |
|      | 9.1  | 4.4  | -1   |     |      |      |      |      |      |
| 1991 | -0.9 | -4.3 | 5.5  | 6.4 | 9.4  | 15.4 | 19.1 | 16.9 | 14.4 |
|      | 6.9  | 3.8  | -3.2 |     |      |      |      |      |      |
| 1992 | -0.9 | 0.7  | 3.2  | 7.8 | 13.4 | 17.5 | 19.5 | 22.1 | 13.2 |
|      | 6.8  | 3.5  | -1.6 |     |      |      |      |      |      |
| 1993 | -0.9 | -2.3 | 0.9  | 8.6 | 15.3 | 16   | 16.7 | 17.1 | 12.8 |
|      | 9.4  | 0.5  | 1.4  |     |      |      |      |      |      |

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 1994 | 1.9  | -0.5 | 5.5  | 8.5  | 12.9 | 16.6 | 20.7 | 18.7 | 15   |   |
|      | 6.7  | 4.2  | 0.6  |      |      |      |      |      |      |   |
| 1995 | -2   | 3.3  | 2.4  | 8.1  | 12.3 | 15.5 | 20.3 | 17.1 | 12.1 |   |
|      | 10   | 0.9  | -1.6 |      |      |      |      |      |      |   |
| 1996 | -4.3 | -4.8 | -0.8 | 7.8  | 14.1 | 16.7 | 16.2 | 17.1 | 9.9  |   |
|      | 9.3  | 5.8  | -4.4 |      |      |      |      |      |      |   |
| 1997 | -4.5 | 0.9  | 2.6  | 4.8  | 13.5 | 16.8 | 16.5 | 17.9 | 12.6 |   |
|      | 5.6  | 3.8  | 1.1  |      |      |      |      |      |      |   |
| 1998 | 0.2  | 1.9  | 1.7  | 9.9  | 13.3 | 17.4 | 18.2 | 17.8 | 13.2 |   |
|      | 8.7  | -0.3 | -2.7 |      |      |      |      |      |      |   |
| 1999 | -0.6 | -1.7 | 4.7  | 9.4  | 13.6 | 16.5 | 19.1 | 16.7 | 16.2 |   |
|      | 8.5  | 2.3  | -0.9 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2000 | -3.1 | 1.8  | 3.3  | 11.6 | 15   | 17.5 | 16.1 | 18.7 | 12.4 |   |
|      | 12.5 | 7.8  | 1.2  |      |      |      |      |      |      |   |
| 2001 | -0.5 | 0.8  | 4.5  | 7.7  | 15.1 | 15   | 18.9 | 19.3 | 12.1 |   |
|      | 11.8 | 1.7  | -4.7 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2002 | -1.9 | 3.5  | 5    | 8.5  | 16.7 | 18   | 20   | 19.1 | 12.4 |   |
|      | 7.2  | 6.5  | -3.4 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2003 | -2.6 | -3.8 | 3.1  | 7.8  | 15.9 | 19.8 | 19.1 | 20.2 | 13.6 | 6 |
|      | 5.8  | 0.2  |      |      |      |      |      |      |      |   |
| 2004 | -4.3 | -0.6 | 2.3  | 9    | 11.6 | 15.5 | 17.3 | 17.7 | 12.5 |   |
|      | 10.2 | 3.6  | -0.2 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2005 | -1.2 | -3.9 | -0.1 | 8.7  | 13.1 | 16   | 18.2 | 16   | 13.9 |   |
|      | 8.9  | 2.3  | -1.6 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2006 | -6.8 | -3.5 | -0.1 | 8.7  | 12.7 | 17.2 | 21.4 | 15.7 | 15.3 |   |
|      | 10.6 | 5.9  | 2.5  |      |      |      |      |      |      |   |
| 2007 | 2.8  | 2.8  | 5.2  | 9.7  | 14.9 | 18.4 | 19   | 18.6 | 11.5 |   |
|      | 7.3  | 1.7  | -1.5 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2008 | 1.5  | 1.8  | 3.1  | 8.5  | 13.6 | 17.8 | 18.2 | 17.8 | 12.3 |   |
|      | 9.3  | 5.9  | 1.4  |      |      |      |      |      |      |   |
| 2009 | -3.7 | -0.7 | 3    | 12.1 | 13.5 | 15.5 | 19   | 18.6 | 15.1 |   |
|      | 7.5  | 5.5  | -0.4 |      |      |      |      |      |      |   |

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 2010 | -5   | -1.2 | 3    | 8.1  | 12.1 | 16.9 | 19.9 | 17.5 | 11.9 |   |
|      | 6.3  | 6.5  | -3.8 |      |      |      |      |      |      |   |
| 2011 | -1.3 | -2.1 | 3.9  | 10.1 | 13.1 | 17.2 | 16.8 | 18.5 | 15   | 8 |
|      | 2.6  | 1.4  |      |      |      |      |      |      |      |   |
| 2012 | -0.9 | -5.8 | 4.6  | 9.2  | 14.5 | 17.6 | 19.4 | 18.7 | 14.4 |   |
|      | 8.4  | 6.3  | -1.9 |      |      |      |      |      |      |   |