

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta lesnická a dřevařská**

Katedra dendrologie a šlechtění lesních dřevin



**Diplomová práce**

Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u

VLS ČR s. p.



Autor práce: **Bc. Jan Kříha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Stejskal, Ph.D.**

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Kříha

Lesní inženýrství

Název práce

**Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u VLS ČR s.p.**

Název anglicky

**Evaluation of Norway spruce progeny tests in the ownership of Military Forests and estates of the Czech Republic**

### Cíle práce

Cílem práce je získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizích Lipník nad Bečvou a Plumlov.

### Metodika

Výběr rodičů na základě údajů z testů potomstev se obvykle označuje jako zpětná selekce. Odhady těchto odchylek jsou dalším cílem testování potomstev podmíněné genetickou evaluací naměřených dat. Tyto odhady jsou použity pro budoucí šlechtění a predikci možných zisků ze šlechtění.

U výsadeb smrku ztepilého budou provedena základní měření a posouzení jednotlivých potomstev. Z kvantitativních znaků bude hodnocena výška, celkový roční přírůst a tloušťka kořenového krčku. Z kvalitativních znaků bude hodnocena mortalita a okulární metodou zdravotní stav testovaných potomstev. Z provedeného šetření vyloučí se nezbytně nutná opatření v rámci daných ploch. Součástí práce bude i návrh dalšího postupu testování.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

smrk ztepilý, semenné sady, testy potomstev

---

**Doporučené zdroje informací**

- ČEŠKA, P. – LSTIBŮREK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Zakládání a rozvoj semenných sadů lesních dřevin u VLS ČR,S.P. : disertační práce*. Disertační práce. Praha: 2014.
- ERIKSSON, Gösta; EKBERG, Inger; CLAPHAM, David. An introduction to forest genetics. Genetic Center, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU, 2001.
- KOBLIHA, J. *Modern forest tree breeding in the light of foreign experiences : (select chapters) : study texts*. Prague: Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry, 2002. ISBN 80-213-0961-.
- KOBLIHA, J. – POSPÍŠIL, J. *Šlechtění lesních dřevin : Určeno pro posl. les. fak.* Brno: Vysoká škola zemědělská, 1988.
- LSTIBŮREK, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Development of efficient forest tree breeding programs [rukopis]*. Disertační práce. Praha: 2007.
- WHITE, Timothy L.; ADAMS, W. Thomas; NEALE, David B. (ed.). *Forest genetics*. Cabi, 2007.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Jan Stejskal, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin

---

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2016

**prof. Ing. Milan Lstibůrek, MSc, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

**prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.**

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2017

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Hodnocení testovacích výsadeb potomstev smrku ztepilého u VLS ČR s.p. vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Stejskala, PhD., a použil jen prameny, které uvádím v příloženém seznamu literatury.

Jsem si vědom, že odevzdáním 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:.....

Bc. Jan Kříha

## **Poděkování:**

Nejvíce bych chtěl poděkovat Ing. Janu Stejskalovi, PhD., za odborné vedení a věcné připomínky, bez kterých by tato práce nikdy nevznikla. Zároveň i za otevřenost k mým vlastním nápadům jakou formou bude práce zpracována a vlídný přístup kdykoli jsem potřeboval. Byl to opět Ing. Jan Stejskal Ph.D., který velkou mírou přispěl k vyhodnocení dat v programu ASReml, bez kterých by tato práce dosahovala pouze poloviční odborné váhy. Dále bych chtěl poděkovat Kateřině Rajglové, která mi byla nápomocna při sběru dat v terénu a jejich následném zpracování. Také bych chtěl poděkovat své rodině, která mi poskytla podporu finanční i morální po celou dobu magisterského studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce byla zpracována celkem na osmi plochách. Všechny plochy jsou obhospodařovány státní firmou Vojenské lesy a statky ČR s. p.. Na výsadbách jsou testovány rodičovské stromy, které se nacházejí na divizi Lipník nad Bečvou a na divizi Plumlov. U testovacích výsadeb smrku ztepilého byla provedena základní měření a posouzení jednotlivých potomstev. Z kvantitativních znaků se hodnotila výška a tloušťka kořenového krčku. Z kvalitativních znaků mortalita. K dalšímu posouzení byla použita popisná statistika (minimum, maximum, rozpětí, medián, modus, průměrná odchylka, variační koeficient, rozptyl směrodatná odchylka a aritmetický průměr). Další zpracování naměřených hodnot bylo provedeno pomocí programu ASReml - vyhodnocení heritability a všeobecné kombinační schopnosti jednotlivých potomstev. Na základě výsledků jsme dospěli k názoru, že v šetření jednotlivých ploch (potomstev) je důležité pokračovat i do budoucnosti. Vzhledem ke stáří šetřeného materiálu jsou výsledky spíše předběžné a především všeobecné kombinační schopnosti se mohou postupem času významně změnit. Je mnoho vlivů, které mohou mít kladný, ale i záporný vliv na testovaný materiál a vzhledem ke stáří šetřeného materiálu není jisté, zda se všechny tyto aspekty již projeví. Z tohoto důvodu bude tato práce sloužit jako základ a zdroj informací k porovnání pro budoucí šetření na těchto plochách.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý, semenné sady, testy potomstev

## **Abstract**

The experiment of this diploma thesis was conducted on total of eight areas. All areas are managed by the State Military Forests and Estates of the Czech Republic. The plantations were established for testing plus trees from two divisions - Lipník and Plumlov. In the progeny tests of Norway spruce basic measurements and assessments of individual progenies were realised. For quantitative traits evaluated the height and thickness of root collar. From the qualitative characteristics and mortality. A further assessment was used descriptive statistics (minimum, maximum, range, median, mode, standard deviation, coefficient of variation, variance and standard deviation of the arithmetic mean). Further processing of the measured values was performed using ASReml - evaluate heritability and general combining ability of individual progeny. Based on the results, we believe that the investigation of individual areas (progeny) is important to continue well into the future. Due to the age of the investigated material, the results are preliminary and more especially the general combining ability can change significantly over time. There are many influences that can have positive as well as negative effects on the test material, and given the age of the investigated material is not certain that all these aspects have already expressed. For this reason, this work will in future serve as the basis and source of information for comparison for future investigations on these surfaces.

**Keywords:** Norway spruce, seed orchard, progeny testing

# Obsah

Seznam tabulek, obrázků a grafů .....	
1. Úvod.....	14
2. Cíl práce.....	16
3. Literární rešerše .....	17
3.1 Charakteristika čeledi – Borovicovité – Pinaceae.....	17
3.2 Charakteristika rodu – Smrk – <i>Picea</i> .....	18
3.2.1 Morfologická proměnlivost v rámci rodu <i>Picea</i> .....	20
3.3 Charakteristika druhu – Smrk ztepilý – <i>Picea abies</i> .....	21
3.3.1 Popis druhu .....	21
3.3.2 Ekologické nároky druhu.....	23
3.3.3 Rozšíření a proměnlivost druhu.....	25
3.3.4 Rozšíření a variabilita smrku ztepilého v rámci ČR.....	26
3.4 Šlechtění a genetika lesních dřevin .....	26
3.4.1 Lesnická genetika .....	26
3.4.2 Šlechtění lesních dřevin – popis zdroje reprodukčního materiálu.....	27
3.4.3 Šlechtění lesních dřevin .....	29
3.4.4 Semenné sady .....	40
3.4.5 Testy potomstev .....	46
3.4.6 Cíl šlechtitelského programu a genetických testů.....	49
3.4.7 Způsoby křížení .....	51
3.4.8 Pojmy .....	52
4 Metodika a materiál .....	57
4.1 Testovací plochy smrku ztepilého Divize Lipník nad Bečvou .....	57
4.1.1 Divize Lipník nad Bečvou .....	57
4.1.2 Přírodní podmínky .....	57



4.1.3	Klimatické poměry .....	58
4.1.4	Geologické poměry .....	58
4.1.5	Pedologické poměry .....	58
4.1.6	Testovací plochy sazenic smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> ) .....	59
4.2	Testovací plochy smrku ztepilého Divize Plumlov .....	62
4.2.1	Divize Plumlov .....	62
4.2.2	Přírodní podmínky .....	62
4.2.3	Klimatické poměry .....	63
4.2.4	Geologické poměry .....	63
4.2.5	Pedologické podmínky .....	63
4.2.6	Semenný sad Kotáry .....	64
4.2.7	Testovací plochy sazenic smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> ) .....	65
4.3	Kontrolní šetření na testovacích plochách .....	70
4.3.1	Kvantitativní znaky .....	71
4.3.2	Kvalitativní znaky .....	74
5	Výsledky .....	75
5.1	Data vyhodnocená pomocí popisné statistiky .....	75
5.1.1	Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 343 A 9 .....	75
5.1.2	Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 363 A 5 .....	77
5.1.3	Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 314 A 9 .....	79
5.1.4	Plumlov – stres-tolerantní smrk - potomstvo 166 B 6 .....	81
5.1.5	Plumlov – stres-tolerantní smrk - potomstvo 389 A 5b .....	83
5.1.6	Plumlov – produkční smrk - potomstvo 166 B 9 .....	85
5.1.7	Plumlov – produkční smrk - potomstvo 396 A 13 .....	87
5.1.8	Plumlov – produkční smrk - potomstvo 455 B 11 .....	89
5.2	Celkové shrnutí výsledků na všech plochách .....	91

5.2.1	Plochy s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou .....	91
5.2.2	Plochy s vazbou k divizi Plumlov.....	94
5.3	Data vyhodnocená pomocí programu ASReml.....	96
5.3.1	Model výšky .....	96
5.3.2	Model tloušťky kořenového krčku.....	100
5.3.3	GCA – všeobecná kombinační schopnost .....	104
6	Diskuze .....	111
7	Závěr .....	117
8	Seznam literatury .....	119
	Seznam příloh: .....	127
9	Přílohy.....	1

## Seznam tabulek, obrázků a grafů

### Seznam tabulek:

Tabulka 1: Spolupůsobení přírodního a umělého výběru (Rohmeder a Schönbach 1959) .....	33
Tabulka 2: Kvalitativní a kvantitativní znaky organismů (Urban a Vyhnánek, 2002)...	38
Tabulka 3: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 1 Lipník nad Bečvou .....	60
Tabulka 4: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 2 Lipník nad Bečvou .....	60
Tabulka 5: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 3 Lipník nad Bečvou .....	61
Tabulka 6: Schéma výsadby roubovanců v semenném sadu Kotáry .....	64
Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 1 Plumlov .....	67
Tabulka 8: Schéma výsadby potomstev stres-tolerantního smrku - plocha č. 2 Plumlov .....	67
Tabulka 9: Schéma výsadby potomstev stres-tolerantního smrku - plocha č. 3 Plumlov .....	68
Tabulka 10: Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 4 Plumlov .....	68
Tabulka 11: Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 5 Plumlov .....	69
Tabulka 12: Statistické výsledky plochy 343 A 9 .....	75
Tabulka 13: Statistické výsledky plochy 363 A 5 .....	77
Tabulka 14: Statistické výsledky plochy 314 A 9 .....	79
Tabulka 15: Statistické výsledky plochy 166 B 6.....	81
Tabulka 16: Statistické výsledky plochy 389 A 5b .....	83
Tabulka 17: Statistické výsledky plochy 166 B 9.....	85
Tabulka 18: Statistické výsledky plochy 455 B 11.....	89
Tabulka 19: Statistické hodnoty ploch s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou.....	92
Tabulka 20: Statistické hodnoty ploch s vazbou k divizi Plumlov.....	94

### **Seznam obrázků:**

Obrázek 1: Rozšíření smrku ztepilého ( <i>Picea abies</i> ) / <a href="http://www.euforgen.org">http://www.euforgen.org</a> .....	25
Obrázek 2: Cykly šlechtitelského programu (Paule, 1992) .....	31
Obrázek 3: Složky šlechtitelského programu (Paule, 1992).....	32
Obrázek 4: Umístěním ploch č. 1 a 2 na divizi Plumlov .....	70
Obrázek 5: Umístěním ploch č. 3,4 a 5 na divizi Plumlov .....	70
Obrázek 6: Model 1 a model 2 pro výšku.....	96
Obrázek 7: Model 1 (výška) pro všechny plochy .....	97
Obrázek 8: Rozložení residuí (výška) pro model 1 .....	97
Obrázek 9: Výsledná analýza pro výšku.....	98
Obrázek 10: Model 2 pro jednotlivé plochy .....	98
Obrázek 11: Rozložení residuí (výška) pro model 2 - plocha 1 a 2.....	99
Obrázek 12: Rozložení residuí pro model 2 - plocha 3 .....	100
Obrázek 13: Model 1 a model 2 pro tloušťku kořenového krčku.....	100
Obrázek 14: Model 1 pro všechny plochy .....	101
Obrázek 15: Rozložení residuí pro model 1 .....	101
Obrázek 16: Výsledná analýza pro tloušťku kořenového krčku.....	102
Obrázek 17: Model 2 pro jednotlivé plochy .....	102
Obrázek 18: Rozložení residuí pro model 2 – plocha 1 a 2.....	103
Obrázek 19: Rozložení residuí pro model 2 – plocha 3.....	103

### **Seznam grafů:**

Graf 1: Alternativní formy produkčních populací lesních dřevin (Procházková a Bezděčková, 2007).....	45
Graf 2: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9.....	76
Graf 3: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9.....	78

Graf 4: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9.....	80
Graf 5: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 166 B 6.....	82
Graf 6: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 389 A 5b.....	84
Graf 7: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 166 B 9.....	86
Graf 8: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 396 A 13.....	88
Graf 9: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 396 A 13.....	90
Graf 10: Mortalita na plochách s vazbou na divizi Lipník nad Bečvou .....	93
Graf 11: Mortalita na plochách s vazbou na divizi Plumlov .....	95
Graf 12: GCA pro výšku potomstev s vazbou k divizi Plumlov .....	106
Graf 13: GCA pro tloušťku kořenového krčku potomstev s vazbou k divizi Plumlov	107
Graf 14: Střední chyba odhadu GCA pro výšku potomstev s vazbou k divizi Plumlov .....	108
Graf 15: Střední chyba odhadu GCA pro tloušťku kořenového krčku potomstev s vazbou k divizi Plumlov.....	109

### **Použité zkratky:**

PLO – přírodní lesní oblast

LS – lesní správa

LHC – lesní hospodářský celek

CZU – Česká zemědělská univerzita

FLD - fakulta lesnická a dřevařská

BLUP – nejlepší lineární nezkreslené předpovědi

$h^2$  – heritabilita v úzkém smyslu slova

## 1. Úvod

Vojenské lesy a statky ČR s.p. (dále jen VLS) jsou v české republice druhým největším vlastníkem lesů a pro jejich potřeby byla aplikována takřka bezvýhradně „provozní“ genetika. Úkolem „provozní“ genetiky je zajistit dostatek reprodukčního materiálu pro obnovu lesa v požadovaném množství, kvalitě, místě a čase. Pro umělou obnovu lesa používá VLS především reprodukční materiál z kvalifikovaných a identifikovaných zdrojů reprodukčního materiálu. Oproti tomu obnova přirozená probíhá logicky z lokálních zdrojů neznámé kvality. Ačkoli v prvním případě jsou fenotypově ověřené, v obou situacích se jedná o reprodukční materiál ze zdrojů, které nejsou geneticky ověřeny. VLS mají dále k dispozici fenotypově hodnotné rodičovské stromy hlavních hospodářských dřevin (smrk ztepilý, borovice lesní, jedle bělokorá), ale i například třešně ptačí. Dále VLS disponuje šesti semennými sady první generace (Borovice lesní – Borohrádek, Tamara a Bukovina; Modřín opadavý – Borohrádek a Tamara; Třešně ptačí – Obrovice), které nebyly dosud geneticky testované. Čtyři ze semenných sadů (dva borovice lesní a dva modřínu opadavého) jsou již na hranici své životnosti a budou v dohledné době zrušeny. Proto si VLS vytyčili základní princip šlechtitelského programu, a to urychlení přechodu semenných sadů první generace (kvalifikovaný zdroj) na semenné sady pokročilých generací (testovaný zdroj). Z tohoto důvodu budou založeny pouze testy polosesterských potomstev (z volného opylení), jejichž založení je levnější. Pro založení semenných sadů druhé generace bude využito metodicky originální řešení, které je dnes ve světě označováno jako BWB (Breeding without Breeding).

Kromě semenných sadů disponují VLS také soubory uznaných rodičovských stromů dvou hospodářských dřevin na čtyřech divizích. Tato práce sledovala dvě divize - Lipník nad Bečvou a Plumlov. Na obou divizích jsou uznané soubory rodičovských stromů smrku ztepilého (*Picea abies*). Právě nedostatek kvalitního semenného materiálu, obtížné získávání semena z rodičovských stromů a nepravidelnost semenných roků se snaží VLS vyřešit semennými sady, které byly na Divizi Lipník nad Bečvou a na Divizi Plumlov založeny.

Snaha o co nejkvalitnější reprodukční materiál nutí VLS vyhledávat fenotypově nejkvalitnější jedince a následně zakládat testovací plochy potomstev a semenné sady. A právě vhodností testovaných potomstev na různých lokalitách z různých fenotypově

kvalitních jedinců na divizích Lipník nad Bečvou a Plumlov se tato práce zabírala a výsledky této práce poslouží jako zdroj informací i v následujících letech.

Materiál, který je v této práci použit pro kontrolní šetření, byl vytvořen v rámci - projektu TAČR. Cílem tohoto projektu bylo vypracování strategie hospodaření s genovými zdroji u podniku VLS, založení série semenných sadů, testů potomstev, optimalizace protokolu pro analýzy DNA pro dílčí populace, přípravné práce pro založení sadů vyšší generace s využitím vyhodnocených testů potomstev a rekonstrukce rodokmenu stromů. Jeden z hlavních cílů je zavést koncept zakládání poloprovozních výsadeb přímo navazující na originální BWB strategii na základě specifík daného podniku v kontextu ČR. Tento materiál byl evidován a pěstován dle klonové příslušnosti, tj. se zachováním informace o evidenčním mateřském jedinci.

Důležitost, vhodnost, přínos tohoto projektu a smysluplnost zakládání testů potomstev a semenných sadů vyšších generací (1,5; 2 a 3 generace), nejen pro VLS, ale v širším kontextu i pro ČR lze posoudit dle širší záměru vytvořit vysoce efektivní síť reprodukčních výsadeb s vysokou produkcí geneticky kvalitního osiva, při zajištění dostatečné genetické diverzity reprodukčního materiálu a následně vzniklých lesních porostů, které budou zajišťovat produkci kvalitního dřeva a stabilitu lesních porostů. Díky tomuto programu dojde ke snížení antropogenních vlivů na životní prostředí díky zachování a reprodukci cenných genových zdrojů. Také dojde ke zvyšování odolnosti obnovovaných lesních porostů geneticky kvalitním reprodukčním materiálem a na tomto základě dojde k omezení a předcházení negativních následků abiotických a biotických činitelů na lesních porostech. Těmito abiotickými a biotickými činiteli je např. sníh, námraza, pozdní mrazy, vítr, sucho, kůrovec a různé typy dřevokazných hub. K tomuto kladnému omezení dojde právě pomocí obnovy lesa geneticky kvalitním reprodukčním materiálem.

## 2. Cíl práce

Cílem práce je získat předběžné informace o mortalitě, růstu a vývoji potomstev rodičovských stromů ze semenných sadů VLS ČR, s.p. na divizích Lipník nad Bečvou a Plumlov.



### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Charakteristika čeledi – Borovicovité – Pinaceae

Do této čeledi řadíme pouze vždyzelené a vzácně opadavé dřeviny. Jehlicovité listy se nacházejí ve šroubovici, buď jednotlivě, nebo ve svazečcích. Anemogamní (větrosnubné). Celkem 9-10 rodů, s ca 225 druhy, hlavně na severní polokouli (Musil, Hamerník 2003). Čeleď *Pinaceae* jsou dřeviny se spirálně rozmístěnými jehlicemi, které jsou občas nahloucheny ve svazečcích. Dřeviny v této čeledi jsou jednodomé a mají samičí a samčí šištice oddělené (jednopohlavní), (Chmelař 1984, Úradníček 2003). Šiška je složena z větvena a spirálně uspořádaných plodních šupin a je jejich charakteristickým plodem. Až na výjimky u borovic s velkými semeny, které postrádají křídlo, nese každá šupina dvě křídlatá semena (Slávik 2004). Jiná publikace popisuje tuto čeleď jako dřeviny, jejichž větve mohou být buď prodloužené (auxiblasty), zkrácené (brachyblasty), nebo jenom prodloužené. V dřevných paprscích mladého dřeva, v lýku a kůře jsou pryskyřičné kanálky. Listy jsou jehlicové, ve šroubovici, jednotlivé nebo ve svazečcích po 2-5 i více na brachyblastech. Po opadnutí jehlic se na větvích objevují jizvy nebo vyniklé polštářky. Samčí šištice jsou tvořeny četnými tyčinkami, prodlouženými konektivem a 2 prašnickovými pouzdry. Pylová zrna mají z pravidla vzdušné váčky, ale mohou být i bez nich. Samičí šištice jsou umístěny jednotlivě, nebo po 2-3 (někdy i více), s mnoha semennými a podpůrnými šupinami, které jsou buď vyvinuté, nebo úplně zakrnělé. Dřeviny z této čeledi mají dřevnaté šišky, které jsou za zralosti z pravidla nerozpadavé. Druhy s rozpadavými šiškami jsou vzácné. Šupiny jsou někdy zakončeny štítkem. Uprostřed štítku, nebo na jeho vrcholu je pupek vybíhající často v hrot. Semena na vrcholu jsou zpravidla křídlatá. Na celé severní polokouli se vyskytuje 9 druhů a asi 235 druhů (Hejný, Slávik 1988).

Dle Úradníčka a Chmelaře (1995) sem patří z domácích dřevin zástupci rodů – smrk (*Picea*), jedle (*Abies*), borovice (*Pinus*) a modřín (*Larix*). Dále pak z cizích dřevin douglaska (*Pseudotsuga*), která je v ČR také významnou dřevinou. Ve sbírkách dřevin se občas vyskytuje tsuga (*Tsuga*) a cedr (*Cedrus*). Následně už do této čeledi patří pouze dva rody východoasijských dřevin, které nelze v našich podmínkách pěstovat na dobré úrovni vzhledem k jejich klimatickým nárokům. Jedná se o rod *Keteleeria* a *Cathaya*.

### 3.2 Charakteristika rodu – Smrk – *Picea*

Rod *Picea* – smrk, je jeden z dřevařky nejvýznamnějších rodů boreálních lesů studeného – ale i mírného klimatu. Zahrnuje jednodomé, vždyzelené stromy, až do vysokého stáří s výrazně monopodiální, vzpřímenou stavbou výhonu, s přeslenitým větvením; avšak pupeny (a tím i větve) nebývají tak pravidelně rozmístěné jako je tomu např. u jedlí (Musil, Hamerník 2003). Jednoleté prýty těchto stromů jsou rýhované a mají odstávající listové polštářky (Úradníček, Chmelař 1998). Slávik (2004) popisuje rod *Picea* jako stromy s průběžným kmenem, kuželovitou korunou a přeslenitým větvením. Jehlice jsou vždyzelené obvykle na průřezu čtyřhranné nebo někdy i ploché, na prýtech přirostlé pomocí odstávajících listových „polštářků“. Šišťice jsou rozmístěny jednotlivě, samčí po straně, samičí na koncích prýtů. Šišky jsou převíslé a dozrávají téhož roku. Rod obsahuje přes 40 druhů v evropském, asijském a americkém areálu. Na našem území je domácí pouze Smrk ztepilý – *Picea abies*.

Koruna je nejčastěji kuželovitá až válcovitá, až do stáří špičatá. Poměrně tenká borka je později šupinovitá až štítkovitá; u starších jedinců může být dole na kmeni rozpukaná (Musil, Leugnerová, Hamerník 2002).

Jehlice vyrůstají jednotlivě ve spirále; na rozdíl od většiny jedlí a douglasek jsou umístěny na (drsně) vyniklých výstupcích listových polštářků. Listové polštářky sbíhají rovnoběžně po mladé větvičce a charakteristicky kryjí (podélnými „vráskami“) celý její povrch (Úradníček, Chmelař 1998).

#### **Jehlice jsou dvojího typu:**

- typ A – jehlice jsou více-méně 4hranné, na průřezu kosočtvercové, na každé straně s 1 nezřetelným podélným proužkem průduchových řad
- typ B – jehlice jsou zploštělé (mečovitě), se 2 bílými proužky průduchů na spodu jehlice. Do této skupiny smrků patří především smrk omorika a sitka (Musil, Hamerník 2003).

Šišťice vyrůstají na výhonech. Naopak samičí na jejich konci, hlavně v horní části koruny. Samčí v paždí jehlic. Samičí šišťice rostou v době květu vzpřímeně, po oplození převísají a vyvíjejí se v šišky. Ty visí už směrem dolů, jsou zdřevnatělé, vejcovito-válcovité. Dozrávají v 1. roce. Pylová zrna mají 2 vzdušné váčky (Musil, Leugnerová, Hamerník 2002).

Šišky a jejich semenné šupiny jsou nositeli hlavních rozlišovacích znaků. Řadí se do 2 skupin:

- typ „morinda“ s tuhými, většinou neohebnými, tmavě hnědými semennými šupinami
- typ „casicta“ se šupinami tenkými, ohebnými až papírovitými, světleji hnědými (hlavní zástupci - smrk pichlavý, Engelmanův a sitka.

Rod I *Picea* je poměrně dobře morfologicky ohraničen oproti ostatním rodům. Naproti tomu vysoká proměnlivost uvnitř rodu ztěžuje vylišení a ohraničení jednotlivých druhů a mnohdy také jejich určování. Platí to především pro východní Asii a pro přechodové oblasti s introgresivní hybridizací (Musil, Hamerník 2003).

Rod obsahuje přes 40 druhů v evropském, asijském a severoamerickém areálu. Rostou pouze v chladnějších územích severní polokoule, mezi 23°- 72°s.š. (nejjižněji na Tchaj-wanu a v Mexiku, nejseverněji na severu Sibíře), ve výškovém rozmezí 0 – 4800 m. n. m. (nejvyšší polohy jsou v Číně). V Evropě rostou autochtonně pouze 3 druhy, v ČR jen jeden (Úradníček, Chmelař 1998).

### Systematika

P. A. Schmidt (1991) dělí rod *Picea* (podle šišek a dále podle jehlic) do 2 podrodů a 4 sekcí:

- a) Subgenus *Picea* – šišky typu *morinda*
  - Sect. **Omorika** – jehlice zploštělé (inverzně dorziventrální), průduchy jen na svrchní straně, která však na bočních větvích míří dolů): *P. omorika* aj.
  - Sect. **Picea** (syn. *Eupicea*; nezastíněné jehlice +/- 4hranné, dorziventrálně nezploštělé, případně se zvětšenou výškou jehlice oproti její šířce; na průřezu jsou jehlice čtvercovité, kosočtvercovité až deltoidní; průduchy +/- na všech stranách jehlice, která tak bývá nejčastěji stejnobarevná: *P. abies*, *P. obovata*, *P. orientalis*, *P. glauca*, *P. mariana* aj.
- b) Subgenus *Casicta* – šišky typu *casicta*
  - Sect. **Sitcha** - jehlice zploštělé (inverzně dorziventrální); průduchy převážně na jedné, dolů obrácené straně jehlice): *P. sitchensis*

- Sect. **Pungentes** – jehlice dorziventrálně nezploštělé, na průřezu +/- kosočtvercovité, obvykle s mírně zdůrazněnou výškou; průduchy +/- na všech stranách: *P. engelmannii* a *P. pungens*

### 3.2.1 Morfologická proměnlivost v rámci rodu *Picea*

U rodu *Picea* můžeme sledovat dalekosáhlou shodu ve struktuře jejich výstavby. Ale „stavební“ prvky, ovlivněné dědičností i vnějším prostředím, vykazují širokou škálu proměnlivosti. V mládí má většina smrků větvení ploché, deskovité. Typicky hřebenité větvení se objevuje až asi ve 30 letech. Ve stáří a za nepříznivých podmínek se větvení může opět měnit na deskovité (Musil, Leugnerová, Hamerník 2002).

Z taxonomického hlediska se zástupci rodu *Picea* dělí do tří sekcí. Sekce *Eupicea*, kam patří např. *P. abies*, *P. obovata*, *P. glauca* a *P. mariana*. Do sekce *Casicta* zařazujeme *P. pungens*, *P. engelmannii* a *P. sitchensis*. Sekci *Omorika* obsazuje *P. omorika* (Úradníček, Chmelař 1998).

Některé druhy (nezávisle na stanovišti) mají korunu převážně úzkou, u jiných tento typ nebyl nalezen vůbec. Četnost výskytu úzké koruny u morfologicky proměnlivého smrku ztepilého narůstá směrem k severní hranici areálu, případně k horní hranici lesa. Tento jev, ale může být způsoben i podmínkami v hraničním území – sníh, mraz, sluneční záření a délka vegetační doby. V extrémních klimatických či půdních podmínkách vznikají typy zakrslé a vlajkové; po ztrátě terminálního vrcholu se může vytvořit typ kandelábrovité (Musil, Hamerník 2003).

P. A. Schmidt (1987) uvádí 7 základních typů „stromové architektury“ – růstových forem a větvení:

- odlišné úhly v nasazení bočních větví 1. řádu: **typ pyramidalis** – úhel velmi ostrý, větve směřují nahoru; **typ pendula** – úhel velmi tupý, větve směřují dolů, zčásti i hlavní výhon
- redukce tvorby bočních výhonů 1. řádu, výhony 2. řádu chybějí: **typ virgata**
- hlavní osa se zkrácenými výhony: **typ nana** – zakrslé formy s hustým větvením; **typ conica** – nízké až velmi nízké rostliny s dominantní hlavní osou; **typ compacta** – kulovité zakrslé formy, růst vzpřímený; **typ prostrata** – poléhavé formy, se šířkou větší než je výška rostliny

### 3.3 Charakteristika druhu – Smrk ztepilý – *Picea abies*

#### 3.3.1 Popis druhu

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je celkově nejdůležitější hospodářská dřevina střední a severní Evropy (Musil, Hamerník 2003). V ČR je smrk dokonce lesnický nejvýznamnější dřevina (Koblížek 2006).

Smrk je strom velkých rozměrů s průběžným, přímým kmenem a pravidelným přeslenitým větvením. Dosahuje stáří až 650 let, výšky kolem 50 m, průměru kmene až 1,5 m (Úradníček a kol. 2009). Největší exempláře dorůstají objemu přes 30 m<sup>3</sup> (Chmelař, Úradníček 1998).

Podržíje trvale špičatou kuželovitou korunu, sahající při osamoceném postavení až k zemi (Fér, Pokorný 1993). Větvení bývá velmi variabilní. Na horských lokalitách vystavených častým větrům vanoucím z jednoho směru – a také obrusu sněhem – mohou vznikat jednostranné vlajkové koruny (Musil, Hamerník 2003).

Kořenový systém je rozvinut do plochy, rozložený při povrchu. Smrk bývá proto v půdě slabě zakotven a snadno dochází k vývrátům. V monokulturách se svrchní vrstva půdy mělkým zakořeněním značně vyčerpává. Kolem horní hranice lesa se stává, že kořenují k zemi splývající větve a vyrůstají tak skupiny, obklopující mateřský strom (rozvody), (Chmelař, Úradníček 1998) Kořenový systém smrku je charakterizován jasným odlišením horizontálních a vertikálních kořenů. Při půdním povrchu jsou uloženy silné, talířovitě rozložené kořeny, z nichž vyrůstají četné tenčí kořeny či kořenové výběžky, rostoucí víceméně svise dolů, často i hluboko – pokud jim v tom nedostatečné půdní prostředí nezabrání. Dojde-li ke vzájemnému dotyku kořenů, může docházet k jejich srůstání (Musil, Hamerník 2003). Kořenové náběhy bývají dobře vyvinuty. Smrk dobře klíčí na pařezech a padlých kmenech, což vede ke vzniku chůdovitých kořenů (Chmelař, Úradníček 1998).

Smrk netvoří nikdy výmladky ani na větveném kmeni, ač některé jiné druhy rodu mají výmladkovou schopnost. Jen obtížně kořenují z řízků, ale dobře se roubují (Chmelař, Úradníček 1998).

Letorosty hnědavé až červenožluté, většinou lysé, lesklé, zřídka slabě pýřité (Koblížek 2006). Větvičky po opadu jehlic drsné (Úradníček a kol. 2009). Jehlice

vytrvávají na stromě 6 – 9 let, v imisních oblastech se však opad jehlic urychluje (Fér, Pokorný 1993). Jehlice jsou umístěny na listových polštářkách. Po opadu jehlic způsobují polštářky hrbolatost větévky (Fér, Pokorný 1993). Jehlice jsou čtyřhranné, leskle zelené a zašpičatělé (Úradníček a kol. 2009). Jehlice vyrůstají jednotlivě ve spirále a postavení je střídavé. Mají také řady průduchů obvykle na obou stranách, někdy jen na rubu (Koblížek 2006).

V porostech začíná smrk plodit obvykle kolem 60 roku života. Pokud se ale jedinec nachází na extrémně špatném stanovišti, může začít plodit dříve (Musil, Hamerník 2003). Smrk plodí bohatěji jen jednou za 5-8 let (Úradníček a kol. 2009). Kvetení probíhá duben až červen (Musil, Hamerník 2003).

Samčí šištice rozmístěné po celé koruně. Jsou drobné, červené, po rozkvětu žluté (Úradníček a kol. 2009). Na svislých výhonech a větévkách jsou radiálně uspořádané. Na svrchní straně jsou vodorovné prýty směřující kupředu, zatímco na spodní straně týchž prýtů jsou rozčísnuté (Musil, Hamerník 2003). Samičí šištice karmínové nebo zelené barvy, rostou na konci letorostů, vzpřímené, z velkého počtu semenných šupin a malými, nevyčnívajícími podpůrnými šupinami (Koblížek 2006). Jak uvádí Musil a Hamerník (2003) samičí šištice rostou v době květu vzpřímeně, po oplození převisají, jsou vejcovitého nebo válcovitého tvaru s pergamenovitými nebo papírovitými semennými šupinami a vyvíjejí se v šišky. Šišky dozrávají v 1. roce a po vypadnutí semen opadávají v celku.

Šišky bývají před dozráním nejčastěji zeleně vybarvené. Jsou však také typy s červenofialovými šiškami, které se vyskytují častěji v horách a náležejí obvykle k časněji rašícím exemplářům (Chmelař, Úradníček 1998). Dozrávají na podzim 1. roku. Po tom co se otevrou, a dojde k vypadnutí okřídlených semen, opadávají celé (Musil, Hamerník 2003). Okraje šupin šišek jsou velmi různě tvarovány od zaokrouhlených přes uťaté až po zašpičatělé s vlnitými okraji (Chmelař, Úradníček 1998). Samčí šištice jsou elipsoidní, stopkaté, žlutavě červené, umístěné mezi jehlicemi 1letých prýtů, obvykle ve střední i dolní části koruny. Samičí jsou přisedlé, vzpřímené, zelené (*f. chlorocarpa*) nebo červené (*f. erythrocarpa*), umístěné v horní části koruny (Musil, Hamerník 2003).

Semeno tmavohnědé, vejcovité, s blanitým, snadno oddělitelným křídlem. Testa a křídlo nejsou srostlé (Úradníček, Chmelař 1998). Lžičkovité křídlo je 2-5x delší než

semeno (Musil, Hamerník 2003). Křídlo je žlutohnědé barvy a asi 12 mm velké. Semeno mívá klíčivost 70 – 80% a podržuje ji 3 až 5 let (Fér, Pokorný 1993).

Dřevo je měkké bez zřetelného jádra, žlutavě bílé a má široké použití jako stavební dřevo, na řezivo nebo na výrobu celulózy (Fér, Pokorný 1993). Regenerační schopnost při poškození je nepatrná. Nevytváří nikdy nový vrcholek ze spícího pupenu. Smrk je choulostivý na okus zvěří a mladé kmínky velmi trpí vytloukáním a loupáním od zvěře. Smrk sice proto neuhyne, ale rány jsou vstupní branou hniloby, která má za následek zlomy (Chmelař, Úradníček 1998).

### 3.3.2 Ekologické nároky druhu

Smrk ztepilý roste dobře ve vlhké, chudé a kyselé půdě s pH mezi 4-6 (Vermeulen 2006).

Jako optimální hodnoty se pro smrk ve střední Evropě udávají: průměrná roční teplota přes 6 °C, srážky ve vegetační době 490 – 580 mm (Musil, Hamerník 2003).

Z hlediska klimatypů dělíme smrk ztepilý:

- a) vysokohorský
- b) horský
- c) chlumní

(Pospíšil, Kobliha 1998)

V nárocích na světlo je smrk dřevinou stinnou až polo stinnou, jeho světelné nároky stoupají ve vyšších polohách (Fér, Pokorný 1993). Ve svém optimu může smrk růst – podobně jako jedle bělokorá – v zástínu po celá desetiletí, aniž ztratí schopnost významně akcelarovat růst po uvolnění. Schopnost snášet zastínění se mění s věkem a se stanovištními podmínkami (Musil, Hamerník 2003). Tím že smrk dokáže v mládí snášet zástin, dokáže snadno vniknout do porostů jiných dřevin a sám zaujímá jejich místo. Jako polo stinná dřevina bývá v hospodářských lesích někdy typicky v druhé etáži, např. pod borovicí nebo pod modřínem. Smrkové porosty bývají značně semknuté, pohlcují většinu dopadajícího světla a silně zastiňují půdní povrch (Chmelař, Úradníček 1998).

Jelikož má smrk povrchovou kořenovou soustavu, je značně náročný na půdní vlhkost. Snese dobře nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagnující vodu bažin a rašelinišť (Úradníček a kol. 2009). Smrkové mlaziny mají velkou spotřebu vody, a tak se stává, že

původně mokré půdy pod smrkem zcela vyschnou. Na sušších a chudších půdách s malou zásobou vody se proto v určitém stáří porostu smrku dostavuje ochromení růstu, zvláště patrné v suchých letech. Nedostatek vláhy se však stává limitujícím faktorem dobrého růstu smrku (Chmelař, Úradníček 1998). V teplejších oblastech bývá vláhová nedostatečnost omezujícím až hraničním faktorem. Celkově je smrk citlivý na suchá období (Musil, Hamerník 2003).

Smrk nemá zvláštní nároky na půdu a geologické podloží. Daleko větší význam má obsah půdní vody a dobré provzdušnění půdy. Nadbytečné množství vody má negativní vliv, pokud je spojeno s nedostatkem kyslíku. Zvláště je pak smrk citlivý na záplavy (Musil, Hamerník 2003). Podporuje tvorbu špatně se rozkládajícího humusu, ale půdy s kyselou reakcí snáší dobře (Fér, Pokorný 1993).

Smrk je málo odolný vůči působení větru, následkem bývají vývraty, poškozován bývá i sněhem a námrazou (Úradníček a kol. 2009). Na klimaticky exponovaných hřebenech a vrcholech vytváří pod vlivem větru a obrusu sněhem jednostranné, vlnkové koruny a bajonetové vrcholy (Chmelař, Úradníček 1998). Je zároveň i citlivý na znečištěné ovzduší a nehodí se do parků větších měst. Je velmi choulostivý vůči imisím zejména SO<sub>2</sub> (Úradníček a kol. 2009).

Tepelné nároky smrku jsou relativně malé. Vyšší teplota má za následek vyšší přírůst, ale to platí pouze tehdy, pokud není narušeno zásobování vodou (Musil, Hamerník 2003). V teplejších oblastech se proto hodí pěstovat smrk jen v úzkých a hlubokých dolinách, kde se shromažďuje vlhký, studený vzduch a vzniká nadbytečná vlhkost. Příliš mírná zima a dlouhá vegetační doba tak bývá po nedostatku vláhy dalším limitujícím faktorem pro pěstování smrku. Smrk je přizpůsoben spíše krátké vegetační době. Nejlépe mu vyhovuje krátké a chladné léto (Chmelař, Úradníček 1998).

Jak uvádí Chmelař a Úradníček (1998), ve schopnosti snášet nízké teploty zaujímá smrk přední místo mezi dřevinami. Silné zimní mrazy mu zřídka uškodí. V mládí je méně ohrožen pozdními mrazy než např. jedle a hodí se proto ke zmlazování na holé ploše.

Přirozená společenstva smrku na území ČR se vyskytují především na stanovištích mírně čerstvých, čerstvých, velmi čerstvých až podmáčených – včetně okrajů rašelinišť a vrchovišť (Musil, Hamerník 2003). S čistými smrčinami se setkáme hlavně



ve vyšších polohách na 1 000 mn. m. V pásmu nižším vytvářel smrk smíšené porosty s bukem a jedlí (Fér, Pokorný 1993).

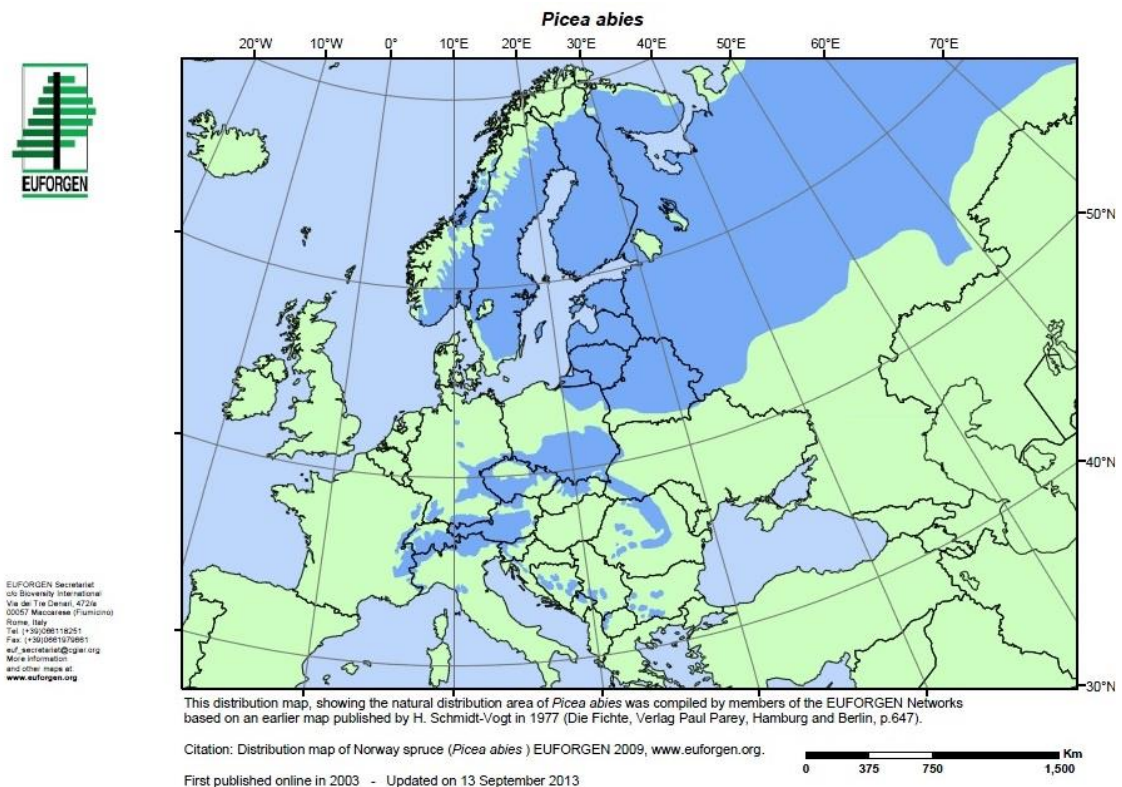
### 3.3.3 Rozšíření a proměnlivost druhu

Smrk ztepilý má euroasijský areál zasahující přes celou Sibiř na východ k Ochotskému moři (Musil, Hamerník 2003).

Vlastní evropský areál má dvě oddělené části:

Severská oblast zabírá téměř celou Skandinávii, prochází Pobaltím a odtud k východu přes evropskou část Ruska k Uralu.

Sředoevropsko-karpatská oblast se rozprostírá v horských oblastech střední a jihovýchodní Evropy (Slávik 2004).



Obrázek 1: Rozšíření smrku ztepilého (*Picea abies*) / <http://www.euforgen.org>

### 3.3.4 Rozšíření a variabilita smrku ztepilého v rámci ČR

Na našem území je hercynský smrk zastoupen téměř ve všech nižších a vyšších pohořích s těžištěm v Novohradských horách, Šumavě, Krušných horách, Jizerských horách, Krkonoších, Orlických horách a Jeseníkách (Slávik 2004).

Smrk se v ČR republice velmi rozšířil i na nevhodná stanoviště, kde následně došlo k velkému rozvoji chorob a škůdců s následnými kalamitami značného rozsahu (kůrovec, mniška), (Úradníček a kol. 2009).

## 3.4 Šlechtění a genetika lesních dřevin

### 3.4.1 Lesnická genetika

Teoretickým základem šlechtění je genetika. Chloupek (1995) uvádí, že do dob Mendelových bylo šlechtění jen uměním a dokládá to i tím, že ještě *Ch. Darwin* svou knihu nazval „Umění šlechtit“.

Lesnická genetika zkoumá dědičnost i proměnlivost lesních dřevin. Stejně jako má genetika centrální postavení v biologických vědách, má centrální postavení v zakládání a pěstění lesů lesnická genetika a její aplikace – šlechtění lesních dřevin. Dědičné rozdíly u dřevin jsou určovány geny nebo cytoplasmou. Většina hospodářsky cenných dřevin je závislá jak na vnitřních, tak i na vnějších faktorech. Je třeba si však uvědomit, že mnohé geneticky podmíněné vlastnosti se lépe mohou projevit jen ve specifických podmínkách vnějšího prostředí (Pospíšil, Koblíha 1988). Pod pojmem dědičnost rozumíme přenos genetické informace z rodičů na potomstvo. Podle lokalizace vloh rozdělujeme dědičnost na: chromozómovou anebo mendelovskou a na mimo-jádrovou anebo cytoplazmatickou. Při chromozómové dědičnosti je přenos genetické informace z rodičů na potomstvo řízený replikací, mutací, rekombinací a transmisí genetického kódu v chromozómech. Mimo jadernou anebo též cytoplazmatickou dědičnost kontrolují cytoplazmatické jednotky, plazminy. Nositelé mimo jaderné dědičnosti mohou být jen ty cytoplazmatické struktury, které jsou schopné auto reprodukce, tj. mají fyzikální nepřetržitost. Všechny živé organizmy mají materiální základ dědičnosti zhmotněný v nukleových kyselinách. Nukleové kyseliny existují v živých systémech samostatně, bez pomocných struktur jiných organických látek, anebo se spojují s bílkoviny. Chromozóm je z genetického hlediska struktura složená z molekul deoxyribonukleové kyseliny (DNA) obsahující geny. Je to vláknitá útvar

v jádru buňky viditelný v průběhu nepřímého dělení jádra eukaryotické buňky. Přenos genetické informace probíhá pomocí mitózy nebo meiózy. Mitóza je nepřímé dělení jádra eukaryotické buňky; pokládá se za základní mechanismus rozmnožování. Poměrně složité morfologické změny buňky při nepřímém dělení jsou podřízené jedinému cíli: přesnému rozdělení genetické informace mezi dvě nové buňky. Oproti tomu meióza je nepřímé dělení buňkového jádra, při kterém se počet chromozómů v diploidních buňkách mění na haploidní, tudíž poloviční. Naopak při meióze kdy dochází k redukci chromozómové řady, ale vzniká především nová kombinace DNA, přičemž vzniká nová kombinace genetické informace. Geny představují submikroskopické částičky buněk a ani pomocí nejdokonalejších elektronových mikroskopů nemůžeme identifikovat dobré a špatné geny. Namísto toho je třeba vždy hodnotit růst nebo vlastnosti potomstva. Testy potomstev pokládáme za integrální součást výzkumu lesnické genetiky. Pomocí nich nepřímým způsobem zkoumáme růst různých druhů, populací, potomstev rozdílných dřevin v podobných anebo stejných podmínkách prostředí. Pokud se při takovýchto pokusech (testů potomstev) některá potomstva vyznačují rychlejším růstem, nepřímo předpokládáme, že růst je geneticky podmíněn. Při šlechtění lesních dřevin musíme počítat s metodickými odchylkami, které vyplývají z dlouhověkosti lesních dřevin (Paule 1992).

Aplikaci poznatků genetiky, zejména lesnické genetiky a šlechtění lesních dřevin, můžeme považovat za jednu z nejvýznamnějších cest ke zvyšování výnosů v lesním hospodářství, k získání potomstev odolných vůči biotickým i abiotickým činitelům, v neposlední řadě i k záchraně genofondu ohrožených druhů našich lesních dřevin (Pospíšil, Kobliha 1988). Právě pro zvyšování výnosů v lesním hospodářství je velmi důležité znát genetickou hodnotu geneticky vylepšeného sadebního materiálu, aby mohla být stanovena cena daného materiálu. Stoehr et al. (2004) pro tento účel vytvořili protokol pro stanovení genetické kvality osiva. Tato metodika je založena na odhadu šlechtitelské hodnoty jedinců v semenném sadu na základě testů jejich potomstev a poté na odhadu gametického příspěvku.

### **3.4.2 Šlechtění lesních dřevin – popis zdroje reprodukčního materiálu**

Obnova lesa znamená vyvrcholení práce lesníka. Sklízí les, který vypěstovali jeho předchůdci, a současně zakládá nový les pro budoucí generace. Les se obnovuje buď přirozeně, uměle nebo kombinovaně. Při přirozené obnově rozlišujeme obnovu semennou

a výmladnostní. Semenná obnova se uskutečňuje nalétnutím nebo opadem semen na vedlejší holou plochu, nebo přímo pod mateřský porost. Umělá obnova je výsledkem přímé činnosti člověka a provádí se výsevem semen nebo výsadbou sazenic lesních dřevin. Hlavní reprodukční materiál pro založení nového porostu představují šišky, plodenství, plody a semena určené pro vypěstování semenáčků a sazenic pro sadbu při umělé obnově lesa, části rostlin (prýtové, listové a kořenové řízky, explantáty a embrya pro mikrovegetativní rozmnožování, pupeny, kříženci, kořeny, rouby, dřevité řízky) určené k produkci sazenic, semenáčky a sazenice vypěstované ze semen nebo jiných částí a nálety a nárosty z přirozené obnovy. Hlavním zdrojem reprodukčního materiálu jsou lesní porosty, výběrové stromy, semenné sady, semenné lesní porosty, matečnice, importovaná semena a stromové skupiny (Němec a kol. 2009). Umělá obnova lesa byl v roce 2015 18797 ha (Zelená zpráva 2016).

Podle zák. č. 149/2003 Sb., o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin, jsou lesní porosty, porostní skupiny a etáže zařazeny do těchto fenotypových kategorií: fenotypová kategorie A, do níž patří hospodářsky vysoce hodnotné porosty, které jsou buď původní, nebo jejich původnost je pravděpodobná – porosty vynikají množstvím produkce, jakostí, odolností, případně jinými cennými vlastnostmi; fenotypová kategorie B, ostatní porosty nadprůměrné hospodářské hodnoty a dobrého zdravotního stavu; fenotypová kategorie C, porosty průměrné hospodářské hodnoty a méně uspokojivého zdravotního stavu – z těchto porostů se u vybraných lesních dřevin již nesklízí osivo, a fenotypová kategorie D, porosty geneticky a hospodářsky nevhodné.

Na základě fenotypových znaků se nejprve vybere lesní porost, který se uzná pro sběr osiva. V něm se označí výběrové stromy, což jsou mimořádně hodnotní jedinci z hlediska produkce, jakosti a odolnosti. Při sběru semen se využívá několika způsobů. Nejnebezpečnějším je sběr z vysokých stromů, při němž se používají nejrůznější pomůcky, aby byla zajištěna bezpečnost sběrače. K sběru semen z nižších stromů a keřů se používají žebříky, ale nejjednodušší a nejbezpečnější je sběr semen ze země. Po sběru šišek je třeba přepravit šišky do luštinny, kde luštěním získáme ze šišek semena, která se uskladní pro další použití (Němec a kol. 2009).

Jak popisuje Paule (1992) je fenotyp jedince determinovaný genetickou informací a souborem podmínek prostředí, ve kterých se jedinec nachází. Fenotypová odezva jedinců toho jistého genotypu na soubor daných podmínek prostředí se nazývá norma

reakce genotypu. Jak se normy reakcí genotypů liší aspoň v jedné určené podmínce prostředí, je možné jich rozlišit na základě fenotypového projevu. Je třeba jednotlivě specifikovat každou hodnocenou podmínku prostředí a s ní znaky, na základě kterých rozlišujeme genotypy.

Fenotypová proměnlivost – Pokud je genotyp soubor všech dědičně podmíněných vloh organismu a fenotypový projev genotypu v daném prostředí, potom můžeme vztah mezi fenotypem a genotypem symbolicky zapsat takto:  $P = G + E$  kde P je hodnota fenotypu, G je vliv genotypu a E je vliv prostředí. Předpokládáme, že G a E jsou nezávislé proměnné, a teda interakce mezi těmito dvěma proměnnými se rovná nule ( $GE = 0$ ). Tělo všech organismů je složeno z materiálů získaných z prostředí, ve kterém žijí. Organismus, který není schopný se přizpůsobit měnícím se podmínkám prostředí, není životaschopný, protože vnější podmínky se mění. Každý organismus má určitou schopnost se adaptovat na vnější podmínky prostředí fenotypová proměnlivost stromů v populaci je tedy výsledkem působení dvou základních komponentů proměnlivosti. Genotypové proměnlivosti podmíněné dědičně a proměnlivosti ovlivněné vlivy prostředí (Paule 1992). Obecně jsou lesní dřeviny charakteristické vysokým stupněm vnitrodruhové genetické proměnlivosti a komerčně zajímavé znaky (většina těchto znaků), se vyznačují relativně vysokým stupněm dědivosti, díky které je možné provádět ekonomicky efektivní šlechtitelské činnosti (Cornelius 1994a).

### **3.4.3 Šlechtění lesních dřevin**

Šlechtění rostlin je cílevědomá lidská činnost zabývající se vytvářením (šlechtěním) nových odrůd zemědělských, okrasných i lesních plodin, případně zlepšováním již stávajících odrůd. Šlechtění rovněž zahrnuje udržování a rozmnožování odrůd povolených a doporučených k pěstování, tzn. odrůd, které svými znaky produkce, kvality a dalšími hospodářsky významnými vlastnostmi splňují požadavky uživatelů. Šlechtění využívá a navazuje na poznatky řady dalších vědních disciplín (botaniky, fyziologie rostlin, biochemie, genetiky a cytogenetiky, biometriky, pěstování rostlin, ochrany rostlin a dalších), ale také staví na poznatcích vlastní disciplíny (Graman, Čurn 1997). Šlechtění lesních dřevin je systematická činnost, jejímž cílem je zvyšování produkce, kvality a odolnosti dřevin proti abiotickým a biotickým činitelům (Namkoong 1988). Paule (1992) popisuje šlechtění lesních dřevin jako vědní disciplínu anebo technologii, která má cíl zlepšit genetický základ populací lesních dřevin tak, aby se

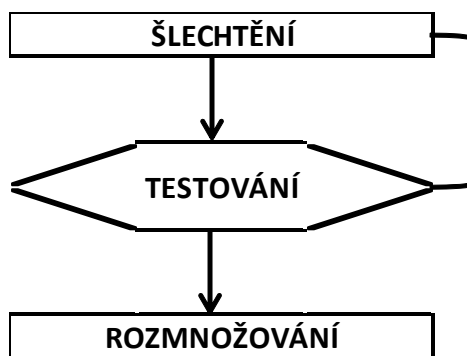
zvýšila jejich hospodářská hodnota. Základem tohoto procesu je proměnlivost lesních dřevin, kterou šlechtitel usměrňuje tak, aby získal skupiny organismů daného druhu s proměnlivostí odpovídající danému hospodářskému cíli. Šlechtění lesních dřevin můžeme všeobecně rozdělit na tři základní etapy: šlechtění, testování a rozmnožování. Šlechtění opakujeme do té doby, dokud výsledky testů neodpovídají požadovaným šlechtitelským cílům. Jak popisují Pospíšil a Kobliha (1988) v lesnictví pracujeme s rostlinami dlouhověkými, proto i šlechtitelské programy mají vesměs dlouhodobý charakter. Doba šlechtitelského procesu je závislá na znacích a vlastnostech, které jsou předmětem šlechtění.

Výzkum v oblasti genetiky a šlechtění lesních dřevin je dlouhodobý a dost nákladný. Vysoké náklady vyplývají především z prostorové a časové náročnosti testovacích výsadeb a z dlouhověkosti lesních dřevin. Výsledky výzkumu a vlastního šlechtění jsou velmi perspektivní, protože vyšlechtěný materiál se dá uplatnit i v podmínkách s jednoduchou technologií obnovy a výchovy lesních porostů (Paule 1992).

První pokusy o rozpracování rozsáhlejších šlechtitelských programech lesních dřevin v Evropě byly vázané především na krajiny, ve kterých se ve větším rozsahu začalo s aplikací novošlechtění (hybridizací) rychlorostoucích dřevin (Německo, Itálie). Později byly šlechtitelské programy rozpracované pro jehličnaté dřeviny, a to v období po vyřešení praktických otázek autovegetativního rozmnožování. Nejdříve pro smrk – Švédsko, Finsko (Gullberg a Kang 1985). V Česko-slovensku byly dlouhodoběji orientované šlechtitelské programy zaměřené na záchranu genofondu smrku v imisních oblastech Krkonoš a Jizerských hor (Šindelář 1987).

Podstata šlechtění spočívá ve výběru (selekcí) odlišných genotypů dědičně přizpůsobených půdním a klimatickým podmínkám, odolných nepříznivým biotickým a abiotickým vlivům a vyhovujících požadavkům uživatelů. Pro úspěšný šlechtitelský program je důležité si zvolit šlechtitelské cíle, které by daná rostlina po šlechtitelském programu měla splňovat – např.: zvýšená odolnost vůči suchu. K dosažení šlechtitelského cíle nám pomůžou šlechtitelské výběrové postupy. Úkolem šlechtitelských výběrových postupů je v geneticky heterogenní populaci nalézt a vybrat jedince a potomstva s požadovanými znaky a vlastnostmi morfológickými, fyziologickými, biochemickými i produkčními. Dále pak prozkoušet šlechtěný materiál pomocí vhodných metod a kritérií,

docílit potřebné homogenity ve znacích a vlastnostech tím, že nevyhovující jedinci a potomstva se vylučují z další šlechtitelské práce a rozmnožovat vyhovující jedince a potomstva (Graman, Čurn 1997). Každý šlechtitelský program, tedy i program šlechtění lesních dřevin by měl být založen zejména na těchto základech: cíl šlechtění; ekologické a jiné podmínky prostředí, v němž má být vyšlechtěný materiál pěstován; výchozí šlechtitelský materiál; metody zvolené pro realizaci programu; časový program šlechtitelského programu; způsob množení vyšlechtěného materiálu; tvorba syntetických odrůd, pokud tento postup s ohledem na zvolené pracovní metody a způsoby množení přichází v úvahu; ověření a rajonizace vyšlechtěných odrůd; uznávací řízení a registrace odrůd (Pospíšil, Kobliha 1988). Šlechtění lesních dřevin se skládá v podstatě ze třech na sebe navazujících činností: ze šlechtění, testování a rozmnožování. Tyto tři základní a na sebe navazující činnosti jsou předpokladem efektivního využívání biologického potenciálu a zabezpečení dostatečného genetického zisku (Paule 1992). Aby šlechtění bylo efektivní, je třeba soustředit šlechtitelské aktivity do šlechtitelských programů, které spočívají v opakujících se šlechtitelských cyklech a vlastní efektivita šlechtitelských programů je závislá na četnosti realizovaných šlechtitelských cyklů. Již po prvním cyklu šlechtění je možné u řady hospodářských znaků generovat genetický zisk kolem 12% a po druhém cyklu dokonce kolem 25% (Li et al. 2000).

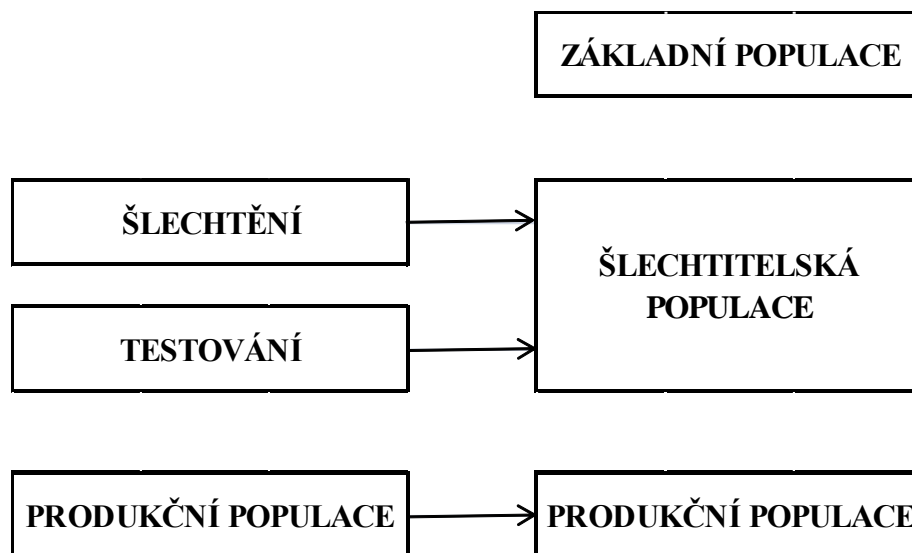


Obrázek 2: Cykly šlechtitelského programu (Paule, 1992)

Složky dlouhodobých a krátkodobých šlechtitelských programů rozděljuje Paule (1992) takto: zdrojové populace – reprezentující populace – genetické zdroje v přirozené genetické struktuře (např. uznané porosty, rezervace), případně genetické zdroje po jejich iniciální selekci

šlechtitelské populace – reprezentující populace odvozené z přirozených populací a jsou zaměřené na vlastní šlechtění, testování potomstva a tvorbu nových jednotek novošlechtěním.

produkční populace – jsou zaměřené na produkci vyšlechtěného materiálu (např. semenné sady při generativním rozmnožování a matečnice při vegetativním rozmnožování (Paule 1992).



Obrázek 3: Složky šlechtitelského programu (Paule, 1992)

Ve šlechtitelské praxi rozeznáváme dva druhy výběru (selektce):

Přímý výběr na růst a odolnost – vybíráme nejlépe rostoucí jedince anebo nejodolnější stromy jako rodičů

Nepřímý výběr na odolnost proti hmyzu – selektujeme jedince s nejvyšším obsahem určité chemické látky. V lesnické praxi se běžně uplatňuje jeden druh nepřímé selektce, a to selektce na růstové znaky v relativně mladém věku s předpokladem, že nejvyšší jedinci v mladém věku budou i nejvyšší jedinci i v dospělosti (Paule 1992).

Výběr je základní šlechtitelskou metodou. Výběr může být přírodní nebo umělý. Přírodní výběr sehrál ve vývoji živých organismů prvořadou úlohu. V tomto případě jakoby sama příroda byla šlechtitelem. V případě lesních dřevin můžeme říci, že pestrá paleta ekotypů je v podstatě výsledkem po řadu generací působícího přírodního výběru, který stále trvá a nebude nikdy ukončen. Umělý výběr je naopak záměrná, uvědomělá činnost člověka, který na základě znalostí zákonů dědičnosti a proměnlivosti, i stanoveného šlechtitelského cíle může vybrat potřebné formy za kratší dobu a zajistit vyšší koeficient jejich rozmnožování, než je tomu v přírodě. Při umělém výběru také omezují náhodné spojování všech možných genotypů a nahrazují je nejčastěji výběrem rodičovských párů s požadovanými genotypy (Pospíšil, Koblíha 1988).



**Tabulka 1: Spolupůsobení přírodního a umělého výběru (Rohmeder a Schönbach 1959)**

<b>Přírodní výběr</b>		
Klima	Půda	Způsob života
teplota	zásoba živin	vnitrodruhová kompetice
voda	složení živin	mezidruhová kompetice
světlo	obsah C (uhlík)	vztah parazit - hostitel
vítr	pH	
<b>Umělý výběr</b>		
Volba nejlepšího jedince	Vyloučení nejhoršího jedince	
rychlerostoucí jedinec	pomalu rostoucí jedinec	
jedinec s dobrým tvarem kmene	jedinec se špatným tvarem kmene	
pozdě pučící jedinec	brzy pučící jedinec	

Výběr – se pokládá za nejdůležitější a rozhodující způsob každé šlechtitelské činnosti. Je to šlechtitelská metoda, kterou můžeme aplikovat samostatně, ale také jako následující šlechtitelskou metodu, která následuje za hybridizací nebo mutačním šlechtěním. Přírodní výběr se pokládá za základní faktor evoluce. Výsledkem přírodního výběru, probíhajícího v čase několik za sebou následujících generací, je vznik dílčích populací, nejlépe adaptovaných na dané ekologické podmínky definované například klimatem, půdou, charakterem společenstva. Při působení přírodního výběru se v průběhu evoluce vyloučí jedinci, kteří svými nároky se neztotožňují s existujícími ekologickými podmínkami (Paule 1992). Některé dílčí populace se budou výrazně lišit od sousedních populací a budou se vymykat z charakteru klinální proměnlivosti. Nespojitý charakter proměnlivosti může být výsledkem působení takových ekologických faktorů, které nevykazují nějaký výrazný ekologický gradient, například mrazová kotlina, zamokřené půdy, nedostatek živin. V takovém případě má některý z ekologických faktorů větší vliv na selekci, a to má za následek vytvoření nespojitého charakteru proměnlivosti. Takovéto populace, které byly v průběhu evoluce výrazně ovlivněny ekologickými faktory a vymykají se ze spojitého charakteru proměnlivosti v rámci areálu, nazýváme ekotypy.

Paule (1992) rozděluje dle hlavního ekologického faktoru, který působil v průběhu evoluce, ekotypy do třech kategorií:

Klimatyp – populace byla hlavně pod vlivem klimatických faktorů

Edafotyp – populace byla hlavně vlivem půdních podmínek

Fenotyp – populace byla hlavně pod vlivem podmínek souvisejících s různými fytoocenózami

Umělý výběr (výběr řízený člověkem) je využívání určitých složek populací, které jsou výsledkem předcházejícího působení přírodního výběru, na šlechtitelské cíle. Prostřednictvím umělého výběru je možné selektovat nejlepší rostoucí jedince. Jedince s vynikající kvalitou, brzo rašící jedince, jedince s vysokým stupněm odolnosti a podobně. A to vše podle požadavků šlechtitelského cíle. Je třeba zdůraznit, že v průběhu šlechtění dlouhověkých organismů, jakými jsou lesní dřeviny, je šlechtěný materiál subjektem pokračujícího přírodního výběru, takže tyto dva typy výběru není možné od sebe navzájem oddělit. Jednoduchým výběrem nejkvalitnějších jedinců spojeného s následným testováním jejich potomstev je možné docílit toho, že dojde ke zvýšení produkce v případě výšky a průměru kmene o zhruba 15%. Tyto hodnoty jsou ovšem do značné míry závislé na parametrech ovlivňujících odezvu na selekci jako selekční intenzita, dědivost a rozptyl znaku (Cornelius 1994b).

Šlechtitelské metody se rozdělují do těchto základních skupin. Šlechtění výběrem – individuálním nebo hromadným. Novošlechtění – hybridizace, mutační šlechtění nebo genová manipulace. Podstatný rozdíl mezi jednotlivými šlechtitelskými metodami spočívá v tom, že při šlechtění výběrem (individuálním nebo hromadným) část existující populace dále generativně nebo vegetativně rozmnožujeme. Z hlediska proměnlivosti variační šířku populace zužujeme. Při novošlechtění (hybridizační anebo mutační šlechtění) můžeme získat nové, doteď neexistující kombinace dedičných vloh, tedy i jedince s novými vlastnostmi. Z hlediska proměnlivosti variační šířku šlechtitelské populace rozšiřujeme (Paule 1992).

Pospíšil a Koblíha (1988) popisují metody výběru takto:

Hromadný výběr: vybíráme z dané populace větší počet jedinců žádoucího typu na základě fenotypových ukazatelů. Účinnost hromadného výběru závisí na heterogenitě dané populace – čím je heterogenita populace větší, tím větší je i účinek hromadného výběru.

Jednotlivý výběr / individuální: zde soustředujeme pozornost v dané populaci na jedince, kteří jsou objektem dalšího šlechtění. Např.: v probírkových porostech je to tzv. kladný výběr, při němž vytipujeme v daném porostu jedince se žádanými znaky a těm věnujeme zvláštní pozornost, odstraňováním vedlejších nežádoucích jedinců.

Cílem hromadného výběru je selekce příbuzných jedinců. Toto kritérium je možno splnit za předpokladu, že výsledkem selekce je potomstvo jednoho stromu anebo porostu, nebo předpoklad, že semena anebo sazenice tříděné podle velikosti mají společného aspoň jednoho rodiče (Paule 1992).

Individuální výběr je charakteristický tím, že vybíráme (selektujeme) jednotlivé jedince (stromy, rostliny) na základě jejich fenotypových znaků anebo projevů. Ve svojí podstatě mají individuální přírodní výběr toho hodně společného, ale v případě individuálního výběru radši zaměří na rodiče, zatím co subjektem přírodního výběru je dřívější potomstvo (rodičovská generace už prošla předcházejícím výběrem. Klasickým příkladem individuálního výběru v praxi je selekce výběrových stromů na zakládání semenných sadů, testů potomstev, hybridizaci anebo na jakékoli šlechtitelské pokusy, kde základní jednotkou je jedinec a ne populace. Ze šlechtitelského hlediska rozlišujeme dvě aplikace individuálního výběru: Individuální výběr fenotypových anebo genotypových jedinců a individuální výběr nejlepších jedinců v potomstvech – tuto aplikaci individuálního výběru spojujeme s časnými testy, tj. děláme nepřímou selekci na základě projevů znaků v mládí jedince. Jednou z praktických aplikací šlechtění výběrem jsou v praxi lesního hospodářství výběrové stromy (Paule 1992).

Porosty jsou ohrožovány různými faktory, které mají na svědomí poškození, oslabení anebo úplný rozpad daných porostů. Jedním ze způsobů, kterým lze tyto škody zmírnit a vyvrátit tak situaci kdy by došlo k ztrátě genofondu na dané lokalitě je vyhledávání výběrových stromů a sběr osiva z nich. Touto metodou se zabývá i tato práce, kdy došlo k vytipování výběrových stromů, následnému sběru osiva, vypěstování sazenic a vysazení sazenic na testovací plochy na divizi Lipník nad Bečvou a divizi Plumlov. Jak popisují Pospíšil a Kobliha (1988), jsou výběrové stromy v porostech vyhledávány, registrovány, chráněny a množeny zejména pro šlechtitelské účely. Vyhledávání a množení výběrových stromů je mimo jiné i jednou z cest, jak udržet specifické formy druhu, které se projevují sporadickým výskytem jedinců odlišných od typu. Jde např. o tzv. technické formy, důležité z hlediska produkce dřevní suroviny

specifických vlastností. Vegetativní množení zpravidla roubováním reprodukuje soubor vloh těchto stromů v plném rozsahu. Generativní množení, jehož výsledkem jsou potomstva – rodiny udržuje soubor vloh výběrových stromů jen částečně. Paule (1992) popisuje výběrové stromy jako výsledek individuálního výběru stromů v populaci na základě jejich fenotypových znaků se zaměřením na splnění šlechtitelského cíle. Podle charakteru rozeznáváme výběrové stromy s vysokým objemem, s vysokou kvalitou, případně výběrové stromy se speciálními vlastnostmi (například vysoká odolnost). V jednotlivých případech můžeme vyselektovat výběrové stromy s kombinovanými vlastnostmi. Selektace výběrových stromů v praxi lesního hospodářství se uskutečňuje podle vyhlášky na uznávání porostů a výběrových stromů na sběr semenného materiálu, přičemž výběrové stromy se vybírají ve starších porostech – nad 60 let věku. Pro šlechtitelské účely je možno navrhnout stromy, které se vyznačují osobitým tvarem koruny, případně osobitým růstem. Výběrové stromy se využívají nejen na zakládání semenných sadů (klonových nebo jádrových), ale také na zařazení jejich potomstev do testů potomstev (Paule 1992).

Jak popisuje Namkoong et al. (1988), klasický šlechtitelský program se opírá o opakující se cyklus selekce, kontrolovaného křížení a testování. Primárním cílem je dosažení vysoké hodnoty genetického zisku při stejné úrovni diverzity. Šlechtění v lesním provozu je komerčně využíváno, a proto bývá genetický zisk často kalkulován na jednotku času a nákladů. Lesní dřeviny jsou dlouhověké organizmy a právě časové hledisko je zásadním faktorem ovlivňujícím ekonomickou efektivitu šlechtění (Lindgren a Mullin 1997).

Ekonomická efektivita šlechtění je závislá na zvolených šlechtitelských aktivitách příp. jejich kombinacích (Thompson et al. 1989). Další kritériem ovlivňující ekonomickou efektivnost šlechtění je uplatňovaná délka doby obmýti v lesnické praxi. Doba obmýti je ve většině případů ovlivněna ekologickými nebo sociálními aspekty, které většinou s ekonomickými cíli nekorespondují a tím se snižuje u šlechtitelských aktivit celková ekonomická efektivnost (Löfgren 1988). Ekonomická efektivnost využití prostředků investovaných do šlechtění lesních dřevin je v mnoha studiích hodnocena na základě realizovaného genetického zisku (Kobliha kol. 2012). Jako příklad uvedu ekonomickou analýzu šlechtitelských programů s borovicí kadidlovou (*Pinus taeda*), kterou provedl Porterfield. Porterfield et al. (1975) provedl ekonomickou analýzu

metodou vnitřního výnosového procenta, ve které získal vnitřní výnos 10-14% především díky testům potomstev a genetickým probírkám v semenných sadech. Při vyloučení genetických probírek, tak výnosové procento kleslo na hodnotu 8-13%. Ale předpoklad zvyšování cen dřeva při metodě na pni o 3,2% se vnitřní výnosové procento zvýšilo až na 16%. Palmer et al. (1998) provedl ekonomickou analýzu pěti typů šlechtitelských strategií: a) jednoduchý hromadný výběr – rodičovské stromy jsou vybrány v mateřských porostech; sbírané osivo je z volného sprášení a dále se používá pro přímé zalesnění bez genetického testování (odhadem je genetický zisk: 6-10%)

b) hromadný výběr s následným testováním – rodičovské stromy jsou v mateřských porostech vybírány s mnohem vyšší intenzitou než ve strategii a); založení a následné vyhodnocení testů potomstev; provedení genetické probírky; ze zbylých jedinců v testech potomstev sbírání osiva (odhadem je genetický zisk: 15-21%)

c) jednoduchý opakovaný výběr – výběr mateřských stromů v porostech probíhá stejným způsobem jako ve strategii b); selektování jedinci naroubovat na podnože a založení semenného sadu; osivo bylo použito pro praktické zalesňování; testy potomstev se nezakládají (odhadem je genetický zisk: 18-32%)

d) výběr s hromadnou vegetativní propagací – rodičovské stromy jsou v mateřských porostech vybírány stejným způsobem jako ve strategii b); vegetativní namnožení a založení matečnic; produkce řízkovanců pro provozní zalesňování; ověřovací výsadby se nezakládají (odhadem je genetický zisk 37-46%)

e) hromadná vegetativní propagace testovaných klonů – rodičovské stromy jsou množeny a selektovány jako ve strategii d); klonové testy se dělají pro všechny klony (odhadem je genetický zisk 60-65%)

### **Kvantitativní genetika**

Základní přenosy genetických informací bývají často sledovány na vlastnostech a znacích s diskrétními hodnotami fenotypu, kde lze snadno charakterizovat konkrétní účinek genu. O těchto (kvalitativních) vlastnostech lze prohlásit, že jsou jednoduše děděny a jsou tak základním tématem mendelistické genetiky (Urban a Vyhnánek, 2002). Existuje ale řada znaků, které nemají diskrétní fenotypovou variabilitu. Jsou ovlivněny velkým počtem alel, z nichž každá má na daný znak pouze malý vliv. To znamená, že v takovém případě není možné pozorovat samostatný projev znaku (diskrétní segregaci),

ale pouze míru jeho zastoupení v populaci, které obvykle podléhá normálnímu rozdělení (Eriksson a kol., 2006). Takové znaky se označují jako kvantitativní.

Odlišnosti kvalitativních a kvantitativních znaků jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Kvalitativní a kvantitativní znaky organismů (Urban a Vyhnánek, 2002).

<i>Vlastnosti organismů</i>	
<b>kvalitativní</b>	<b>kvantitativní</b>
diskontinuální, nespojitá (diskrétní) variabilita	<b>kontinuální</b> , spojitá variabilita
podmíněna 1 nebo několika málo geny	podmíněna mnoha geny na více lokusech
monogenní (oligenní) dědičnost	<b>polygenní dědičnost</b>
lze určit fenotypovou hodnotu každého genotypu	rozdělení fenotypů vykazují více nebo méně kontinuální variabilitu (lze určit rozmezí hodnot)
vlastnosti jsou hodnoceny podle kvality projevu (rohatoš - bezrohatoš, červený - bílý květ, ...)	vlastnosti jsou kvantifikovány měřením, vážením, počítáním, ...
geny s interakčními účinky (dominance, epistáze)	vlastnosti jsou determinovány geny velkého účinku (nepřispívají kvantitativně) a větším počtem genů malého účinku (polygeny). většina genů má <b>aditivní</b> účinek
na projev vlastnosti nemá vliv <i>prostředí</i>	projev vlastnosti modifikuje <b>vliv prostředí</b>
lze detekovat efekt jednotlivých genů podílejících se na vlastnosti	nelze rozpoznat účinek jednotlivých genů podílejících se na vlastnosti
<b>Všechny geny se dědí "mendelisticky"</b> , t.j. u diploidních organismů je každý gen v buňce obsažen 2x, přičemž jeden je od otce a druhý od matky, bez ohledu determinují-li vlastnost kvalitativní nebo kvantitativní (rozdíl lze pozorovat v jejich fenotypovém projevu + specifické odchylky jako např. imprinting genů!)	

## Genetická evaluace

Hlavními cíli analýzy kvantitativních znaků je obvykle stanovit:

- 1) Heritabilitu (dědivost) vyjadřující míru vlivu genetických faktorů na proměnlivost znaku - měřítko velikosti variability genetické informace determinující daný znak v populaci.
- 2) Plemennou/šlechtitelskou hodnotu, vyjadřující podíl fenotypu, který bude přenesen na potomka.
- 3) Genetickou korelaci mezi znaky či korelaci v odlišném čase
- 4) Interakci mezi genotypovou hodnotou (G) a prostředím (E).

Vedle standardních statistických postupů se k těmto analýzám užívají různé modely (např. lineární smíšené modely) či široce užívaná metoda ANOVA založená na analýze rozptylu. Na odlišném, neparametrickém, principu funguje dnes hojně využívaná metoda REML (White a kol., 2009).

Na principu metody „REML“ (residuální maximální pravděpodobnost) pracuje program ASReml, který byl použit také pro vyhodnocení dat v této práci. Pomocí lineárních smíšených modelů (zahrnuje do modelu jak fixní, tak náhodné efekty), odhaduje komponenty rozptylu dle jejich příčinných složek. Program se využívá na různé analýzy a mimo jiné dokáže i určit prostorovou proměnlivost v rámci testované plochy. Díky možnostem lineárních modelů lze analyzovat strukturu rozptylu individuálně podle konkrétního datového souboru (Burgueño et al., 2000)

Jak popisuje Korecký a spol. (2012), v posledních letech se v jednotlivých případech prosadila selekce asistovaná genovými markery vedoucí k vylišení lokusů kontrolujících expresi znaku s relativně významným účinkem (QTL), na který je prováděna selekce. Pro vlastní ekonomickou rentabilitu využití této selekce je třeba splnění několika předpokladů:

- markerová mapa je rozsahem přiměřená velikosti genomu a dostatečně hustá k uspokojivému určení QTL
- markery a QTL jsou spojeni dostatečně silnou vazbou (t. j. rekombinanční frekvence je nízká)
- část geneticky podmíněné proměnlivosti u ekonomicky hodnotného znaku
- dostatečné informace o fenotypové proměnlivosti sledovaného znaku
- náklady na vegetativní množení jsou přijatelné

Díky využívání technologií pro analýzy DNA, jejichž intenzita by se měla zvyšovat. Se do budoucna kalkuluje s poklesem nákladů na zjišťování genotypů a tím i se zvýšením ekonomické efektivity šlechtitelských programů založených na využití selekce asistované genovými markery. Heritabilita je pak důležitým genetickým kritériem, které do značné míry ovlivňuje ekonomickou efektivitu MAS (marker-assisted selection) selekce.

V oboru lesnické genetiky se dnes ve vyspělých zemích využívá převážně mezigenerační posun s využitím kontrolovaného opylování a zakládání testů plnosesterských potomstev. Nevýhodou tohoto postupu je dlouhé období (25 let) a velké provozní náklady. Z tohoto důvodu jsou testovací plochy zakládány (zejména v ČR) z volného opylení. Dojde tak k výraznému snížení nákladů. V této situaci má své opodstatnění a výhodu metoda, která je ve světě označována jako BwB (Breeding without

Breeding). Tato metoda pomocí mikrosatelitů DNA rekonstruuje rodokmeny hodnocených jedinců v potomstvech (El-Kassaby, Lstibůrek 2009). Autory této metody jsou pracovníci České zemědělské univerzity v Praze (doc. Lstibůrek) ve spolupráci s UBC (University of British Columbia) v Kanadě (prof. El-Kassaby). Tato metoda je celosvětově uznávána.

Ekonomicky je tato metoda přínosem hlavně pro urychlení procesu testování potomstev rodičovských stromů lesních dřevin s urychlením založení semenných sadů vyšších generací. Proces se v průměru zkrátí z 25 let na 5 let a zároveň dojde k výrazným úsporám nákladů. Toto podporuje i skutečnost, že nemusí dojít ke kontrolovanému opylování a nákladnému zakládání testů plnosesterských potomstev. Navíc v dnešní době kdy dochází postupně k podstatnému zlevňování analýz DNA, se jedná o podstatné snížení nákladů (Kobliha a kol. 2012).

#### **3.4.4 Semenné sady**

Semenné sady jsou nejběžnější formou produkčních populací lesních dřevin. Semenný sad je specifická výsadba, jejímž cílem je maximální produkce geneticky kvalitního osiva pro obnovu lesních porostů (Kobliha, Lstibůrek 2007). Kaňák a kol. (2008) popisuje semenné sady jako účelové výsadby potomstev klonů vybraných jedinců, které slouží ke sběru reprodukčního materiálu. Sady jsou buď semenného původu nebo vegetativního původu z řízkovanců nebo roubovanců. Pokud se zakládá semenný sad, je nutné dodržovat stanovená kritéria, která vycházejí z konkrétního šlechtitelského programu. Důvod pro založení semenného sadu je především dostatečná a snadno dostupná úroda vhodného a geneticky hodnotného reprodukčního materiálu, zejména pak osiva.

První semenné plantáže (sady) určené pro produkci osiva známe ze skandinávských zemí. Tamější nevhodné klimatické podmínky zvláště vyšších poloh, jsou příčinou trvalého nedostatku vlastního osiva. Zakládání semenných plantáží (sadů) se tak stalo jednou z hlavních cest, jak zajistit dostatek osiva i z některých kvalitních porostů, které nedávají semeno právě pro nepříznivé klimatické podmínky (Zavadil 1982). V České republice má počátek zakládání semenných sadů v roce 1956, kdy Gustav Vincent založil na tehdejší závadě Vizovice, polesí Horní Lhota – první pokusnou výsadbu roubovanců modřínu ve sponu 4x4 m na ploše 0,86 ha. Bylo zde vysázeno 454



roubovanců, 23 klonů. Semenné sady jako účelové výsadby zakládáné od počátku 60. a 70. let minulého století do současnosti procházely různými trendy a také právními předpisy s ohledem na oblast užívání reprodukčního materiálu. Přehled o současném pokrytí České republiky semennými sady je možno získat z informačního systému ERMA, který je k dispozici na [www.uhul.cz](http://www.uhul.cz) (Musil et al. 2007). První sady založené v České republice byly a jsou silně nevyhovující. Nejenže se při jejich zakládání příliš nezvažoval původ a vhodnost semenného materiálu, ze kterého byly jedinci určeni k výsadbě vypěstování, ale tyto sady zakládali provozní pracovníci, kteří neměli zkušenosti s touto speciální činností. Výběry lokalit, především ex-situ, byly převážně nevhodné. Umísťovaly se do podmínek výrazně odlišných od prostředí, ve kterém rostla mateřská populace z pohledu výškového posunu nebo charakteru lokality (Hrdlička 2006).

Kaňák a kol. (2008) rozděluje semenné sady dle převažující funkce:

- a) Provozní (produkční semenné sady – slouží k produkci osiva pro potřeby školkařství a k získávání vyšlechtěného osiva pro umělou obnovu.
- b) Klonové archivy – měly by vznikat na základě šlechtitelských programů. Mají za úkol hlavně zachovat nejcennější genotypy daného ekotypu a jsou zdrojem sekundárních roubů, popř. řízků. Tyto klonové výsadby slouží k experimentálním pracím, např. stimulaci kvetení a kontrolovanému křížení apod.
- c) Speciální (hybridizační) semenné sady – jejich funkcí je vytvořit prostředí pro spontánní křížení mezi ekotypy u vnitrodruhových hybridizačních sadů nebo mezi druhy v rámci rodu u mezidruhových hybridizačních sadů.
- d) Udržovací konzervační semenné sady – plní konzervační funkci pro genetický materiál. Cílem je zachování genofondu populací.

Téměř všechny semenné sady lesních dřevin ve světě a všechny na území České republiky jsou klonové. Jednotlivé stromy v semenných sadech jsou vegetativní kopii mateřského stromu (selektovaného genotypu ve šlechtitelských populacích). Klonové sady mají tu výhodu, že kvetení a plodnost většiny lesních dřevin má pozdní nástup, ale při vegetativním množení se zachovává genetická identita i stádium ontogenetického vývoje množeního stromu. Tím je dán podstatně dřívější nástup úrody v klonových semenných sadech, obsahujících takto namnožené jedince, než by tomu bylo u semenných sadů založených ze sazenic semenného původu. Selektční efekt je mnohem

vyšší než v případě použití semenných potomstev výběrových stromů a to díky zachování genetické identity. Semenné sady se zakládají také z generativních potomstev. Je to hlavně výhodné u dřevin, které jsou schopny plné plodnosti v nízkém věku (některé druhy borovic a hospodářsky důležitých listnatých dřevin). Nižší náklady a kratší doba potřebná pro založení jsou výhody, na které je kladen důraz (Kobliha, Lstibůrek 2007). Semenné sady nejsou pouze reprodukčními výsadbami, ale zároveň šlechtitelskými populacemi. K cíli maximální produkce se tak přidává i dosažení vysoké genetické kvality osiva. Při dosahování tohoto cíle jsou uplatňovány dvě šlechtitelské metody: selekce rodičovských stromů a hybridizace mezi těmito šlechtitelskými stromy reprodukovánými v rámci semenného sadu při vyloučení či alespoň minimalizaci nežádoucího sprášení z různých lesních porostů daného druhu lesní dřeviny uplatněním určité izolační vzdálenosti (Kobliha, Funda 2004). Po druhé světové válce doznaly semenné sady lesních dřevin značného rozvoje a v současné době jsou významným zdrojem osiva pro některé významné lesní dřeviny. Jsou prakticky zakládány ve všech evropských a mimo evropských zemích s vyspělým lesním hospodářstvím. Pro určité lesní dřeviny se v některých oblastech staly semenné sady základním zdrojem osiva, např. pro borovici lesní a břízy v zemích skandinávských (Šindelář 1992). V České republice jsou dostupné zatím semenné sady pouze první generace. To znamená, že jsou tvořeny jedinci selektovanými pouze na základě fenotypového šetření, a proto je třeba tyto jedince ověřit paralelně založenými testy potomstev v rámci dlouhodobého šlechtitelského programu (Kaňák a kol. 2008).

Semenné sady mají mnohé výhody jako je např. snadnější sběr osiva, možnost kontrolovaného křížení a očekávaný heterózní efekt u osiva, ovšem mají i určité nevýhody. Největší nebezpečí je teoretická možnost zúžení genetické variability (Vašíček 1992). Jak uvádí Svoboda a kol. (2010), semenné sady zůstávají doplňkovým zdrojem reprodukčního materiálu lesních dřevin. Cílem je optimalizace jejich počtu a výměry. Založení nových semenných sadů bude řešeno jednotlivými projekty na základě posouzení dlouhodobé potřeby reprodukčního materiálu konkrétní dřeviny v daném regionu. Součástí projektu bude i ekonomické zhodnocení. Založení nového semenného sadu předchází určitá konkrétní motivace, což je většinou buď trvalý nedostatek geneticky hodnotného reprodukčního materiálu určitého druhu dřeviny v dané oblasti, anebo záchrana a reprodukce genofondu vzácně se vyskytujících dřevin, resp. cenné zbytkové populace. Motivem, ale může být také usnadnění sběru reprodukčního materiálu

a umožnění vzájemného opylování vybraných kvalitních jedinců v přirozených podmínkách od sebe velmi vzdálených (Kaňák a kol. 2008).

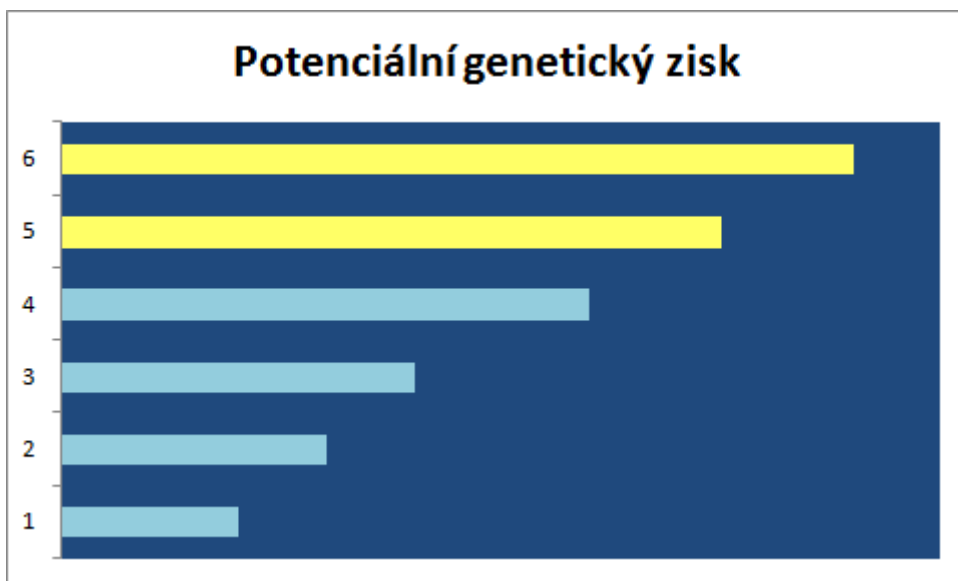
Cílem zakládání semenných sadů je docílení genetického zisku pomocí soustředění klonů nadprůměrně hodnotných jedinců, kteří byli vybráni v cenných dílčích populacích lesních dřevin, do semenného sadu. Potomstva, která byla vypěstovaná z osiva sklizeného v sadech, by měla vykazovat vyšší hospodářskou hodnotu než potomstva z osiva získaného v populacích standardních. Další cíl je, aby naroubované letorosty odebrané v korunách adultních jedinců dosáhly souladu s fyziologicky podmíněnými vlastnostmi, časně plodnosti roubovanců (Šindelář 1992). Umělá obnova materiálem, který pochází ze semenných sadů, je mnohem kvalitnější. Materiál má mnohem lepší celkovou odolnost proti biotickým a abiotickým činitelům, nebo vyšší kvalitu (např. tvárnost kmene), (Kobliha, Lstibůrek 2007).

V současné době je v Evropě věnována zvláštní pozornost semenným sadům druhé generace. Tyto sady jsou skutečně založeny z druhé generace, kdy v testech potomstev fenotypově vyselektovaných rodičovských stromů jsou vybráni přibližně ve stáří 10 – 15 let vynikající jedinci, kteří jsou rozmnoženi vegetativně řízkováním. Klony, které získáme z rodičovských stromů druhé generace řízkováním, jsou podrobeny indukci kvetení např. i ve skleníkových semenných sadech, které jsou zároveň semennými sady mobilními. Naklonovaní jedinci jsou zde umístováni jen po určitou dobu. Ve skleníku nebo fóliovníku jsou rozmístěny pouze ve fenologicky příhodném období. Tímto obdobím je čas diferenciací pupenových primordií na vegetativní a generativní. Je to totiž rozhodující období pro možnost zvýšení kvetení a fruktifikace (Kobliha, Lstibůrek 2007).

Úrodu šišek v semenných sadech ovlivňuje řada faktorů. Zejména pak na věku, ekologických podmínkách, na počasí v roce, který předchází fruktifikaci a na počasí v době kvetení a těsně po odkvětu. Některé uvedené faktory ovlivňují i kvalitativní ukazatele získaného osiva jako je podíl plných semen a další vlastnosti, zejména pak klíčivost a energie klíčení (Šindelář a kol. 1989). V Turecku bylo pozorováno 25 klonů po 6 roubovancích ve 3 semenných sadech borovice lesní. Objekt zájmu byl počet samčích a samičích květenství, výška pod a nad nejdelší větví, šířka koruny, celková výška a počet větví. Počet květenství se zvyšoval s velikostí stromu. Počet květenství samičích byl více variabilní než počet samčích květenství (Billir et al. 2006). Prescher et al. (2007) prováděl šetření v 10 semenných sadech borovice lesní starších 15 let. Zjišťoval

počet květenství, šišek a semen na rametu. Nejpodstatnějším výsledkem bylo, že kvetení samčími květenstvími bylo nižší, než se očekávalo na základě literatury. Omezená variabilita v samčích květenstvích indikuje, že by to nemělo být selekční kritérium. Jak popisují Kobliha a Lstibůrek (2007), vyšších zisků je možné dosáhnout metodami hromadného kontrolovaného sprášení. V tomto případě nedochází ke kontaminaci pylem neznámého původu. Tento postup probíhá sprášením směsí známého pylu v semenném sadu. Poté také můžeme individuálně vybrat rodičovské stromy a kontrolované sprášení s následná výsadba bloků plnosesterských potomstev (Kobliha, Lstibůrek 2007). Poté můžeme aplikovat ještě jeden způsob pro zvýšení efektivity a tím je dodatečné sprášení. Z jedinců v semenném sadu se v době kvetení odebere zbývající pyl, a pomocí vybavení pro kontrolované opylování jsou zbývající neopylené samičí šištice opyleny právě tímto pylem. Tento postup je hlavně důležitý v prvních letech kvetení, kdy může nastat problém s produkcí pylu. Zároveň i zvyšujeme genetický zisk a genetickou diverzitu. Stoehr et al. (2004) zjistil díky genetickým analýzám, že po dodatečném opylení stoupne podíl plných semen v průměru z 25% na 41,1%.

Graf č. 1 znázorňuje alternativní formy produkčních populací lesních dřevin. Pokud je zvolena patřičná alternativa, je možné navýšit hodnotu genetického zisku. Genetický zisk je ovlivněn třemi základními faktory: intenzitou selekce, proměnlivostí znaku a heritabilitou. Rozhodnutí je závislé na řadě dalších faktorů – např. dodatečné náklady spojené s kontrolovaným sprášením, úspěšnost různých forem vegetativního rozmnožování u konkrétní dřeviny a ochota majitele lesa investovat do efektivnějších forem produkčních populací apod. (Kobliha, Lstibůrek 2007).



**Graf 1: Alternativní formy produkčních populací lesních dřevin (Procházková a Bezděčková, 2007)**

**Graf č. 1.** Alternativní formy produkčních populací lesních dřevin a odpovídající očekávaný genetický zisk. Jednotlivá čísla představují následující alternativy: 1 – semenný sad (volné sprášení, bez selekce), 2 – semenný sad (volné sprášení, selekce na základě testu potomstev), 3 – semenný sad (hromadné sprášení pylem známého původu), 4 – výsadby plnosesterských potomstev z kontrolovaného sprášení, 5 – vegetativně namnožená potomstva z kontrolovaného sprášení, 6 – výsadby klonů.

Semena z porostů se nemohou kvalitou při přímém výsevu rovnat semenům získaných ze semenných sadů. Jedinci, kteří vyklíčí ze semen, které pocházejí ze semenných sadů, mají vyšší energii klíčení, dosahují větší výšky a jsou celkově vitálnější. Pro lesní provoz je pak takovýto jedinec mnohem větším přínosem, než ten jedinec, který by vyrostl ze semene sebraného z porostů (Wennström 2007). Tigabu (2007) popisuje kvalitu semene jako pojem zahrnující genetické, patologické, entomologické, fyzické a fyziologické atributy, které ovlivňují vlastnosti semene. Jeden z ukazatelů kvality semene je jeho absolutní hmotnost, která informuje o velikosti semen a je geneticky podmíněna. Kromě genetiky je ovlivněna podmínkami, ve kterých stromy rostou. V klimatických poměrech České republiky je absolutní hmotnost ovlivněna zejména nadmořskou výškou. V horských polohách je kratší vegetační doba, proto zde semena daného druhu jsou menší. Na velikost semen má vliv i stáří porostu, např. semena ze starých porostů mají menší absolutní hmotnost než semena z mladších porostů. Další ovlivňující faktory velikosti a tím i hmotnosti jsou např. stav výživy, zásobení vodou, světelným požitkem stromů (Procházková, Bezděčková 2007). Jak uvádí Carlson (1993), ze semenných sadů

jsou semena těžší, mají větší embrya, více zásobních látek a jsou často vitálnější. Z těchto důvodů se předpokládá vyšší klíčivost, vyšší energie klíčení, lepší vzcházivost a celkově lepší růst semenáčků, hlavně v počátečních etapách vývoje.

Optimální doba životnosti semenného sadu smrku ztepilého je 40 let. V případech, kdy je genetický progres dostatečně rychlý, optimální životnost může být menší než 30 let (Moriguchi et al. 2008).

### 3.4.5 Testy potomstev

Stromy, které vyselektujeme individuálním nebo hromadným výběrem, mají obvykle dobrý fenotyp, ale jejich genetická hodnota je neznámá. Abychom mohli určit i jejich genetickou hodnotu, musíme testovat jejich potomstva. Testování potomstev je nevyhnutelnou součástí každého šlechtitelského programu a je klíčový v rozhodovacím procesu, jestli je vyšlechtěný materiál natolik dobrý, abychom ho mohli zařadit do provozního rozmnožování. Z hlediska nákladů je testování potomstev jedna z nejdražších a současně jedna z nejdéle trvajících složek šlechtění. Testy potomstev jsou nejlepším prostředkem na vyhodnocení genetické hodnoty selektovaných rodičů. Tento postup umožňuje rozdělit mateřské stromy na skupinu stromů, u kterých jejich dobrý fenotypový růst je výsledkem působení prostředí, a na skupinu stromů, u kterých je jejich dobrý fenotypový růst dědičně podmíněný. Pokud růstové znaky některých mateřských stromů nejsou dědičně podmíněné, musíme jich v případě zařazení do semenných sadů anebo jiných produkčních populací z těchto sadů přehodnotit (Paule 1992).

Při testování potomstev selektovaných stromů jsou velké naděje vkládány do tzv. časných testů, díky kterým je možné předpovídat budoucí růstové vlastnosti stromu již ve stádiu semenáčků někdy dokonce semen. Výhoda těchto testů je snížená doba trvání šlechtitelského cyklu v rámci šlechtitelského programu a to dost podstatně. Na juvenilním materiálu se identifikují jednotlivé znaky nebo jejich kombinace a tím odhadujeme budoucí růst stromů, Zkoumané znaky korelují s hospodářsky významnými znaky v dospělosti. Genetický zisk po selekci na základě časných testů závisí na míře korelace sledovaných znaků mezi juvenilním a dospělým materiálem. Sledovanými znaky je například výška, odolnost, kvalita dřevní hmoty nebo mortalita. Kobliha a kol. (2007) uvádí, že na základě vyhodnocení testů potomstev je možné odhadnout jednak šlechtitelské hodnoty rodičovských stromů pro zpětnou selekci a jednak šlechtitelské hodnoty potomků pro „forward“ selekci, určenou k selekci jedinců do semenných sadů

druhé generace. Propojení těchto produkčních populací (semenných sadů) s ověřovacími výsadbami v České republice ve většině případů chybí. Není tedy možné vyhodnotit genetické vlastnosti jedinců zahrnutých do semenných sadů a zároveň tvorbu dalších generací semenných sadů, které generují i další dodatečný zisk.

Předpoklad pro úspěšný genetický test je stanovení cíle. Vlastní struktura a schéma křížení testovací výsadby musí být „optimalizována“ k těmto cílům. Experimentální statistika v obecné rovině zahrnuje tři fáze: plánování, realizace a statistická analýza srovnávacích experimentů. Všechny tyto fáze se promítají do šlechtitelského výzkumu (testování) a musejí být prováděny pečlivě. Sazenice, řízkovanci, nebo výpěstky in vitro apod. Ze všech těchto možností je reálné založit testovací výsadbu (Kobliha a kol. 2012). Williams a Matheson (1994) doporučili a zároveň i preferovali zakládání ověřovacích výsadeb pomocí čtvercových parcel. Do statistické analýzy doporučili nezahrnovat krajní stromy těchto parcel a použít je jako tzv. „buffer“ vlivu konkurence okolních parcel. Tato metoda zpřesnila odhady genetických parametrů experimentu i šlechtitelských hodnot jednotlivých rodičovských stromů. Takto založené výsadby jsou efektivní pro hodnocení i v pozdějším věku. Adams a kol. (2006) testovali závislost míry přežívání a průměru kmenů na sponu výsadby. Výsledek byl, že prokázali negativní závislost mezi sponem a mortalitou (čím větší spon, tím se mortalita snižovala), pozitivní závislost mezi sponem a průměrem kmene (čím větší spon, tím větší průměr) a negativní vztah mezi viabilitou a průměrem kmene (vyšší viabilita = větší konkurence mezi jedince a tím menší průměry kmenů). Další výsledek šetření byl, že některá potomstva se mnohem lépe vyrovnávají s konkurencí sousedních parcel než jiná. Např. potomstvo s označením NC1 mělo ke vztahu k potomstvu NC3 viabilitu vyšší o 22% a pokles v průměru kmenů byl pouze 2%. Williams a Matheson doporučili přihlídnout k těmto rozdílům v konkurenceschopnosti mezi potomstvy, které mají podíl na změnách v zásobě porostu a zohlednit je při tvorbě funkcí v růstových modelech. Vložením funkce efektů potomstev vzhledem ke sponu a funkce průměrů specifických pro jednotlivá potomstva bylo dosaženo velice přesného odhadu zásoby porostu v 17 letech v případě borovice kadidlové (*Pinus taeda*). Genetické testování zahrnuje také studium geografické proměnlivosti (mezidruhová, vnitrodruhová). Každá testovací výsadba má význam v konkrétním šlechtitelském programu s vazbou na konkrétní populace a prostředí (Kobliha a kol. 2012).

Při testování potomstev nás zajímá (kromě jiných aspektů této metody), také ekonomická efektivnost tohoto opatření a skutečnost, jestli jsou šlechtěné dřeviny na dané lokalitě z finančního hlediska ztrátové, či nikoli. K tomuto posouzení slouží růstové modely. Tyto modely a simulátory vývoje porostu k tradičním predikcím genetických zisků. Stejně modely, které simulují vývoj porostu, je možné použít pro s využitím rozdílů mezi potomstvy v mladém věku pro odhad genetického zisku a selekčního diferenciálu v době obmýtí. Odhadnout zisky ve zvyšování objemu produkce v době obmýtí je důležité pro vyhodnocení efektivnosti prostředků vynaložených na šlechtitelský program/opatření. Z praktického hlediska je zjištění efektu šlechtitelského programu mezi vyšlechtěným a nevyšlechtěným materiálem obtížné a zdlouhavé v závislosti na době obmýtí. V lesnickém výzkumu mohou být růstové modely užitečným nástrojem vzhledem k jejich schopnosti stanovit efektivnost šlechtitelských opatření. V současné době je jen několik modelů, které dokáží pracovat s vložením genetických efektů na úrovni rozdílů mezi selektovanými potomstvy (Kobliha a kol. 2012). Buford a Bukhard (1987) studovali vložení genetických efektů do růstových modelů a zjistili, že implementace těchto modelů nevyžaduje intenzivnějších zásahů do struktur stávajících růstových modelů k zavedení efektů jak na provenienční úrovni tak úrovni potomstev. Sklony křivek v růstových modelech byly upravovány na základě kvality stanoviště a hustoty sponu. Ovšem Gwaze a kol. (2002) později zjistili, že je zásadnější a nutnější pracovat s křivkou heritability v čase než s kvalitou stanoviště. Důvod byl mnohem intenzivnější pokles křivky heritability než věkově specifické výšky díky vlivu kompetice na stanovišti.

Jak popisuje Carson et al. (1999), v růstových modelech je také v některých případech možné použít multiplikátory genetického zisku. Tyto multiplikátory se používají v běžných růstových modelech, které mají základ v rozsáhlém měření porostů založených z nevyšlechtěného materiálu k nastavení modelů pro práci s vyšlechtěným materiálem. Gould a kol. (2008) při výpočtu multiplikátoru genetického zisku vycházeli z růstových modelů. V těchto modelech byl predikován pro určité časové období průměrný přírůst potomstva (5, 10 nebo 15 let). Studie potvrdila, že rozdíly mezi vyšlechtěným a nevyšlechtěným materiálem v růstu jsou po dobu 10-20 let stabilní. Na základě tohoto výsledku doporučují pro výpočet genetických multiplikátorů používat časové úseky po 10-ti letech. Jak popisuje Hazel (1943), genetické efekty je vhodné vkládat do růstových modelů ne pomocí šlechtitelských hodnot, ale vytvářet komplexní



selekční indexy. Indexy optimalizují více znaků, které jsou pro celkovou efektivitu využití selektovaného materiálu v provozních výsadbách stěžejní. Tyto znaky jsou např. produkce biomasy, objemová produkce a úspěšnost v přežívání. Indexy zároveň ideálně kombinují šlechtitelské hodnoty jednotlivých znaků s jejich ekonomickou významností pomocí tzv. ekonomických vah. Klápště a kol. (2012) popisuje ekonomické váhy, jako nástroj který popisuje vliv změny sledovaných znaků na šlechtitelské cíle.

### 3.4.6 Cíl šlechtitelského programu a genetických testů

Paule (1992) je toho názoru, že cíl šlechtitelského programu závisí především na druhu dřeviny a navazujících požadavkách na produkci dřevní hmoty (kvantitu a kvalitu), anebo jiných produktech. Cíl šlechtitelského programu může být různý. S přihlédnutím k tomu, že produkční období vyšlechtěného materiálu je časově vzdálené, je třeba cíl šlechtění vždy definovat na prognostickém základu a zohledňovat potencionální požadavky na kvantitativní a kvalitativní stránku produkce dřevní hmoty, odolnost lesních dřevin, stabilitu lesních porostů a požadavky na jiné produkty. Definice cíle šlechtitelského programu závisí také na podmínkách prostředí, ve kterých má být vyšlechtěný materiál použitý. Paule rozdělil cíle šlechtění lesních dřevin takto: a) Zvýšení kvantity produkce dřevní hmoty nebo jiných produktů

b) Zvýšení kvality produkce dřevní hmoty nebo jiných produktů

c) Zvýšení odolnosti lesních dřevin proti abiotickým a biotickým činitelům

Zvýšení kvality produkce dřevní hmoty je úzce spojeno se zvyšováním kvantity produkce dřevní hmoty. Špatná by byla myšlenka, pokud by se šlechtěním zvyšovala jen kvantita produkce, a kvalita by klesala nebo zůstávala stejná. Při zvyšování kvality produkce dřevní hmoty, se neuvažuje jen o zlepšení mechanických vlastností dřeva (pevnost, pružnost, ohyb), ale také chemické vlastnosti dřeva (délka vláken, složení a obsah různých extraktních látek). Zvýšení odolnosti je jeden z velmi důležitých cílů šlechtění. Zatímco zvyšování produkce je na chudých stanovištích velmi problematické a zvyšování kvality dřevní hmoty v podmínkách rychle se měnící poptávky a cen sortimentů dřeva dokonce v krajním případě ztratit, zvýšení odolnosti má svůj smysl neustále. Pokud by se v budoucnosti podařilo vyšlechtit druhy nebo typy organismů odolné vůči jedinému nebo vícero škodlivým činitelům, stoupla by hodnotová produkce

lesa jako polyfunkčního organismu. Především zvyšování odolnosti je předním cílem šlechtění lesních dřevin. Základní příčinou tohoto cíle je zhoršování životního prostředí, především znečištění ovzduší, které v některých oblastech světa (nevyjímaje střední Evropu a Českou republiku) podstatně zhoršuje zdravotní stav lesa (Paule 1992).

White et al. (2007) definuje cíl genetických testů takto:

- a) sledované znaky podrobit studii genetické architektury
- b) testování jedinců k odhadu aditivních genetických (šlechtitelských) hodnot
- c) určení výše genetického zisku (realizovaný zisk)

Ad a) Architektura znaku je studována na mnoha úrovních. Klasickým šlechtitelským postupem je zde kvantifikace proměnlivosti sledovaného znaku, příp. stanovení odpovídajícího genetického modelu sledovaného znaku na bázi kvantitativní genetiky (aditiva, dominance, epistáze apod.). Jakýkoliv výsledek se váže pouze k jedné určité populaci a zobecnění je poměrně obtížné. Kvantifikuje se například podíl aditivního genetického rozptylu na rozptylu celkovém (tzv. heritabilita v užším smyslu slova), podíl genetického rozptylu celkového na rozptylu celkovém (tzv. heritabilita v širším smyslu slova), kvantifikace genových interakcí, u důležitých znaků genetická korelace, interakce mezi genotypem a prostředím a věkové korelace (Lynch a Walsh 1998).

Ad b) V tomto bodě se odhaduje genetická (aditivní, šlechtitelská) hodnota jedince tzv. obecná kombinační schopnost. Tato schopnost je ověřena na základě srovnání průměru potomstva s průměrem populace. Důležité je podotknout, že klasické postupy např. schémata zhodnocená analýzou rozptylu jsou čím dál víc nahrazována pokročilými analytickými metodami na principu metod maximální věrohodnosti a nejlepších nestranných lineárních odhadů. Díky těmto postupům je možné kombinovat data z několika generací (Kobliha a kol. 2012)

Ad c) Běžná kalkulace genetického zisku je založená na deterministickém predikčním modelu a je závislá na všech předpokladech, resp. hypotézách např. stejné podmínky prostředí, jednoduchá genetická architektura znaku apod. Cíl je kvantifikovat skutečný rozdíl v hodnotě sledovaného znaku (např. srovnáním průměru potomstev

z kontrolovaného křížení s kontrolními vzorky). Takto provedené srovnání je poměrně přesné, ale časově náročné (Kobliha kol. 2007).

Oproti klasickým výsadbám může klonový materiál poskytovat určité výhody. Vzhledem k cíli (ad a) je daleko efektivnější separovat jednotlivé části genetického rozptylu dle příslušné kauzality poměrně vysoká! Využitím klonování jako nástroje k efektivnější selekci (ad b) se zabývala také celá řada autorů. Velikost testovací výsadby je ve vztahu s optimálním počtem vegetativních kopií (ramet) příslušných genotypů. Aby mohl být tento vztah optimálně vyřešen, došlo k vytvoření deterministických a stochastických modelů. Obecně se dá tvrdit, že tento postup pro zpřesnění odhadu individuálních šlechtitelských hodnot lze doporučit (Kobliha a kol. 2012).

Pro určení konkrétního cíle je potřebné získat materiál určený k výsadbě. Existuje katalog křížení, kam lze zařadit křížení kontrolovaná a dále volné sprášení. Každá varianta křížení slouží k různému účelu a má specifické rysy. K vlastní přípravě testovacích výsadeb je potřebné přistupovat individuálně podle specifických cílů programu, parametrů populací apod. (Kobliha a kol. 2007).

Je možno očekávat, že zakládání nových semenných sadů bude pro VLS ČE, s.p. z dlouhodobého hlediska ziskovou záležitostí (Volf 2011).

### **3.4.7 Způsoby křížení**

#### **volné sprášení:**

a) nestruturovaná potomstva - sběr osiva probíhá bez evidence rodičovského původu. Patří sem sběr osiva z rodičovských stromů, případně semenných sadů. Neprovádí se však při sběru ani poté ve školce evidence do jednotlivých oddílů. Klasickým využitím těchto potomstev je výsadba testovacích ploch (obvykle označovaných jako plochy demonstrační) pro kalkulaci realizovaného genetického zisku (např. porovnání potomstev ze semenných sadů s potomstvy neselektovaných rodičovských stromů).

b) polosesterská potomstva – sběr osiva probíhá s evidencí rodičovského jedince. Polosesterská potomstva slouží především k ověřování genetické hodnoty rodičů. Neboli nepoužívají se k přímé selekci v rámci potomstva, ale k odhadu obecných kombinačních schopností rodičovských stromů (to je konkrétní případ méj diplomové práce).

### **kontrolované křížení:**

a) směs pylu (polycross) – Známe zde konkrétní rodičovské stromy. Slouží spíše k ověřování. Pro selekci není tato metoda vhodná. Velkou nevýhodou je zde zúžená genetická proměnlivost výsledné populace.

b) specifické rodičovské kombinace – provádí se zde specifické křížení mezi konkrétními rodiči. Každý postup v této metodě má své výhody a nevýhody v návaznosti na uvedené cíle. Pracnost a návaznost na velmi precizní statistické vyhodnocení jsou aspekty společné pro tyto postupy. Zakládání výsadby z těchto potomstev je ekonomicky velmi náročné. Navíc pokud dojde k poškození je velmi obtížné test zhodnotit (Kobliha a kol. 2012).

Dnes dochází k postupnému propojování těchto postupů. Je obecná snaha o eliminaci nevýhod těchto postupů a kombinovat výhody volného sprášení s výhodami kontrolovaného křížení. Především jde o metody rekonstrukce rodokmene, které jsou zakomponované do klasických šlechtitelských programů (tzv. strategie Breeding Without Breeding). Využívá se potomstev z volného sprášení, jednoduchých testů potomstev, rekonstrukce rodokmene a navazující selekce. Postupně se opouští od cíle (ad a) a klade se větší důraz na cíl (ad b) a (ad c). Největší důraz se však klade na ekonomickou efektivitu a relativně jednoduchá provozní schémata. Využití těchto schémat je velmi výhodné (El-Kassaby, Lstibůrek 2009).

### **3.4.8 Pojmy**

ADAPTACE – přizpůsobení jedince anebo populace, která má za následek lepší růst anebo přežití

AKLIMATIZACE – adaptace na klimatické změny

BIODIVERZITA – proměnlivost mezi živými organizmy a ekologický komplex, ve kterém se vyskytují

CROSSING-OVER – překřížení chromozómů a následná výměna segmentů mezi homologickými chromozómy v průběhu meiózy

CYTOPLAZMA – živá hmota (protoplazma) obsažená v buňce a nezahrnuje jádro

DĚDIVOST – podíl genetického rozptylu na celkovém (fenotypovém) rozptylu

DEOXYRIBONUKLEOVÁ KYSELINA (DNA) – dlouhá dvojitě řetěncová samoreplikující se kyselina s velmi vysokou molekulovou hmotností, která tvoří geneticky aktivní část chromozómů

DIALELNÉ KRÍŽENÍ – křížení jednoho jedince s každým ve skupině

DRUH – skupina podobných organismů schopná křížení a víceméně se odlišující od podobných organismů různými areály anebo morfologickými znaky od jiných druhů toho jistého rodu

EKOTYP – genetická podjednotka druhu vycházející ze selektivního projevu daného prostředí a vykazující adaptaci na prostředí. Ekotyp označuje odchylku a adaptaci, rasa označuje odchylku, ale ne adaptaci

EVOLUCE – dlouhodobé změny genové frekvence a fenotypových charakteristik populace anebo skupiny populací

FENOTYP – vnější projev genotypu v daném prostředí

FENOTYPOVÁ SELEKCE – výběr stromů na základě jejich fenotypových projevů

FYLOGENEZE – evoluční vývoj druhu, rodu anebo vyšších jednotek

GAMETA – pohlavní buňka

GEN – základní jednotka většiny typů dědičnosti, osidluje daný lokus na chromozómu a poskládaný z molekuly DNA

GENETICKÝ ZISK – zvýšení produkce následkem změny genové frekvence

GENETIKA – věda, která se zabývá proměnlivostí organismů a dědičnou podstatou přenosu genetické informace na potomstvo

GENOFOND – soubor všech genů a cytoplazmatických faktorů dědičnosti druhu (celá genetická informace)

GENOTYP – genetická konstituce organismů. Vrozený způsob metabolismu organismu, který je zakódovaný v buněčném jádře a cytoplazmě

GENOTYPOVÁ SELEKCE – výběr rodičů na základě známých informací o jejich genotypu

HROMADNÁ SELEKCE – výběr populací na základě jejich fenotypových znaků

HROMADNÝ TEST POTOMSTVA – test potomstva rodičů, kteří byli seskupeni podle fenotypové podobnosti a při kterých se identita potomstva zachovává jen podle identity rodičů

HYBRIDIZACE – křížení dvou odlišných ras anebo druhů (rodů), nebo jedinců

CHROMOZÓM – malé tenké vřetenovité tělíčko nacházející se v jádru v průběhu mitózního a meiózního dělení buňky; skládá se převážně z DNA a bílkovinné vrstvy, obsahuje geny anebo faktory kontrolující většinu dědičně podmíněných znaků

KLON – všechny rostliny nepohlavně rozmnožené ze stejné mateřské rostliny, mají identický genotyp

KLONOVÝ TEST – kultura anebo skupina kultur pocházející z klonů a založená pro účel stanovení genetických rozdílů mezi nimi

KLONOVÁ SELEKCE – výběr nejlepších klonů pro nepohlavní rozmnožování

LESNICKÁ GENETIKA – věda zabírající se proměnlivostí a dědičně podmíněnými procesy o lesních dřevinách

LOKUS – fixovaná lokace genu

MITÓZA – nepřímé dělení. Způsob dělení buněk, při kterém se počet chromozómů neredukuje, ale každá dceřiná buňka dostává stejný počet chromozómů

MUTACE – náhodná změna genotypu

NEPOHLAVNÍ ROZMNOŽOVÁNÍ – reprodukce bez oplodňování, která zahrnuje apomixii a různé formy vegetativního rozmnožování

PANMIXIE – náhodné páření bez selekce

PLNOSESTERSKÉ POTOMSTVO – potomstvo páru stromů, vycházející obvykle z kontrolovaného křížení

POPULACE – skupina jedinců daného druhu, která se může mezi sebou vzájemně křížit

POPULAČNÍ GENETIKA – studium genetických změn na skupině jedinců (v populacích) v průběhu několika generací

POTOMSTVO – potomstvo jednoho stromu po volném opylení anebo páru stromů po kontrolovaném opylení

PŘÍMÁ SELEKCE – výběr stromů anebo jedinců na základě vhodných znaků, například výšky

PŘIROZENÁ SELEKCE – přirozené vylučování stromů na základě fenotypové neschopnosti přežít anebo produkovat semeno v určitých přírodních podmínkách

PROVENIENCE – definovaný přirozený původ stromu anebo skupiny stromů. V lesnické literatuře je to synonymum k termínu geografický původ

RAMETA – jedinec rozmnožený vegetativním způsobem z toho daného klonu

REDUKCE – zmenšení počtu chromozómů v průběhu meiózy na polovinu

SELEKCE – výběr jedinců anebo populací s požadovanými vlastnostmi pro získání genetického zlepšení

SELEKCE POTOMSTEV – výběr rodičů na základě průměrného růstu potomstva

SEMENNÝ POROST – porost nebo kultura, které byly založeny a obhospodařovány s cílem produkovat semeno

SEMENNÝ SAD – výsadba založená na produkci semena známé nebo předpokládané genetické kvality

ŠLECHTĚNÍ – věda anebo technologie využívající řízené změny genetické konstituce populací, rostlin anebo živočichů na zlepšení jejich vlastností

ŠLECHTĚNÍ LESNÍCH DŘEVIN – aplikace šlechtění a genetických poznatků na zlepšení genetické konstituce lesních dřevin

TEST POTOMSTVA – pokus (obvykle s opakováními) na porovnání růstu potomstva generativního nebo vegetativního potomstva

TESTOVACÍ VÝSADBA – výsadba (obvykle s opakováními) za účelem zjištění dědičně podmíněných rozdílů mezi potomstvy generativního anebo vegetativního původu

VŠEOBECNÁ KOMBINAČNÍ SCHOPNOST – relativní schopnost jedince přenášet svoje vlohy na potomstvo při křížení s jinými jedinci v populaci

VIABILITA – životaschopnost, schopnost přežití

VÝBĚROVÝ STROM – fenotypově vynikající strom

ZNAK – zjistitelný fenotypový projev genu anebo skupiny genů. Charakteristika používaná na rozlišení jedinců v populaci



## 4 Metodika a materiál

### 4.1 Testovací plochy smrku ztepilého Divize Lipník nad Bečvou

#### 4.1.1 Divize Lipník nad Bečvou

Divize Lipník nad Bečvou obhospodařuje 27 118 ha lesa především na území VVP Libavá. Z této sumy je 22 975 ha lesní pozemky, 2650 ha zemědělská půda, 48 ha vodní plochy a 22 ha zastavěné plochy. Organizačně je členěna na pět lesních správ – Libavá, Potštát, Velký Újezd, Hlubočky, Bruntál a Správu služeb Lipník nad Bečvou. Stěžejní pro lesnické hospodaření jsou kvalitní a rozsáhlé smrkové lesy na náhorní rovině Oderských vrchů ([www.vls.cz](http://www.vls.cz) 2016). Hospodaření divize Lipník nad Bečvou je významně ovlivněno nedostatkem srážek a následným masivním rozpadem smrkových porostů ve všech věkových stupních. Divize Lipník nad Bečvou je zařazena do přírodní lesní oblasti (dále jen PLO) 34 – Hornomoravský úval a PLO 29 – Nízký Jeseník. Zkoumané plochy se nacházely pouze v PLO 30. Na Divizi Lipník nad Bečvou byly umístěny celkem tři plochy, které jsem hodnotil.

#### 4.1.2 Přírodní podmínky

PLO Hornomoravský úval je vněkarpatská sníženina, která zasahuje z části do České vysočiny a z části do Karpat (Plíva, Žlábek 1986). Nadmořská výška území je v rozmezí od 360 m v severní části do 185 m v jižní části. Území je převážně rovinaté s občasnými zvlněnými vyvýšeninami terénu a mělkými údolími. Osu této oblasti řeka Morava, jejíž niva vyplňuje východní část dna sníženiny většinou štěrkopískou, krytými povodňovými sedimenty. Západní část tvoří mírné svahy na neogenních sedimentech, stupňovité terasy a sprašové závěje. Naproti tomu východní část je plošší, kde štěrky v údolní nivě jsou kryty spraší ([www.uhul.cz](http://www.uhul.cz) 2016).

Z geomorfologického hlediska je tato oblast v okolí Divize Lipník nad Bečvou zařazena: ALPSKO-HIMALÁJSKÝ SYSTÉM ⇒ KARPATY ⇒ Západní Karpaty ⇒ Vněkarpatské sníženiny ⇒ Západní Vněkarpatské sníženiny.

Tektonicky je úval rozsáhlou před miocenní sníženinou mezi Jeseníky, Dražanskou vrchovinou a Karpaty. Je to soustava ker pokleslých do různé hloubky. Ve střední části byly poklesy nejmenší, proto podložní horniny (vápence, droby, žuly) vystupují v ostrůvcích na povrch uprostřed neogénu. Povrch je proto zvlněný nízkými

pahorky. Miocénní písky a jíly byly v úvalu překryty v pleistocénu říčními nánosy a sprašemi (Culek 1996).

### **4.1.3 Klimatické poměry**

Dle Atlasu podnebí ČSSR (1958) náleží část PLO v okolí Lipníku nad Bečvou do teplé oblasti a okrsku A5 – teplý, mírně vlhký okrsek s mírnou zimou.

Roční průměrná teplota vzduchu se pohybuje od 7,8 do 9 °C. Délka vegetačního období je 171 dnů, průměrný roční úhrn srážek činí 610 mm a dle Langova dešťového faktoru je klima semihumidní. Směr nebezpečných větrů je Z, SZ, S. Hojně jsou výsušné větry od J – JV. Celkově lze oblast charakterizovat jako teplou, sušší, s dlouhou vegetační dobou, s hojnými jarními přisušky.

### **4.1.4 Geologické poměry**

Největší vliv na utváření podloží v PLO 34 mají řeky Morava a Bečva. Podél řeky Moravy a v úzkých pruzích podél jejích přítoků se nacházejí fluvialní písčité hlíny s příměsí štěrku, mezi Olomoucí a Litovlí se jedná o náplavy písku s různým obsahem štěrku. Geologicky je tedy oblast poměrně jednoduchá. Sestává se z naplavenin pleistocénního a holocénního stáří a z různě mocných vrstev štěrku a písků. Náplavy jsou ve spodních vrstvách místy proloženy jílovitými a ztvrdlými limonitovými lavicemi. Na tyto naplaveniny navazují plošinaté i zvlněné terény sprašových hlín.

### **4.1.5 Pedologické poměry**

Převažujícími půdními typy jsou fluvizemě (naplavené půdy), hnědozem pseudoglejová, gleje, luvizemě (ilimerizované půdy) a kambizemě (hnědé půdy nižších poloh. Plochy se nachází na hnědozemi, kde dochází k vysychání.

#### 4.1.6 Testovací plochy sazenic smrku ztepilého (*Picea abies*)

Na divizi Lipník nad Bečvou bylo celkem vysázeno 1980 ks sazenic na tři testovací plochy. Na tyto plochy byl vysázen produkční smrk s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou.

Plocha č. 1:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Lipník nad Bečvou
LHC:	LS Potštát
místní název:	U oběšených
porost:	343A9

Plocha č. 2:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Lipník nad Bečvou
LHC:	LS Potštát
místní název:	U bunkru (Košova)
porost:	363A5

Plocha č. 3:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Lipník nad Bečvou
LHC:	LS Potštát
místní název:	Střelnice
porost:	314A9

Legenda: černé kolonky = mrtvý/chybějící jedinec

Tabulka 3: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 1 Lipník nad Bečvou

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
2	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
3	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
4	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38
5	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59
6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
7	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30
8	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
9	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
10	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93
11	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
12	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
13	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
14	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37
15	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58
16	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
17	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29
18	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
19	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
20	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92
21	93	94	23	24	25	26	29	30	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
22	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
23	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
24	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36
25	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57
26	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
27	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26
28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
29	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
30	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
31	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
32	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
33	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
34	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94										

Tabulka 4: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 2 Lipník nad Bečvou

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23
2	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24
3	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25
4	NA	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26
5	NA	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29
6	NA	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30
7	NA	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31
8	NA	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33
9	NA	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34
10	NA	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35
11	NA	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36
12	NA	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39	84	61	37
13	NA	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40	85	62	38
14	NA	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41	86	63	39
15	NA	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42	87	64	40
16	NA	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43	88	65	41
17	NA	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44	89	66	42
18	NA	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45	90	67	43
19	NA	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46	92	68	44
20	NA	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47	93	69	45
21	NA	88	65	41	86	63	39	84	61	37	82	59	35	80	57	33	78	55	30	76	52	26	74	50	24	72	48	94	70	46
22	NA	89	66	42	87	64	40	85	62	38	83	60	36	81	58	34	79	56	31	77	54	29	75	51	25	73	49	23	71	47

Tabulka 5: Schéma výsadby potomstev - plocha č. 3 Lipník nad Bečvou

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39
2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54
3	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
4	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
5	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25
6	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
7	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57
8	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
9	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
10	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30
11	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
12	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60
13	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
14	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
15	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34
16	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
17	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
18	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
19	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92
20	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37
21	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
22	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
23	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
24	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23
25	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40
26	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55
27	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
28	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
29	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26
30	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
31	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58
32	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
33	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
34	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31
35	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
36	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61
37	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
38	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
39	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35
40	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
41	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
42	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
43	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93
44	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38
45	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
46	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
47	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
48	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94		

Plochy byly vysázeny v roce 2015 do již připravených oplocenek, které však nebyly zcela přizpůsobeny jejich počtu ani plánu výsadby. V jednom případě byly spolu s vysázeným materiálem v oplocence i jiné druhy dřevin (buk, douglaska). Na všech třech plochách byl spon 1x1 m z důvodu nedostatku místa. Plocha č. 1 a 3 byly mírně zarostlé buřeni. Naopak plocha č. 2 byla buřeni zarostlá silně. Dle mého odhadu nebyly plochy v roce 2015 ožnuty ani jednou. Úhyn byl nejvyšší na ploše č. 3 (tabulka č. 5 - černá pole s červeným číslem). Všechny tři plochy měly bytelné oplocení vyztužené ve spodní části kuláči o průměru do 15 centimetrů. Díky tomuto opatření nebyla výsadba poškozena černou zvěří. Oplocenkový plot byl vysoký 2 metry a nahoře byl vyztužen latí, díky čemuž nedocházelo k poškození od zvěře vysoké. Dle informací od zaměstnance VLS byly všechny tři plochy postižené suchem a na ploše č. 3 byl zaznamenán nízký stav Klikoroha borového (*Hyllobius abietis*). Z tohoto důvodu je i na ploše č. 3 zaznamenán nejvyšší úhyn sazenic. Kontrolní šetření (inventura a měření výšky jedince a tloušťky jeho kořenového krčku), bylo provedeno 3 a 4. 11. 2015.

## **4.2 Testovací plochy smrku ztepilého Divize Plumlov**

### **4.2.1 Divize Plumlov**

Divize Plumlov obhospodařuje celkem 17 617 ha pozemků (17 134 ha lesní pozemky; 161 ha zemědělská půda; 38 ha vodní plochy; 2,5 ha zastavěné plochy), které se v převážné míře rozkládají v severní části okresu Vyškov na území Vojenského újezdu Březina. Toto území patří do PLO 30 Dražanská vrchovina (Dymáček a kol. 2016).

Významnou charakteristikou hlavního spravovaného území je značně členitá konfigurace terénu s poměrně velkým rozsahem nadmořských výšek od 260 do 660 m n. m. Dřevinná skladba je charakteristická bohatou druhovou rozmanitostí. Hospodářskou činnost divize zajišťují tři lesní správy (Žárovice, Myslejovice a Rychtářov) a Správa služeb Plumlov ([www.vls.cz](http://www.vls.cz)). Na Divizi Plumlov je umístěno celkem výzkumných 5 ploch. Dvě plochy jsou založeny ze semenného materiálu sebrané z rodičovských stromů na Divizi Lipník nad Bečvou a zbylé tři plochy jsou založeny ze semenného materiálu z rodičovských stromů na Divizi Plumlov.

### **4.2.2 Přírodní podmínky**

PLO 30 – Dražanská vrchovina leží na pomezí jižní a střední Moravy. Dle regionálního členění reliéfu zabírá vlastní Dražanskou vrchovinu, dále členěnou na Adamovskou vrchovinu, Moravský Kras a Konickou vrchovinu a dále zabírá jižní část Zábřežské vrchoviny.

Centrální část oblasti je tvořena vyklenutým zarovnaným povrchem s charakterem členité pahorkatiny. Reliéf na západní části je tvořen systémem hrástí a prolomů, přičemž prolomy mají široká konkávní dna tvořená sprašovými závějemi a návějemi. V této části oblasti je výrazný skalnatý hřeben Babího lomu z křemitých devonských slepenců (Culek 1996).

Z geomorfologického hlediska je tato oblast na Divizi Plumlov zařazena: ALPSKO-HIMALÁJSKÝ SYSTÉM ⇒ KARPATY ⇒ Západní Karpaty ⇒ Vněkarpatské sníženiny ⇒ Západní Vněkarpatské sníženiny.

### 4.2.3 Klimatické poměry

Dle Atlasu podnebí ČSSR (1958) náleží část PLO v okolí Plumlova do teplé oblasti a okrsku A3 – teplý, mírně suchý okrsek s mírnou zimou. Podnebí má výrazný gradient od okrajů ke středu. Při jihovýchodním okraji klesají srážky až na 550 mm (mírný srážkový stín Dražanské vrchoviny) a průměrná teplota dosahuje až 8 °C. Tuto oblast charakterizuje např. stanice Plumlov. V okolí této stanice jsou umístěny výzkumné plochy.

Roční průměrná teplota vzduchu se pohybuje od 6,8 do 7,4 °C. Délka vegetačního období je 155 dnů, průměrný roční úhrn srážek činí 630 mm a dle Langova dešťového faktoru je klima semihumidní.

### 4.2.4 Geologické poměry

Naprostou většinu území Konické vrchoviny budují jednotvárná souvrství mořského spodního karbonu – kulmu: břidlice, droby, v jižní části pak slepence. Mezi Konicí a Litovlí se táhne pás fylitů, bazik a především vápenců devonského stáří. Z pokryvů mají význam především sprašové hlíny a svahoviny.

Moravský kras je tvořen převážně z čistých devonských vápenců. Vyskytují se zde ve střední části staré pokryvy – jíly, písky, valouny. Do jižní části zasahují spraše, které severněji přecházejí do sprašových hlín. Významná jsou vápencová suťová pole.

Adamovská vrchovina je budována především brněnským masivem, tj. hlavně amfibolickými granodiority, místy i diority a diabasy. Devonské křemité slepence a jílovce výrazně vystupují i v zóně Babího lomu. Do podoblasti zasahuje i marinní vápnitý terciér (vápnité jíly, písky), z pokryvů se uplatňují spraše.

### 4.2.5 Pedologické podmínky

V nejvyšší ploché části PLO 30 se nacházejí souvislé plochy kambizemí a hojnější ostrovy pseudoglejů na těžších hlínách. Nižší plošiny a horní části okrajových svahů pokrývají typické kambizemě, často oglejené. Na okrajových jsou zpravidla kambizemě typické, na ostrovech sprašových hlín a spraší na východním okraji PLO 30 hnědozemě typické a luvizemě typické. Na vápencích se vyskytují rendziny - většinou kambické.

#### 4.2.6 Semenný sad Kotáry

Semenný sad Kotáry se nachází na území lesní správy Myslejovice v okrese Vyškov na katastrálním území Kotáry. Parcelní číslo je 106/1. Semenný sad zároveň spadá pod obecní úřad ÚÚřVÚ Březina. Semenný sad byl založen roubovanci, které pocházejí z původních vojenského újezdu Březina. Tedy ze stejných rodičovských stromů jako mnou šetřené testy potomstev na divizi Plumlov. V tomto semenném sadě bude pak následně na základě výsledků testů potomstev, probíhat genová probírka. Řízky k roubování byly sebrány z rodičovských stromů, které vynikají svým fenotypem. Úkolem semenného sadu bude pravidelná a kvalitní produkce semenného materiálu z původní dřeviny, u které je znám její původ a kvalita. Časová osa prací v semenném sadu Kotáry: a) 2008 – vytipování rodičovských stromů; zpracování posudku pracovníky ČZU

b) 2009 – uznání rodičovských stromů; sběr roubů

c) 2010 – opakovaný sběr roubů z části rodičovských stromů; sběr šišek k založení testů potomstev

d) 2011 – poslední sběr roubů

e) 2012/2013 – vytipování lokality k založení semenného sadu na Kotárech u LS Myslejovice; vyřízení formálních náležitostí; výsadba proběhla na jaře 2013 do hotového oplocení – 120x200 m se sponem 10x5 m, celkem 460 ramet.

**Tabulka 6: Schéma výsadby roubovanců v semenném sadu Kotáry**

66	62	59	51	47	56	1	54	24	48	53	65	33	58	47	51	16	56	59	54	66	48	53	62	47	65	1	51	24	56	53	54	66	48	59	62	1
63	64	61	67	68	39	35	26	19	3	57	17	38	67	68	34	30	43	61	31	63	26	57	46	68	67	15	39	50	60	57	17	61	49	63	67	2
53	58	40	32	4	56	36	21	20	41	66	27	40	62	4	32	29	28	20	21	24	41	36	56	4	62	40	32	33	28	20	58	36	41	47	65	33
57	52	50	34	2	43	15	55	25	49	63	64	50	52	2	39	15	55	44	3	19	17	35	64	2	34	44	31	16	55	25	26	35	43	68	64	15
29	65	33	42	16	62	29	28	59	42	16	62	36	56	1	42	33	27	40	62	1	42	29	58	16	27	59	42	29	21	16	27	40	42	29	56	16
44	60	38	31	30	17	44	60	61	46	30	31	44	60	25	49	50	46	35	60	25	49	38	52	30	43	61	3	38	52	30	46	44	3	38	52	19
47	54	36	41	20	58	40	27	33	32	4	21	29	28	24	41	20	65	36	56	4	32	33	21	66	28	20	41	36	62	4	56	33	32	53	58	40
68	55	35	46	25	3	19	52	38	43	2	34	35	55	19	26	38	52	15	64	2	39	50	55	63	60	25	49	15	64	2	31	50	34	57	55	30
59	56	66	48	53	62	24	65	1	51	47	54	53	56	66	48	59	58	16	62	47	51	40	54	53	56	24	48	1	65	47	62	59	51	66	54	47
61	67	63	49	57	26	50	64	15	39	68	67	57	17	63	3	61	31	30	43	68	34	44	67	57	46	19	26	35	17	68	39	63	67	61	60	25
1	21	4	27	29	32	59	56	16	56	20	41	40	62	33	62	47	28	24	42	66	48	36	65	59	58	4	51	16	54	53	21	20	56	24	62	36

Na podzim v roce 2015 proběhla v semenném sadu inventarizace. Bylo zjištěno, že téměř třetina ramet v sadu uschnula. Pro tento případ jsou další roubovanci připraveni



na Osině (školka VLS) k následnému vylepšení. Podrobný záznam inventury – (příloha č. 1).

#### 4.2.7 Testovací plochy sazenic smrku ztepilého (*Picea abies*)

Na divizi Plumlov bylo celkem vysázeno v roce 2015 2660 ks sazenic na pět testovacích ploch. Na divizi Plumlov byly dosázeny sazenice tzv. stres-tolerantního smrku z divize Lipník nad Bečvou a to na dvě plochy – konkrétně plocha č. 2 (tabulka č. 8) a plocha č. 3 (tabulka č. 9). Na tyto dvě plochy byl vysázen tzv. stres-tolerantní smrk, který dokázal přežít na divizi Lipník nad Bečvou v nevhodných klimatických podmínkách. Stres byl způsoben především suchem. Zbylé tři plochy byly zasázeny potomstvem s vazbou na divizi Plumlov, jejichž rodičovské stromy dosahovaly určitých nadprůměrných produkčních vlastností.

Plocha č. 1:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Plumlov
LHC:	LS Myslejovice
místní název:	Na křižovatce
porost:	166 B 9

Plocha č. 2:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Plumlov/Lipník nad Bečvou
LHC:	LS Myslejovice
místní název:	Na křižovatce
porost:	166 B 6

Plocha č. 3:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Plumlov/Lipník nad Bečvou
LHC:	LS Žárovice
místní název:	Před krmelcem
porost:	389 A 5b

Plocha č. 4:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Plumlov
LHC:	LS Žárovice
místní název:	Za krmelcem
porost:	396 A 13

Plocha č. 5:

vlastník:	Vojenské lesy a statky
divize:	Plumlov
LHC:	LS Žárovice
místní název:	U elektrárny
porost:	455 B 11

Legenda: černé kolonky = mrtvý/chybějící jedinec

Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 1 Plumlov

R/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36
2	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
3	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1
4	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
5	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17
6	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
7	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56
8	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19
9	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6
10	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60
11	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22
12	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7
13	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63
14	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26
15	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10
16	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64
17	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29
18	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12
19	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67
20	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30
21	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14
22	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68
23	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36
24	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
25	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1
26	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
27	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17
28	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
29	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56
30	60	63	64	67	68										

Tabulka 8: Schéma výsadby potomstev stres-tolerantního smrku - plocha č. 2 Plumlov

R/s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
2	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
3	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
4	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38
5	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59
6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
7	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30
8	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
9	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
10	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93
11	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
12	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
13	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
14	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37
15	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58
16	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
17	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29
18	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
19	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
20	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92
21	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
22	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
23	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
24	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36
25	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57
26	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
27	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26
28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
29	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
30	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
31	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
32	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
33	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
34	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94										

Tabulka 9: Schéma výsadby potomstev stres-tolerantního smrku - plocha č. 3 Plumlov

Ř/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
2	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
3	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
4	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38
5	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59
6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
7	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30
8	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
9	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
10	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93
11	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
12	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
13	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
14	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37
15	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58
16	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
17	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29
18	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
19	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
20	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92
21	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
22	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
23	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
24	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36
25	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57
26	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
27	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	23	24	25	26
28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
29	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
30	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
31	92	93	94	23	24	25	26	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
32	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
33	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
34	84	85	86	87	88	89	90	92	93	94	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabulka 10: Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 4 Plumlov

Ř/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64
2	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60
3	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
4	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30
5	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26
6	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19
7	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
8	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12
9	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7
10	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
11	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68
12	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64
13	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60
14	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
15	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30
16	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26
17	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19
18	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
19	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12
20	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7
21	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
22	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68

Tabulka 11: Tabulka 7: Schéma výsadby potomstev produkčního smrku - plocha č. 5 Plumlov

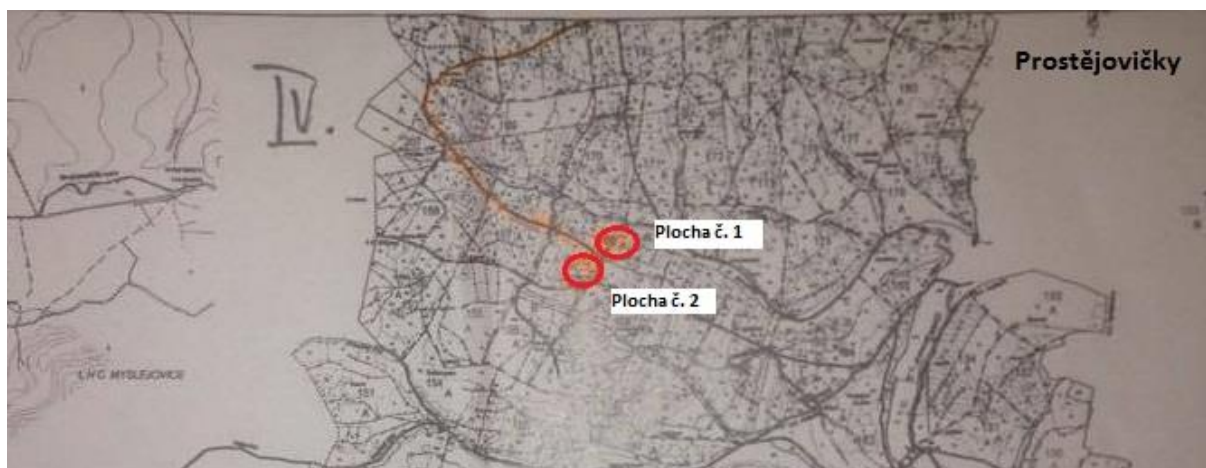
Ř/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64
2	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60
3	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
4	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30
5	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26
6	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19
7	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
8	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12
9	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7
10	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
11	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68
12	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64
13	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60
14	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38
15	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30
16	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26
17	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15	17	19
18	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12	14	15
19	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7	10	12
20	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2	6	7
21	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68	1	2
22	6	7	10	12	14	15	17	19	22	26	29	30	36	38	56	60	63	64	67	68

Plochy byly vysázeny v roce 2015. Pro všechny plochy byly zřízeny nové oplocenky. Každá výsadba byla umístěna do extra oplocenky pro lepší přehlednost. Reálná výsadba byla naprosto totožná s plánkem výsadby a každý jedinec měl štítek s označením (pro lepší kontrolu). Na všech pěti plochách byl spon zmenšen z důvodu nedostatku prostoru na 1x1 m. Plocha č. 1 a 2 byly v roce 2016 ožnuty křovinořezem, což se hlavně na ploše č. 2 (obrázek č. 6) podepsalo zvýšeným počtem uhynulých jedinců. Oplocení bylo řešeno stejně jako na divizi Lipník nad Bečvou a také bylo ve výborném stavu, takže nedocházelo k poškození zvěří. Zbylé plochy nebyly ohroženy buřením, a proto nemuseli být ožnuty. Při výsadbě na plochu č. 4 (obrázek č. 8), nebylo dodáno 5 ks potomků rodičovského stromu č. 36. Ostatní byl úhyn. Na ploše č. 5 (obrázek č. 9), chybělo od začátku výsadby systematicky potomstvo rodičovského stromu č. 36. Bohužel nezbyl už žádný vypěstovaný materiál pro vylepšení, a proto byly ponechány na místě jedince prázdné květináče, aby bylo patrné, kde potomstvo chybí.

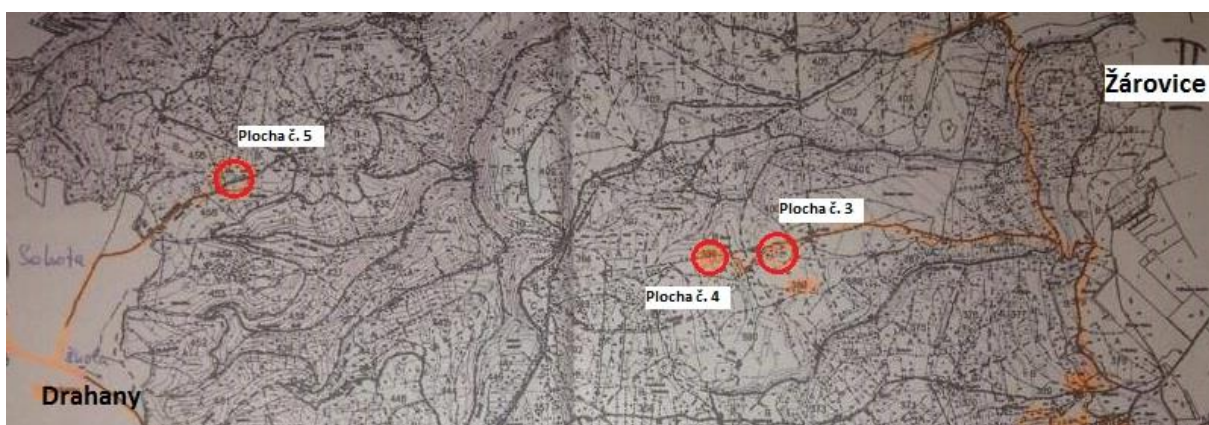
Plochy byly umístěny blízko sebe pro lepší kontrolu a koordinaci při výsadbě. Všechny plochy byly vysázeny pod odborným dohledem Ing. Dymáčka, který vede inventuru o celkovém stavu testovacích ploch. Jedinci byly zasázeny jamkovou metodou

pomocí sekeromotyk a z důvodu dodržení linie, ještě pomocí provazu. Kontrolní šetření (inventura a měření výšky jedince a tloušťka jeho kořenového krčku), bylo provedeno 6 – 9. 10. 2016.

Zde jsou přiloženy pro lepší orientaci na místě části mapy divize Plumlov:



Obrázek 4: Umístěním ploch č. 1 a 2 na divizi Plumlov



Obrázek 5: Umístěním ploch č. 3,4 a 5 na divizi Plumlov

### 4.3 Kontrolní šetření na testovacích plochách

Všechny sazenice na všech plochách byly měřeny stejným způsobem. Z kvantitativních znaků byla měřena tloušťka kořenového krčku a celková výška. Měření na divizi Lipník bylo provedeno na podzim roku 2015 a na divizi Plumlov na podzim roku 2016. Měření bylo provedeno na podzim z důvodu konce vegetační doby. Z kvalitativních znaků byla hodnocena mortalita a to počet uhynulých jedinců na plochu.

### 4.3.1 Kvantitativní znaky

**Tloušťka kořenového krčku:** U všech jedinců na plochách byla měřena tloušťka kořenového krčku. Před samotným měřením byl kořenový krček důkladně odkryt, aby nedocházelo k soustavné chybě - špatného přiložení posuvného měřítka, a tedy ke zkreslování údajů. K měření bylo použito digitální posuvné měřítko Proma 150/D. Maximální odchylka při správném použití je +/- 0,01 mm. Měření bylo provedeno s přesností na celé milimetry se standardním zaokrouhlováním.

**Výška:** Měření bylo provedeno s přesností na celé centimetry se standardním zaokrouhlováním na celé centimetry. K měření jedinců byla použita výškoměrná lat' o délce 150 cm. Vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno na mladých jedincích, byla tato délka latě naprosto dostačující.

**Hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku** všech jedinců (4640) byly dále posouzena těmito matematickými a statistickými funkcemi, které Hanousek a Charamza (1992) popisují takto:

- a) **minimum** – matematická funkce, která vyjadřuje nejnižší hodnotu všech vstupních parametrů.
- b) **maximum** – matematická funkce, která vyjadřuje nejvyšší hodnotu všech vstupních parametrů.
- c) **rozpětí** – rozdíl největší (maximální) a nejmenší (minimální) hodnoty všech vstupních parametrů.
- d) **medián** – prostřední hodnota výběru, a to prostřední v pořadí hodnot uspořádaných podle velikosti.
- e) **modus** – hodnota, která se vyskytuje v daném statistickém souboru nejčastěji. Představuje tzv. typickou hodnotu sledovaného souboru.
- f) **průměrná odchylka/absolutní odchylka** – průměr absolutních hodnot odchylek proměnné od jejich aritmetického průměru.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

- g) **variační koeficient** – podíl směrodatné odchylky a průměru. Měří relativní variability.

$$V = \frac{100 * s}{\bar{x}}$$

- h) **rozptyl** – součet kvadratických odchylek od průměru dělený počtem prvků souboru. Používá se jako určité kritérium, jak moc se dá věřit, či nevěřit průměru. Malé hodnoty rozptylu zvyšují význam průměru.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

- i) **směrodatná odchylka** – druhá odmocnina z rozptylu. Nejčastěji charakterizuje variabilitu. Má stejné podmínky jako rozptyl.
- j) **aritmetický průměr** - statistická veličina, která vyjadřuje v jistém smyslu typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Aritmetický průměr je součet všech hodnot vydělený jejich počtem.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Kromě popisné statistické analýzy byla provedena také analýza pomocí programu ASReml. V ASRemlu byly sestaveny dva modely s rozdílnými pin soubory (definuje vzorec pro výpočet heritability). Předpoklad byl, že se změnami ve struktuře náhodných efektů zpřesní odhad všeobecných kombinačních schopností testovaných rodičovských stromů. Vstupními daty byly u každého jedince tyto data: ID, rodičovský strom, plocha, sloupec, řádek, výška a tloušťka kořenového krčku (příloha č. 33). Díky těmto informacím program dokázal vypočítat heritabilitu společně se střední chybou jejího odhadu a všeobecnou kombinační schopnost jednotlivých potomstev se střední chybou jejího odhadu. Heritabilitu počítá program pomocí vzorce:

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2}$$

$h^2$  nabývá hodnot od 0 do 1. Pokud se heritabilita rovná nule, pak platí, že variance fenotypu je plně závislá na faktorech prostředí. Naopak pokud se heritabilita rovná jedné, lze říci, že faktory prostředí nemají žádný vliv a veškerý pozorovaný rozptyl závisí na faktorech genetických. Heritabilita neříká nic o specifických genech, které přispívají k danému znaku. Hodnota je platná pouze pro konkrétní populaci v daném prostředí. Neříká nic o jednotlivci.



Tradiční přístup k určování šlechtitelských hodnot je založený na fenotypu a genetické matici příbuznosti (A) odvozené z rodokmene. ASReml využívá smíšený lineární model:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\tau} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \boldsymbol{\eta}$$

$$\begin{array}{c} \text{Block} \qquad \qquad \text{Family} \\ \begin{bmatrix} 10 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix} \end{array}$$

Kde: vektor (y) je modelován jako lineární kombinace ostatních proměnných.

V modelu platí:  $\mathbf{Y}$  = výsledný vektor

$\mathbf{X}$  = matice, která spojuje elementy fixních efektů vektorů  $\boldsymbol{\tau}$  a  $\mathbf{u}$

$\boldsymbol{\tau}$  = vektor fixních efektů

$\mathbf{Z}$  = matice pro náhodné efekty

$\mathbf{u}$  = vektor náhodných efektů

$\boldsymbol{\eta}$  = nx1 vektor residuí

Program ASReml pracuje s maticí:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X} & \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Z} + \mathbf{G}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta} \\ \mathbf{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} \sigma_{G1}^2 & \sigma_{G1G2} \\ \sigma_{G1G2} & \sigma_{G2}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{A} \quad \mathbf{R} = \mathbf{I} \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{E1}^2 & \sigma_{E1E2} \\ \sigma_{E1E2} & \sigma_{E2}^2 \end{bmatrix}$$

V našem případě jsme vyhodnocovali data pomocí smíšeného modelu, který spadá pod tzv. rodičovské (family/parental) modely a umožňuje odhadovat pouze všeobecné kombinační hodnoty rodičů, nikoliv jejich potomků!

```
height ~ mu block !r mother and(father) family #reduced model
height ~ mu block !r treeid # individual tree model
```

Model pracuje s touto rovnicí – toto je maticový zápis:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_1\mathbf{b} + \mathbf{Z}_2\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

$\mathbf{y}$  – výsledný vektor,

$\boldsymbol{\beta}$  – vektor pro fixní efekty

$\mathbf{b}$  – vektor pro náhodné tvarové efekty

$\mathbf{s}$  – vektor pro náhodné efekty z křížení

$\mathbf{e}$  – vektor pro náhodné reziduální efekty

$\mathbf{X}$  a  $\mathbf{Z}$  – matice pro výpočty

Pro výpočet množství geneticky podmíněných změn (heritabilita) je vzorec:

$$h^2 = \frac{V_a}{V_p}$$

Zároveň byly odhadnuty i šlechtitelské hodnoty (breeding value = BLUP):

$$\mathbf{g} = \mathbf{GZ}'\mathbf{V}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$$

$\mathbf{g}$  – vektor pro předpovědi náhodných efektů

$\mathbf{GZ}'$  - kovarianční matice mezi pozorovanými a náhodnými efekty

$\mathbf{V}$  – kovarianční matice pro pozorování

$(\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})$  – oprava individuálního pozorování fixními efekty

#### 4.3.2 Kvalitativní znaky

**Mortalita:** Na všech testovaných plochách (celkem 8) byla sledována a evidována mortalita (např.: obrázek č. 8 – černé pole s červenou číslicí). Vzhledem k množství sazenic na plochách byla nejdůležitější přesná orientace na ploše, aby nedošlo k záměně. Kromě plánek výsadby dobré orientaci hodně napomáhaly i štítky s číslem klonu připevněné na každém jedinci. Toto číslo se muselo shodovat s plánkem výsadby.

## 5 Výsledky

### 5.1 Data vyhodnocená pomocí popisné statistiky

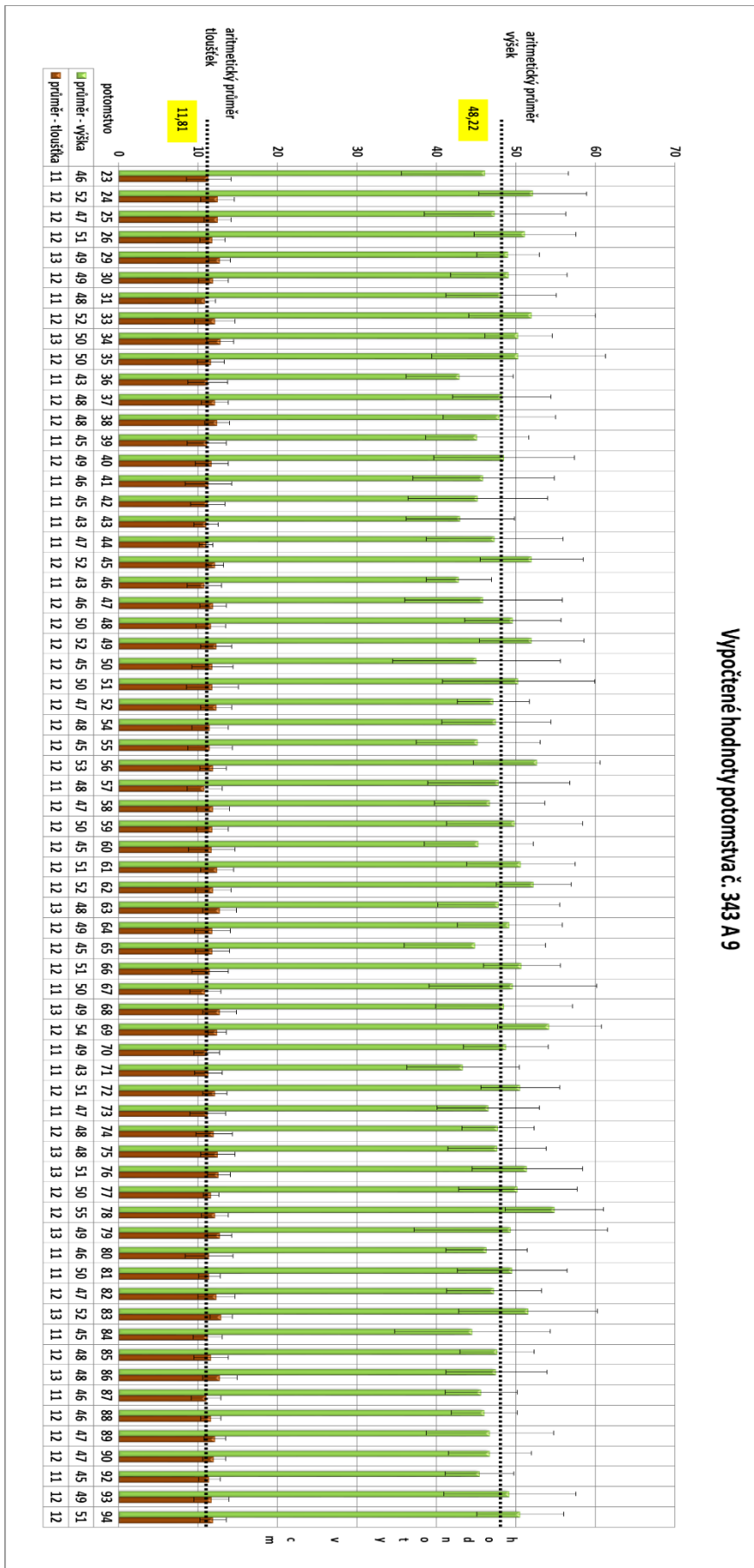
#### 5.1.1 Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 343 A 9

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 3. 11. 2015. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 670 ks jedinců (tabulka č. 3). Z těchto 669 jedinců, byli zaevidováni 4 jedinci jako úhyn (graf č. 10). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (55 cm) potomstvo rodičovského stromu č 78. Druhé největší průměrné výšky (54 cm) dosahovalo potomstvo rodičovského stromu č. 69. Třetí největší průměrné výšky (53 cm) potomstvo rodičovského stromu č. 56. Nejnižší průměrné výšky (43 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 36, 43, 46 a 71. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 48,2 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 41 z 67 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 2). Zároveň s výškami byla u jedince měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 11-13 mm. Nejvyšší tloušťky (13 mm), dosáhlo na ploše celkem 9 potomstev. A to konkrétně potomstva rodičovského stromu č. 29, 34, 63, 68, 75, 76, 79, 83 a 86. Nejnižší průměrné tloušťky (11 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 23, 31, 36, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 57, 67, 70, 71, 73, 80, 81, 84, 87 a 92. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 11, 8 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 48 z 67 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 2). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech jedinců na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 12), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Lipník nad Bečvou (tabulka č. 19).

Tabulka 12: Statistické výsledky plochy 343 A 9

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	343 A 9	
	výška	tloušťka
minimum	25	6
maximum	79	18
rozpětí	54	12
medián	48	12
modus	50	12
prům. odchylka	5,80	1,56
var. koeficient	0,15	0,17
rozptyl	55,43	3,90
směr. odchylka	7,44	1,98
art. průměr	48,22	11,81

Vypočtené hodnoty potomstva č. 343 A 9



Graf 2: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9

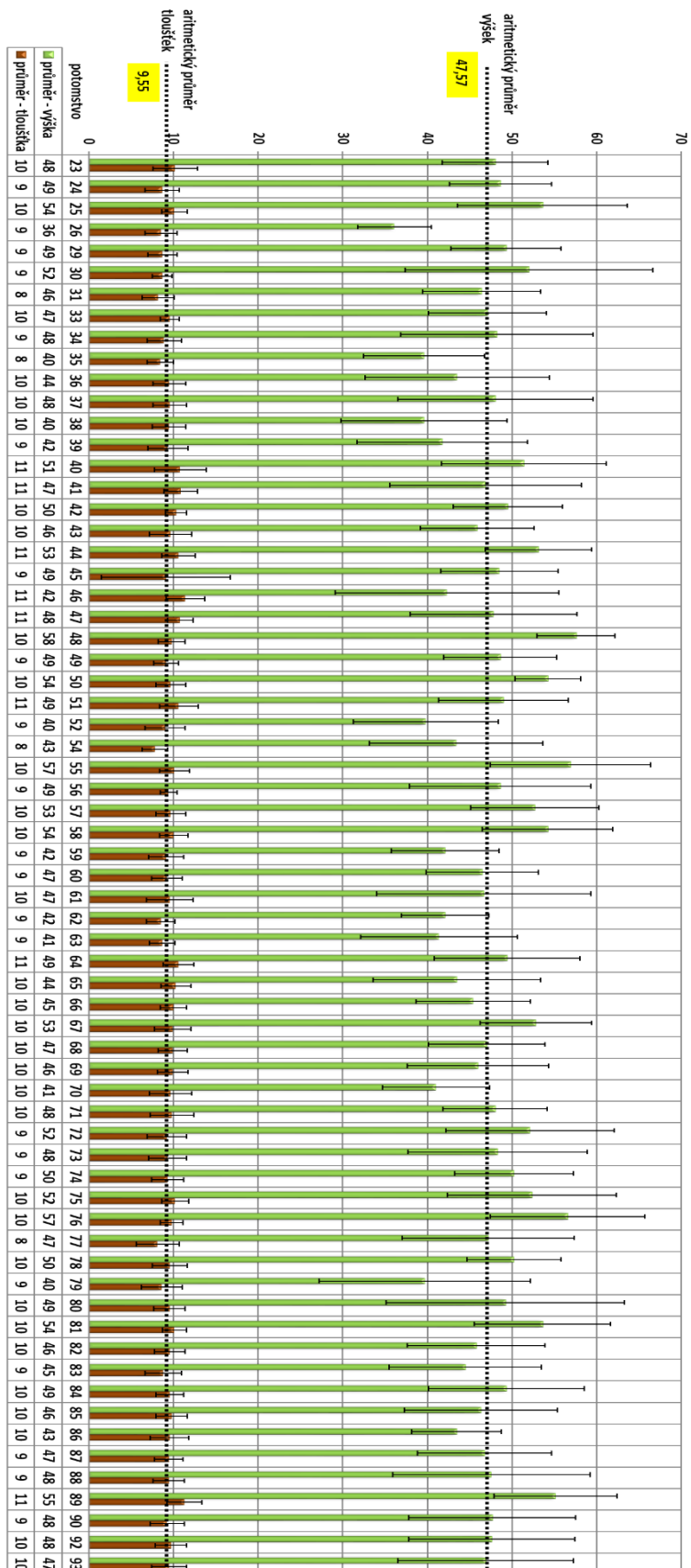
### 5.1.2 Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 363 A 5

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 3. a 4. 11. 2015. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 641 ks jedinců (tabulka č. 4). Z těchto 641 jedinců, bylo zaevidováno 5 jedinců jako úhyn (graf č. 10). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (58 cm) potomstvo rodičovského stromu č. 48. Druhé největší průměrné výšky (57 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 55 a č. 76. Třetí největší průměrné výšky (55 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 89. Nejnižší průměrné výšky (36 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 26. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 47,6 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 36 z 67 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 3). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 8 - 11 mm. Nejvyšší tloušťky (11 mm), dosáhlo na ploše celkem 8 potomstev. A to konkrétně potomstva rodičovského stromu č. 29, 41, 44, 46, 47, 51, 64, a 89. Nejnižší průměrné tloušťky (8 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 35, 54 a 77. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 9,6 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 40 z 67 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 3). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 13), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Lipník nad Bečvou (tabulka č. 19).

Tabulka 13: Statistické výsledky plochy 363 A 5

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	363 A 5	
	výška	tloušťka
minimum	10	4
maximum	85	33
rozpětí	75	29
medián	48	9
modus	50	9
prům. odchylka	7,55	1,60
var. koeficient	0,20	0,23
rozptyl	91,77	4,67
směr. odchylka	9,58	2,16
art. průměr	47,57	9,55

Vypočtené hodnoty potomstva č. 363 A 5



Graf 3: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9

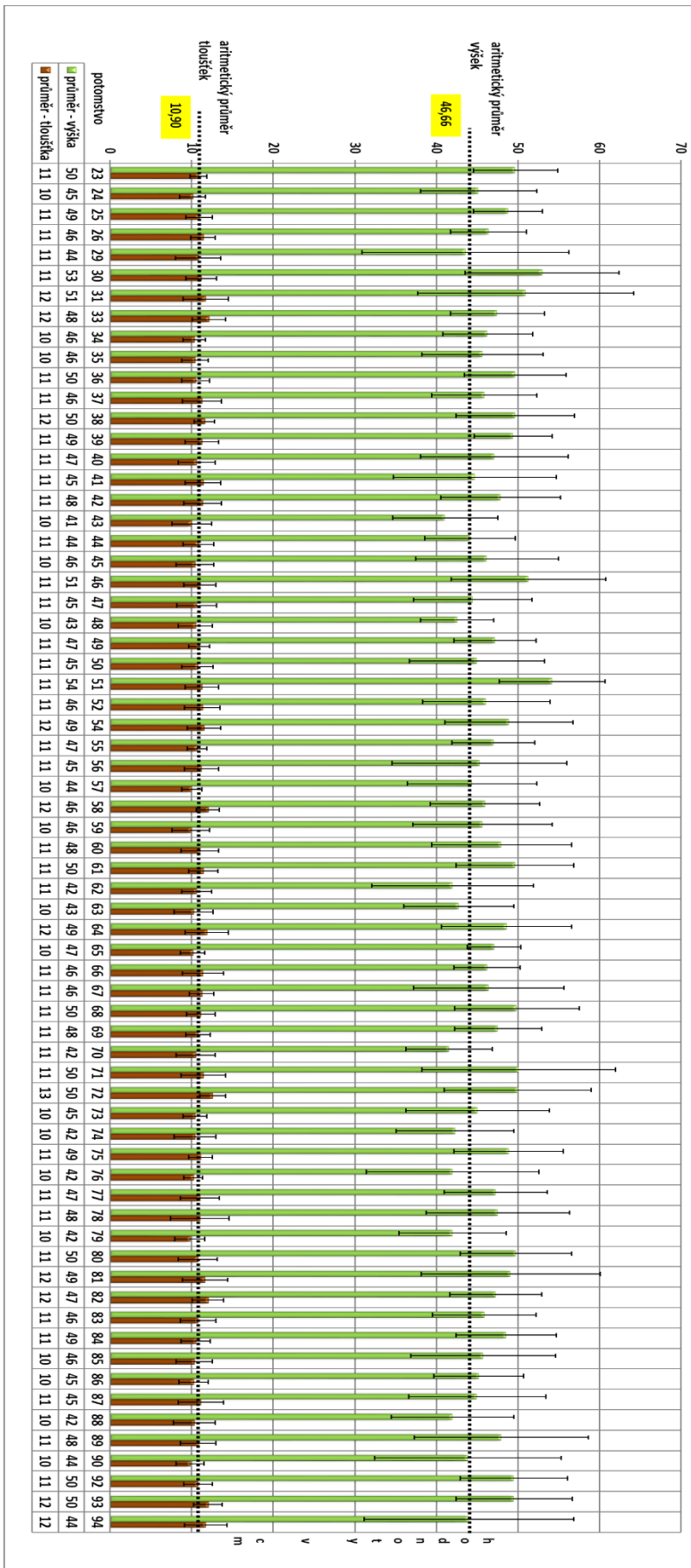
### 5.1.3 Lipník nad Bečvou – produkční smrk - potomstvo 314 A 9

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 4. 11. 2015. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 670 ks jedinců (tabulka č. 5). Z těchto 670 jedinců, bylo zaevidováno 26 jedinců jako úhyn (graf č. 10). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (54 cm) potomstvo rodičovského stromu č 51. Druhé největší průměrné výšky (53 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 30. Třetí největší průměrné výšky (51 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 31 a č. 46. Nejnižší průměrné výšky (41 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 43. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 46,7 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 36 z 67 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 4). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 10 - 13 mm. Nejvyšší tloušťky (13 mm), dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 72. Nejnižší průměrné tloušťky (10 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 24, 34, 35, 43, 45, 48, 57, 59, 63, 65, 73, 74, 76, 79, 85, 86, 88 a 90. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 10,9 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 49 z 67 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 4). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 14), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Lipník nad Bečvou (tabulka č. 19).

Tabulka 14: Statistické výsledky plochy 314 A 9

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	314 A 9	
	výška	tloušťka
minimum	18	5
maximum	74	20
rozpětí	56	15
medián	46	11
modus	46	10
prům. odchylka	6,24	1,63
var. koeficient	0,17	0,19
rozptyl	64,40	4,17
směr. odchylka	8,02	2,04
art. průměr	46,66	10,90

Vypočtené hodnoty potomstva č. 314 A 9



Graf 4: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 343 A 9



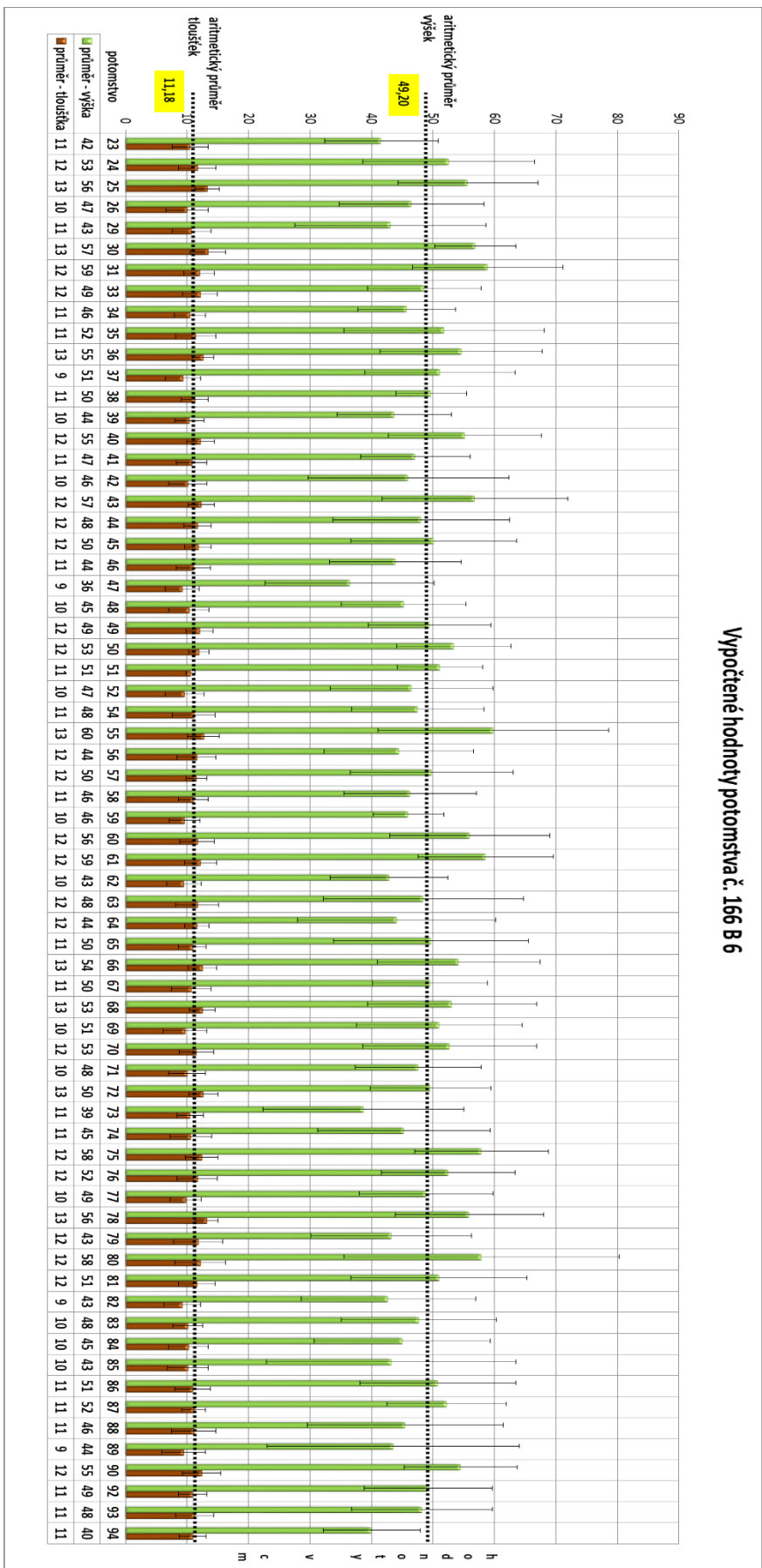
#### 5.1.4 Plumlov – stres-tolerantní smrk - potomstvo 166 B 6

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 6. 10. 2016. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 670 ks jedinců (tabulka č. 8). Z těchto 670 jedinců, bylo zaevidováno 28 jedinců jako úhyn (graf č. 10). Tento vysoký stav zapříčinil hlavně nešťastně provedený pěstební zásah – vyžnutí plochy křovinořezem. Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (60 cm) potomstvo rodičovského stromu č 55. Druhé největší průměrné výšky (59 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 31 a č. 61. Třetí největší průměrné výšky (58 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 75 a č. 80. Nejnižší průměrné výšky (36 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 47. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 49,2 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 36 z 67 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 5). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 9 - 13 mm. Nejvyšší tloušťky (13 mm), dosáhlo celkem 8 potomstev. Konkrétně potomstva rodičovských stromů s č. 25, 30, 36, 55, 66, 68, 72 a 78. Nejnižší průměrné tloušťky (9 mm) dosáhly potomstva rodičovských stromů s č. 37, 47, 82 a 89. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 11,1 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 50 z 67 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 5). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 15), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Lipník nad Bečvou (tabulka č. 19).

Tabulka 15: Statistické výsledky plochy 166 B 6

základní statistické hodnoty	stres-tolerantní smrk	
	166 B 6	
	výška	tloušťka
minimum	13	4
maximum	113	21
rozpětí	100	17
medián	49	11
modus	52	10
prům. odchylka	10,16	2,30
var. koeficient	0,27	0,25
rozptyl	173,40	7,94
směr. odchylka	13,17	2,82
art. průměr	49,20	11,18

Vypočtené hodnoty potomstva č. 166 B 6



Graf 5: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 166 B 6

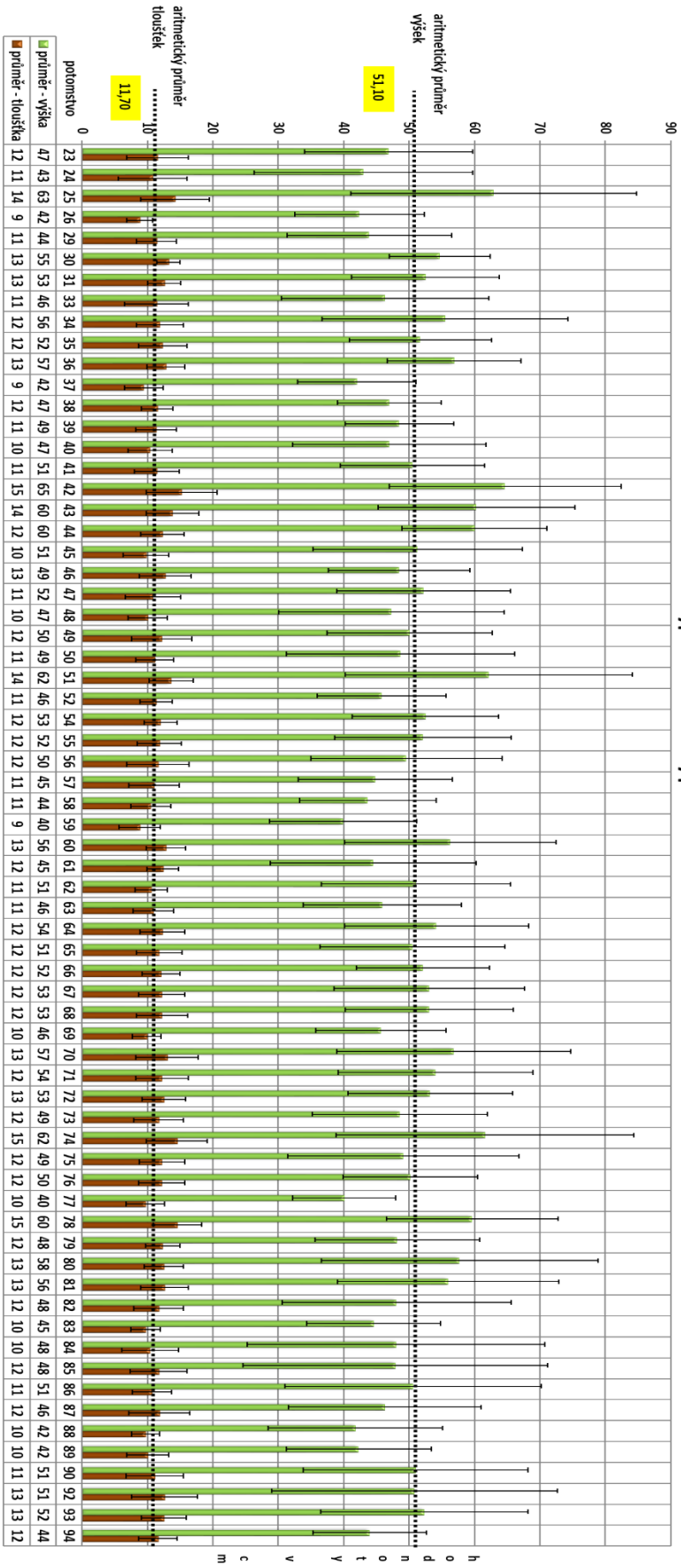
### 5.1.5 Plumlov – stres-tolerantní smrk - potomstvo 389 A 5b

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 7. 10. 2016. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 670 ks jedinců (tabulka č. 9). Z těchto 670 jedinců, byli zaevidováni 4 jedinci jako úhyn (graf č. 10). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (65 cm) potomstvo rodičovského stromu č. 42. Druhé největší průměrné výšky (63 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 25. Třetí největší průměrné výšky (62 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 51 a 74. Nejnižší průměrné výšky (40 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 59 a 77. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 51,1 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 33 z 67 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 6). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 9 - 15 mm. Nejvyšší tloušťky (15 mm), dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 42 a 74. Nejnižší průměrné tloušťky (9 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 26 a 59. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 11,7 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 41 z 67 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 6). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 16), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Lipník nad Bečvou (tabulka č. 19).

Tabulka 16: Statistické výsledky plochy 389 A 5b

základní statistické hodnoty	stres-tolerantní smrk	
	389 A 5b	
	výška	tloušťka
minimum	10	4
maximum	109	24
rozpětí	99	20
medián	48	11
modus	49	10
prům. odchylka	11,41	2,95
var. koeficient	0,30	0,31
rozptyl	226,67	13,33
směr. odchylka	15,06	3,65
art. průměr	50,37	11,70

Vypočtené hodnoty potomstva č. 389 A 5b



Graf 6: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 389 A 5b

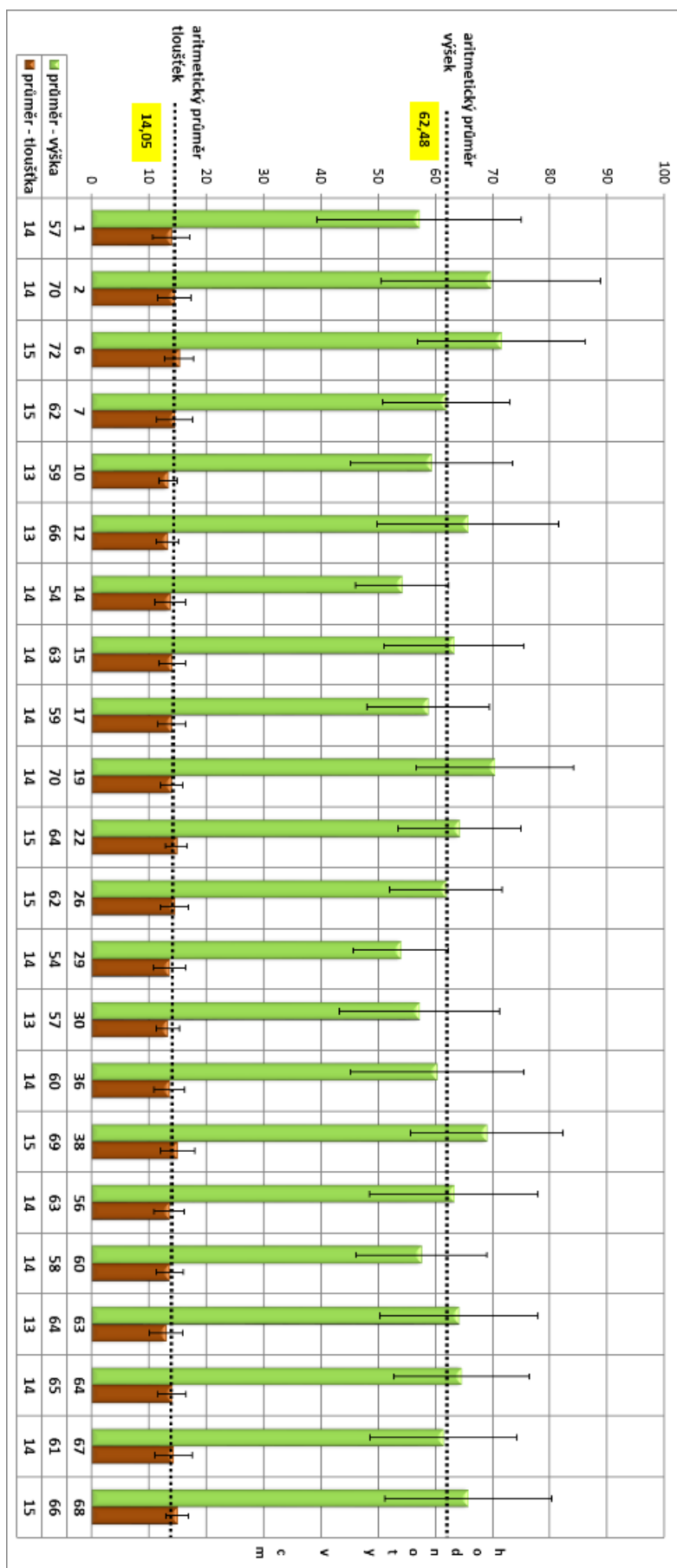
### 5.1.6 Plumlov – produkční smrk - potomstvo 166 B 9

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 7. 10. 2016. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 440 ks jedinců (tabulka č. 7). Z těchto 440 jedinců, bylo zaevidováno 11 jedinců jako úhyn (graf č. 11). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (72 cm) potomstvo rodičovského stromu č 6. Druhé největší průměrné výšky (70 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 2 a 19. Třetí největší průměrné výšky (69 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 38. Nejnižší průměrné výšky (40 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 59 a 77. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 62,5 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 11 z 22 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 7). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 13 - 15 mm. Nejvyšší tloušťky (15 mm), dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 6, 7, 22, 26, 38 a 68. Nejnižší průměrné tloušťky (13 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 10, 12, 30 a 63. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 14,1 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 18 z 22 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 7). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 17), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Plumlov (tabulka č. 20).

Tabulka 17: Statistické výsledky plochy 166 B 9

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	166 B 9	
	výška	tloušťka
minimum	23	7
maximum	109	25
rozpětí	86	18
medián	62	14
modus	60	15
prům. odchylka	10,84	1,96
var. koeficient	0,22	0,18
rozptyl	192,94	6,52
směr. odchylka	13,89	2,55
art. průměr	62,48	14,05

Vypočtené hodnoty potomstva č. 166 B 9



Graf 7: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 166 B 9

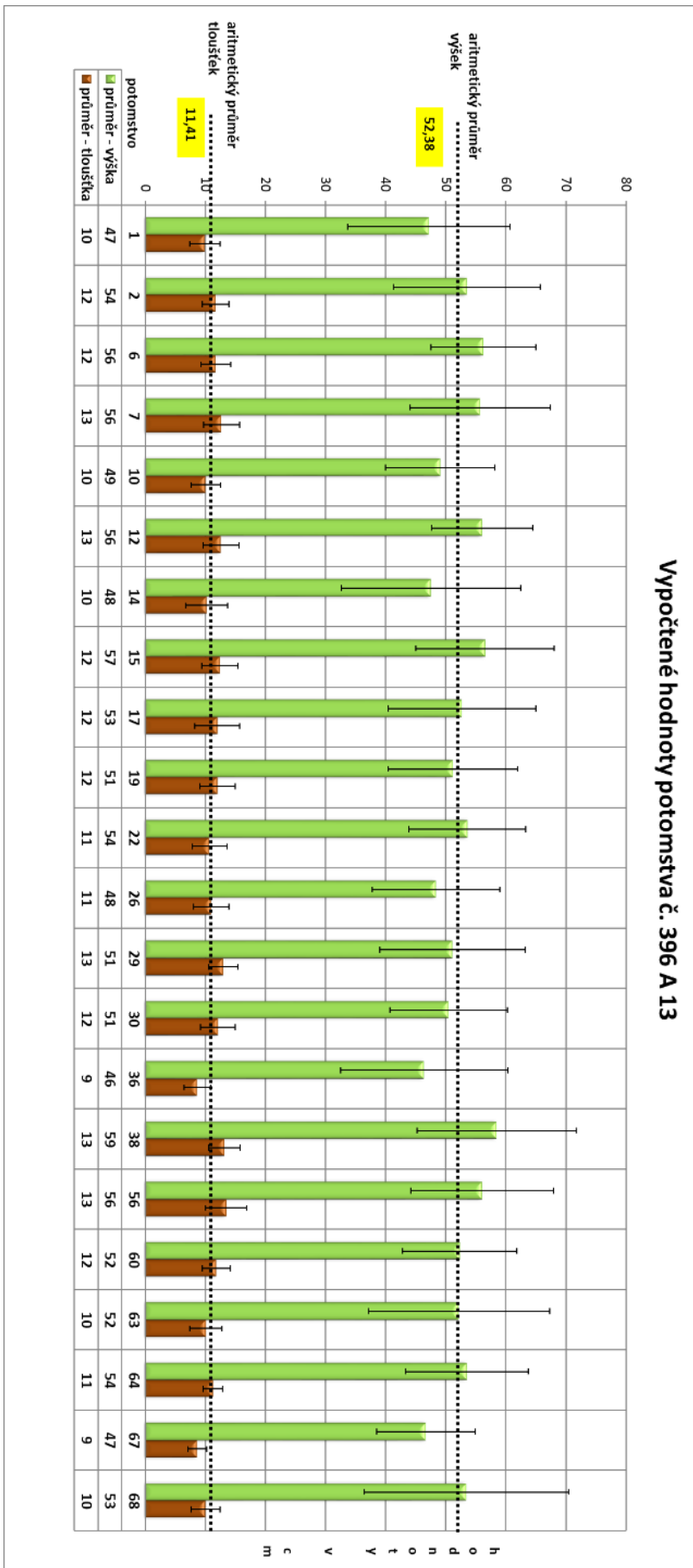
### 5.1.7 Plumlov – produkční smrk - potomstvo 396 A 13

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 8. 10. 2016. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 440 ks jedinců (tabulka č. 10). Z těchto 440 jedinců, bylo zaevidováno 13 jedinců jako úhyn (graf č. 11). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (59 cm) potomstvo rodičovského stromu č. 39. Druhé největší průměrné výšky (57 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 15. Třetí největší průměrné výšky (56 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 6, 7, 12 a 56. Nejnižší průměrné výšky (46 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 36. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 52,4 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 13 z 22 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 8). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 9 - 13 mm. Nejvyšší tloušťky (13 mm), dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 7, 12, 29, 38 a 56. Nejnižší průměrné tloušťky (9 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 36 a 67. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 11,4 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 15 z 22 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 8). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 18), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Plumlov (tabulka č. 20).

Tabulka č. 1 Statistické výsledky plochy 396 A 13

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	396 A 13	
	výška	tloušťka
minimum	22	5
maximum	93	22
rozpětí	71	17
medián	52	11
modus	51	10
prům. odchylka	9,09	2,41
var. koeficient	0,23	0,26
rozptyl	141,94	8,79
směr. odchylka	11,91	2,97
art. průměr	52,38	11,41

### Vypočtené hodnoty potomstva č. 396 A 13



Graf 8: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 396 A 13



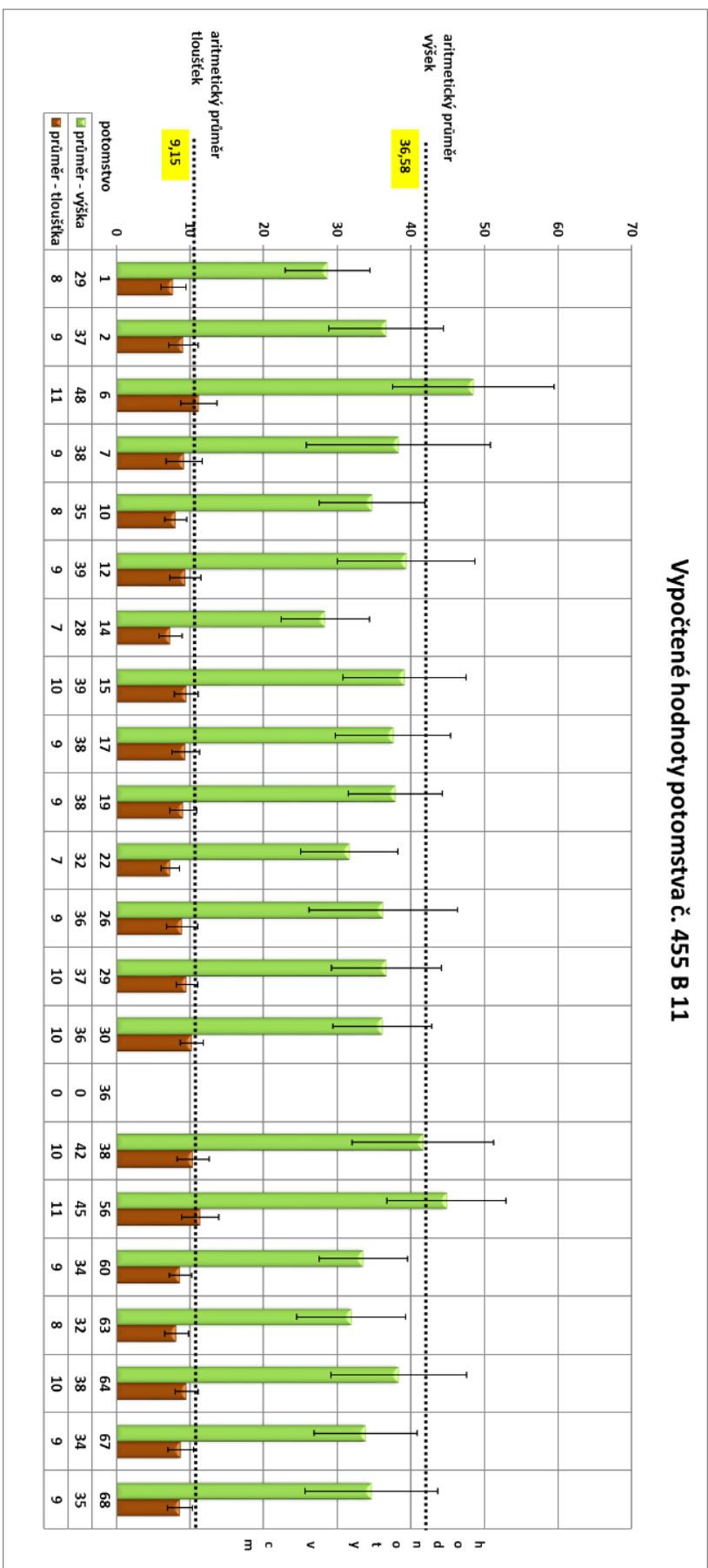
### 5.1.8 Plumlov – produkční smrk - potomstvo 455 B 11

Kontrolní šetření na této ploše bylo provedeno 8. 10. 2016. Byla zde měřena výška (cm), tloušťka kořenového krčku (mm) a zároveň zjišťována mortalita (ks). Celkově bylo na ploše vysázeno 440 ks jedinců (tabulka č. 11). Z těchto 440 jedinců, bylo zaevidováno 21 jedinců jako úhyn (graf č. 11). Na tomto vysokém počtu se nejvíce podílel fakt, že na ploše systematicky chybělo potomstvo rodičovského stromu č. 36 (20 ks). Na této ploše dosahovalo největší průměrné výšky (48 cm) potomstvo rodičovského stromu č. 6. Druhé největší průměrné výšky (45 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 56. Třetí největší průměrné výšky (56 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu s č. 38. Nejnižší průměrné výšky (28 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 14. Průměrná výška na ploše byla spočítána na hodnotu 36,6 cm. Celkově na této ploše dosáhlo 11 z 22 potomstev přes tuto průměrnou výšku (graf č. 9). Zároveň s výškami byla u potomstev měřena i tloušťka kořenového krčku (mm). Průměrné tloušťky potomstev byly na ploše hodně vyrovnány a pohybovali se v rozmezí 7 - 11 mm. Nejvyšší tloušťky (11 mm), dosáhla potomstva rodičovských stromů s č. 6 a 56. Nejnižší průměrné tloušťky (7 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 14 a 22. Průměrná tloušťka na ploše byla spočítána na hodnotu 9,2 mm. Na této ploše dosáhlo celkově 18 z 22 potomstev této průměrné tloušťky (graf č. 9). Následně byly hodnoty výšky a tloušťky kořenového krčku všech potomstev na této ploše vyhodnoceny statisticky (tabulka č. 18), a porovnány s ostatními plochami, které se vážou k divizi Plumlov (tabulka č. 20).

Tabulka 18: Statistické výsledky plochy 455 B 11

základní statistické hodnoty	produkční smrk	
	455 B 11	
	výška	tloušťka
minimum	14	4
maximum	65	15
rozpětí	51	11
medián	35	9
modus	34	10
prům. odchylka	7,35	1,69
var. koeficient	0,25	0,23
rozptyl	85,96	4,39
směr. odchylka	9,27	2,10
art. průměr	36,58	9,15

### Vypočtené hodnoty potomstva č. 455 B 11



Graf 9: Průměrné hodnoty potomstev na ploše 396 A 13

## 5.2 Celkové shrnutí výsledků na všech plochách

Celkové shrnutí výsledků slouží k tomu, aby byly popsány nejlepší potomstva z ploch s vazbou na divizi Lipník nad Bečvou a divizi Plumlov. Potomstva jsou zde posuzována pomocí:

- a) nejlepších růstových hodnot
- b) základních statistických hodnot
- c) aritmetického průměru
- d) výše mortality

Toto shrnutí a porovnávání ploch mezi sebou je spíše orientační z důvodu odlišných podmínek na plochách a z důvodu (v některých případech) i odlišného sadebního materiálu.

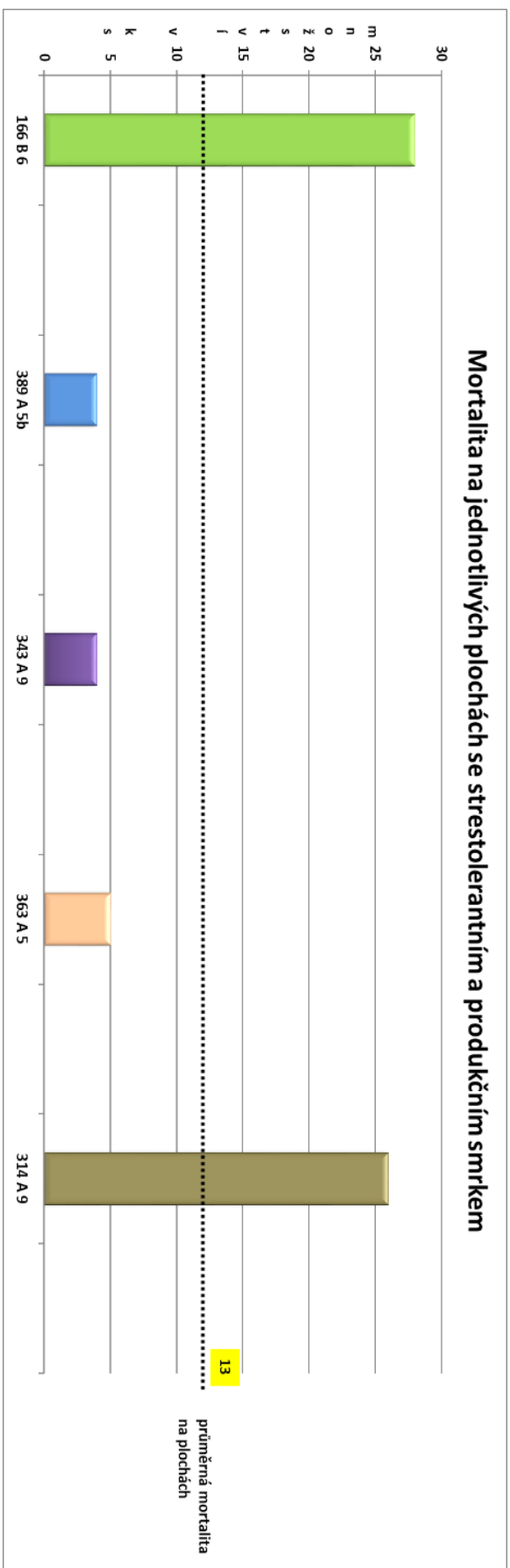
### 5.2.1 Plochy s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou

#### Produkční a stres-tolerantní smrk

U produkčního a stres-tolerantního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou dosáhlo největší průměrné výšky (65 cm) potomstvo rodičovského strom č. 42 na ploše 389 A 5b. Nejnižší průměrné výšky (36 cm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 26 na ploše 363 A 5 a č. 47 na ploše 166 B 6. Největší průměrné tloušťky (15 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 42 a č. 74 na ploše 389 A 5b. Nejnižší průměrné tloušťky (8 mm) dosáhla potomstva č. 36, 54 a 77 na ploše 363 A 5. Nejvyšší průměrná výška z plochy za všechna potomstva (51,1 cm), byla na ploše 389 A 5b. Nejnižší průměrná výška z plochy za všechna potomstva (46,7 cm), byla na ploše 314 A 9. Nejvyšší průměrná tloušťka z plochy za všechna potomstva (11,8 mm), byla na ploše 343 A 9. Nejnižší průměrná tloušťka z plochy za všechna potomstva (9,6 mm), byla na ploše 363 A 5. Statistické hodnoty jsou porovnány v tabulce č. 19. Mortalita na jednotlivých plochách už byla popsána výše a je vyjádřena v grafu č. 10.

**Tabulka 19: Statistické hodnoty ploch s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou**

základní statistické hodnoty	stres-tolerantní smrk				produkční smrk					
	166 B 6		389 A 5b		343 A 9		363 A 5		314 A 9	
	výška	tloušťka	výška	tloušťka	výška	tloušťka	výška	tloušťka	výška	tloušťka
minimum	13	4	10	4	25	6	10	4	18	5
maximum	113	21	109	24	79	18	85	33	74	20
rozpětí	100	17	99	20	54	12	75	29	56	15
medián	49	11	48	11	48	12	48	9	46	11
modus	52	10	49	10	50	12	50	9	46	10
prům. odchylka	10,16	2,30	11,41	2,95	5,80	1,56	7,55	1,60	6,24	1,63
var. koeficient	0,27	0,25	0,30	0,31	0,15	0,17	0,20	0,23	0,17	0,19
rozptyl	173,40	7,94	226,67	13,33	55,43	3,90	91,77	4,67	64,40	4,17
směr. odchylka	13,17	2,82	15,06	3,65	7,44	1,98	9,58	2,16	8,02	2,04
art. průměr	49,20	11,18	50,37	11,70	48,22	11,81	47,57	9,55	46,66	10,90



Graf 10: Mortalita na plochách s vazbou na divizi Lipník nad Bečvou

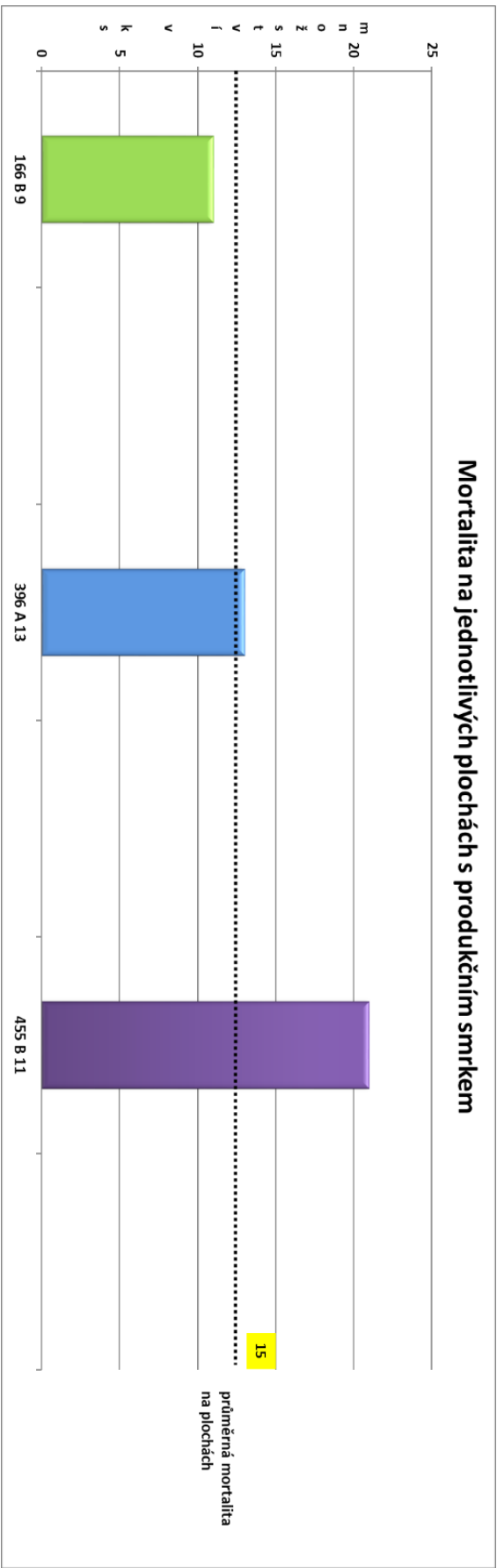
## 5.2.2 Plochy s vazbou k divizi Plumlov

### Produkční smrk

U produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov dosáhlo největší průměrné výšky (72 cm) potomstvo rodičovského strom č. 6 na ploše 166 B 9. Nejnižší průměrné výšky (28 cm) dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 14 na ploše 455 B 11. Největší průměrné tloušťky (15 mm) dosáhla potomstva rodičovských stromů č. 6, 7, 22, 26, 38 a 68 na ploše 166 B 9. Nejnižší průměrné tloušťky (7 mm) dosáhla potomstva č. 14 a 22 na ploše 455 B 11. Nejvyšší průměrná výška z plochy za všechna potomstva (62,5 cm), byla na ploše 166 B 9. Nejnižší průměrná výška z plochy za všechna potomstva (36,6 cm), byla na ploše 455 B 11. Nejvyšší průměrná tloušťka z plochy za všechna potomstva (14,1 mm), byla na ploše 166 B 9. Nejnižší průměrná tloušťka z plochy za všechna potomstva (9,2 mm), byla na ploše 455 B 11. Statistické hodnoty jsou porovnány v tabulce č. 20. Mortalita na jednotlivých plochách už byla popsána výše a je vyjádřena v grafu č. 11.

Tabulka 20: Statistické hodnoty ploch s vazbou k divizi Plumlov

základní statistické hodnoty	produkční smrk					
	166 B 9		396 A 13		455 B 11	
	výška	tloušťka	výška	tloušťka	výška	tloušťka
minimum	23	7	22	5	14	4
maximum	109	25	93	22	65	15
rozpětí	86	18	71	17	51	11
medián	62	14	52	11	35	9
modus	60	15	51	10	34	10
prům. odchylka	10,84	1,96	9,09	2,41	7,35	1,69
var. koeficient	0,22	0,18	0,23	0,26	0,25	0,23
rozptyl	192,94	6,52	141,94	8,79	85,96	4,39
směr. odchylka	13,89	2,55	11,91	2,97	9,27	2,10
art. průměr	62,48	14,05	52,38	11,41	36,58	9,15



Graf 11: Mortalita na plochách s vazbou na divizi Plumlov

### 5.3 Data vyhodnocená pomocí programu ASReml

Pro prezentování výsledků pomocí programu ASReml byla vybrána jedna populace (reprezentativní), na které budou popsány všechny výsledky získané z tohoto softwaru. Výsledky ze zbylých populací jsou znázorněny v přílohách, ale již bez podrobného popisu. Za reprezentativní populaci byli vybráni jedinci produkčního smrku, který se váže k divizi Plumlov.

Pro potomstva hodnocené společně na třech plochách byly vytvořeny dva modely za účelem zpřesnění výpočtu všeobecných kombinačních schopností. Modely jsou označeny path1 a path2.

#### 5.3.1 Model výšky

```
!path 1
H ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4

!path 2
H ~ mu site mv !r mom
3 1 0
440 0 IDEN !S2=162
440 0 IDEN !S2=570
440 0 IDEN !S2=570
```

**Obrázek 6: Model 1 a model 2 pro výšku**

Výška byla vyhodnocena dvěma modely/cestami. Model 1 (path 1) model 2 (path 2). Písmeno H definuje v modelech výšku. Zadání také popisuje, že site (plocha) je fixní efekt stanoviště a mom (rodičovský strom) je efektem náhodným. Následuje definování pin-souborů – způsob, kterým ASReml vypočítá heritabilitu podle zadaného vzorce pro výpočet právě ve zmíněném pin souboru. „Addvar“ je zkratka pro aditivní variabilitu, „resvar“ pro residuální variabilitu, „phenvar“ pro fenotypovou variabilitu a zkratka „herit“ značí heritabilitu.





```

- - - Results from analysis of H - - -
1 mom                12.1463
2 Variance           129.403
3 addvar 1           48.585      17.790
4 resvar1 2          129.40      5.1740
5 phenvar 1          141.55      6.7542
  herit      = addvar  3/resvar1  4=      0.3755      0.1386

```

Obrázek 9: Výsledná analýza pro výšku

Model 1 a model 2 se v tomto výsledku nelišil. Z toho důvodu je uveden pouze jednou. Výstup na obrázku 4 znázorňuje odhadnutou heritabilitu v užším smyslu slova (výsledná hodnota podmíněna pouze aditivním genovým účinkem). Heritabilita má hodnotu  $h^2 = 0,3755$  se střední chybou odhadu 0,1386. Heritabilita byla odhadnuta jako podíl aditivní variability (48,585) a celkové fenotypové variability (141,55).

```

- - - Results from analysis of H - - -
Source              Model  terms      Gamma      Component      Comp/SE      % C
Residual            1320  1272      13.5515      13.5515      2.83      0 P
mom                 22    22      181.527      181.527      14.49      0 P
Variance            0     0      136.131      136.131      14.46      0 P
Variance            0     0      69.2168      69.2168      14.13      0 P

      Source of Variation      wald F statistics
      NumDF      F-inc
8 mu      1      3044.33
2 site    2      649.20

      solution      Standard Error      T-value      T-prev
2 site
3      -10.2168      0.862738      -11.84
3      -26.0352      0.772502      -33.70      -22.69
8 mu
1      62.5186      1.01941      61.33
3 mom
9 mv_estimates      22 effects fitted
      45 effects fitted

```

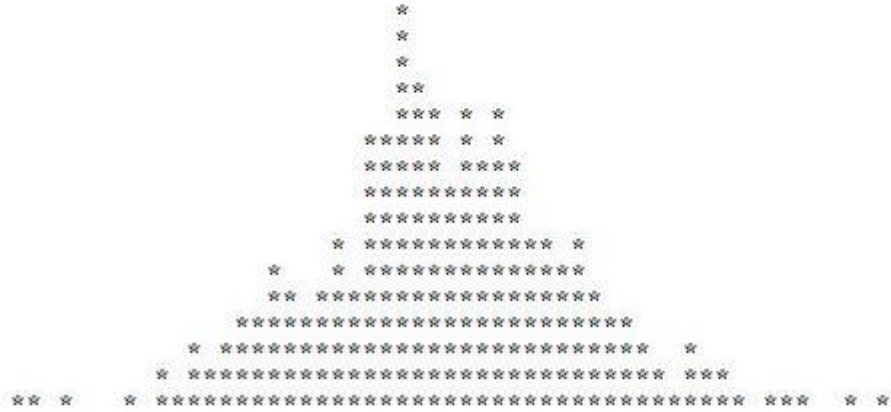
Obrázek 10: Model 2 pro jednotlivé plochy

### b) Výsledky modelu 2

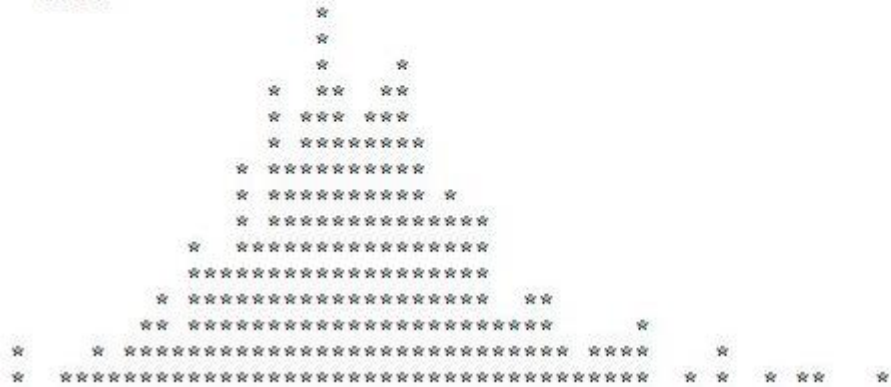
Model 2 hodnotil data pro každou plochu zvlášť (3\*440 stromů). Důvodem je hodnocení komponent rozptylu s ohledem na stanoviště. Na obrázku 10 jsou uvedeny komponenty rozptylu pro každou plochu zvlášť. Zároveň model provedl nové rozdělení residuí, tentokrát pro každou plochu (section) zvlášť (obrázek 11 a 12).

=== === Residual statistics for Plumlov.asr ===

SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 1  
1.87  
SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBari) for section 1  
0.45



SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 2  
-1.49  
SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBari) for section 2  
-0.94



Obrázek 11: Rozložení residuí (výška) pro model 2 - plocha 1 a 2





```

- - - Results from analysis of diam - - -
1 mom                0.511474
2 Variance           6.11848
3 addvar 1           2.0459      0.76445
4 resvar1 2          6.1185      0.24466
5 phenvar 1          6.6300      0.30697
  herit              = addvar    3/resvar1  4=      0.3344    0.1260

```

Obrázek 16: Výsledná analýza pro tloušťku kořenového krčku

Model 1 a model 2 se v tomto výsledku nelišil. Z toho důvodu je uveden pouze jednou. Výstup na obrázku 11 znázorňuje odhadnutou heritabilitu v užším smyslu slova. Heritabilita má hodnotu  $h^2 = 0,3344$  se střední chybou odhadu 0,1260. Heritabilita byla odhadnuta jako podíl aditivní variability (2,0459) a celkové fenotypové variability (6,6300).

#### b) Výsledky modelu 2

```

- - - Results from analysis of diam - - -
Source          Model terms      Gamma      Component      Comp/SE      % C
Residual        1320  1272
mom             22    22    0.588087      0.588087      2.77      0 P
Variance        0      0    6.82832      6.82832      14.38      0 P
Variance        0      0    7.90121      7.90121      14.39      0 P
Variance        0      0    3.55980      3.55980      14.10      0 P

Source of variation      Wald F statistics
                        NumDF      F-inc
8 mu                     1          3890.41
2 site                   2          498.69

2 site      solution      Standard Error      T-value      T-prev
2           -2.66261      0.185808            -14.33
3           -4.94010      0.157418            -31.38      -13.84
8 mu
3 mom      1          14.0524      0.206524            68.04
9 mv_estimates      22 effects fitted
                    45 effects fitted

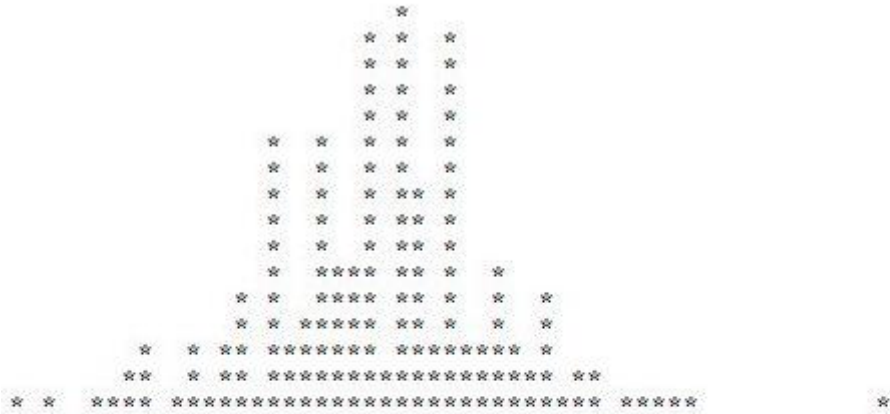
```

Obrázek 17: Model 2 pro jednotlivé plochy

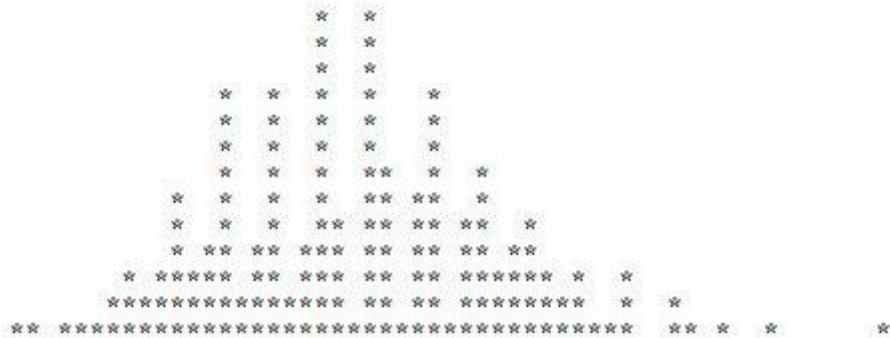
Model 2 hodnotil data pro každou plochu zvlášť (3\*440 stromů). Důvodem je hodnocení programu s ohledem na rozdílná stanoviště. Na obrázku 12 jsou uvedeny komponenty rozptylu pro každou plochu zvlášť. Zároveň model provedl nové rozdělení residuí, tentokrát pro každou plochu (section) zvlášť (obrázek č. 18 a 19).

==== Residual statistics for Plumlov.asr =====

SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 1  
0.60  
SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBar<sub>i</sub>) for section 1  
0.56



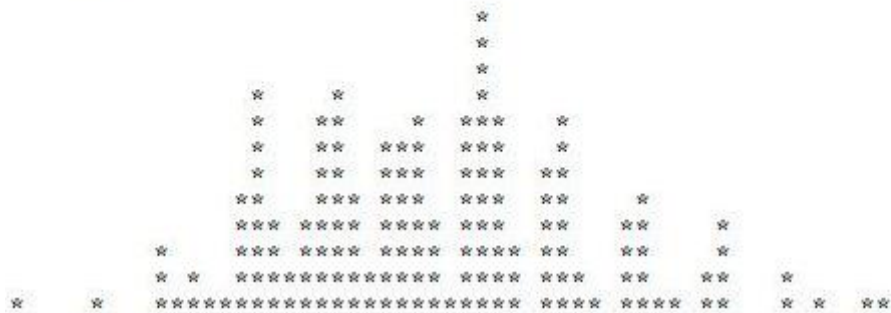
SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 2  
-0.75  
SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBar<sub>i</sub>) for section 2  
0.50



Obrázek 18: Rozložení residuí pro model 2 – plocha 1 a 2

==== Residual statistics for Plumlov.asr =====

SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 3  
2.18  
SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBar<sub>i</sub>) for section 3  
1.75



Obrázek 19: Rozložení residuí pro model 2 – plocha 3

Pro zbylé dvě potomstva označené jako produkční smrk s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou a pro stres-tolerantní smrk s vazbou také k divizi Lipník nad Bečvou je zde popsán jen výsledek výsledné analýzy – pro výšku a pro tloušťku kořenového krčku. Grafické znázornění zadání a výsledků (jak je již zmíněno výše) je znázorněno v přílohách.

Pro potomstvo produkčního smrku se vztahem k divizi Lipník nad Bečvou byla odhadnuta heritabilita  $h^2 = 0,0919$  se střední chybou odhadu 0,0408 pro výšku a  $h^2 = 0,0000$  se střední chybou odhadu 0,0000 pro tloušťku kořenového krčku. Dle hodnot heritability u tloušťky kořenového krčku lze tvrdit, že potomstvo není ovlivněno genotypem a jeho stav závisí plně na podmínkách prostředí. Pro toto potomstvo byl vyhotoven pouze jeden model/cesta. Graficky je znázorněno zadání a výsledky k tomuto potomstvu v přílohách č. 9 – 12.

Pro potomstvo stres-tolerantního smrku se vztahem k divizi Lipník nad Bečvou byla odhadnuta heritabilita  $h^2 = 0,1541$  se střední chybou odhadu 0,0640 pro výšku a  $h^2 = 0,2114$  se střední chybou odhadu 0,0745 pro tloušťku kořenového krčku. Graficky je znázorněno zadání a výsledky k tomuto potomstvu v přílohách č. 17 - 28.

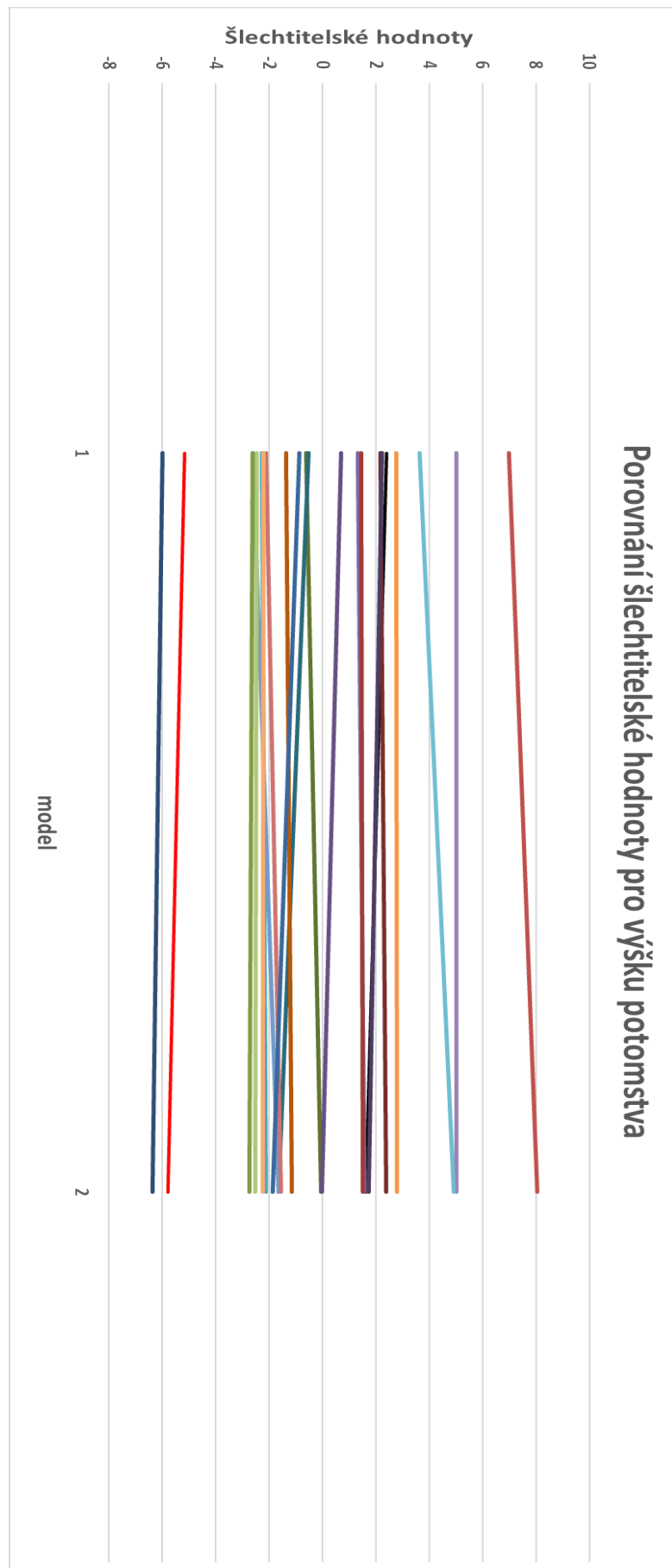
### **5.3.3 GCA – všeobecná kombinační schopnost**

Všeobecná kombinační schopnost byla dalším výsledkem analýzy programu ASReml. Stejně jako ve většině předchozích případů byla odhadnuta i se střední chybou odhadu pro oba dva modely. GCA je znázorněna pro výšku a tloušťku. Hodnota 1 na ose x znázorňuje výsledky prvního modelu a hodnota 2 výsledky druhého modelu. Z grafů lze pozorovat, že některá potomstva zaznamenala vzestupný trend, zatímco jiná sestupný. Pro potomstvo produkčního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou se nepovedlo dané hodnoty odhadnout. Pro potomstvo stres-tolerantního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou jsou grafy znázorněny v přílohách. U potomstva stres-tolerantního smrku je znázorněno v příloze všech 67 potomstev (příloha č. 29 - 32).

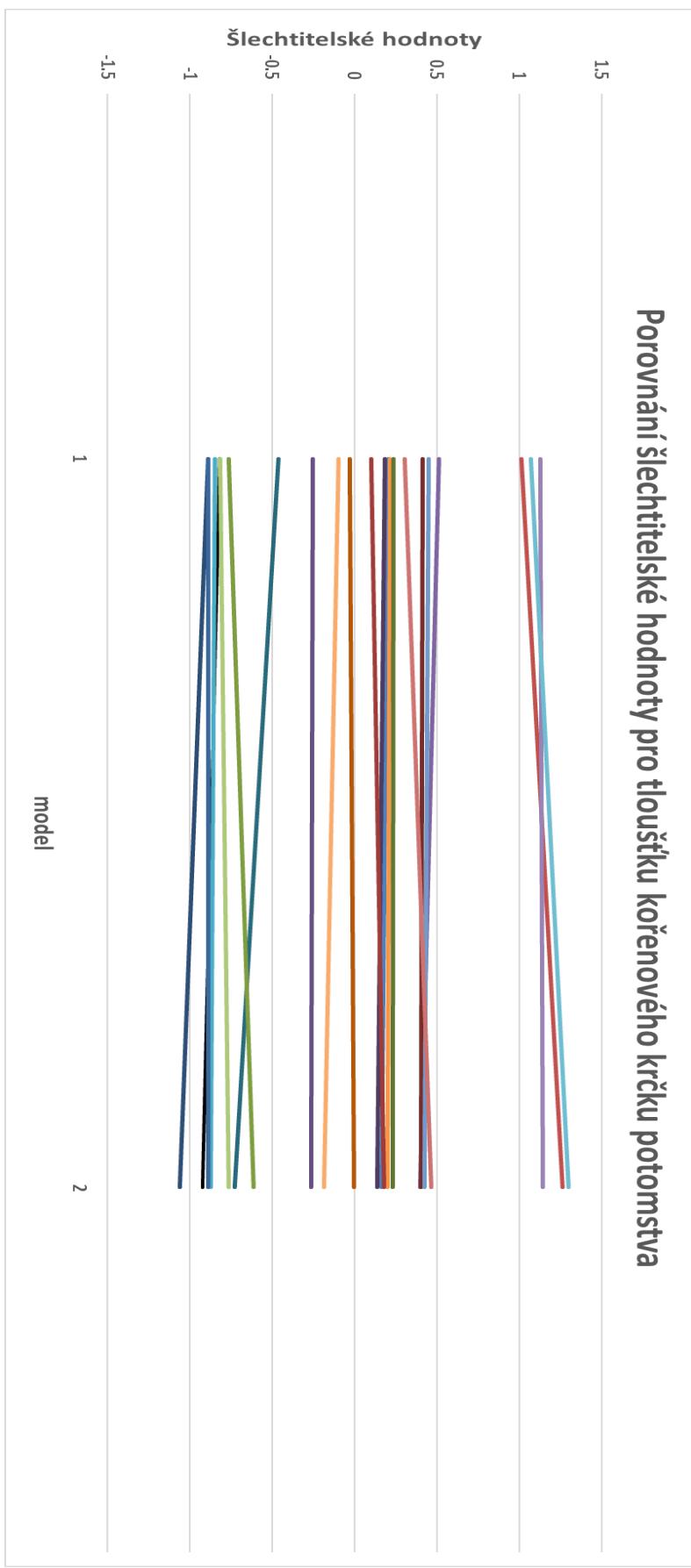
U potomstva produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov je v grafech znázorněno všech 22 potomstev. Nejvyšší GCA pro výšku dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 6 v obou modelech (6,977 a 8,038) a nejnižších hodnot pak potomstvo č. 14 také v obou modelech (-5973 a -6,364), (graf č. 12). Nejvyšší GCA pro tloušťku kořenového krčku dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 38 pro model 1



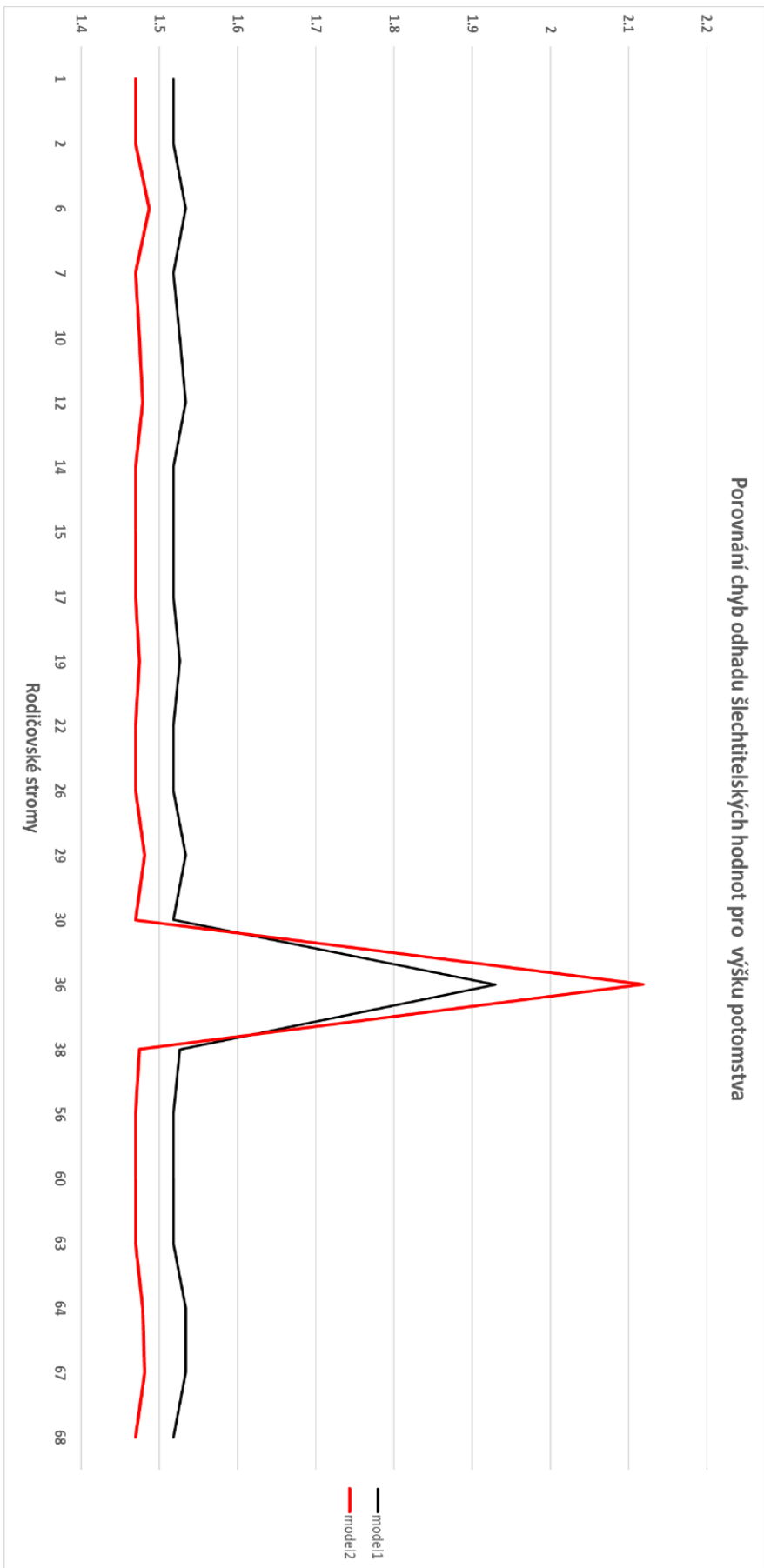
(1,128), ale protože mělo sestupnou tendenci, tak v modelu 2 dosáhlo vyšší šlechtitelské hodnoty potomstvo č. 56 (1,299)), které mělo vzestupnou tendenci. Nejnižší GCA pro tloušťku kořenového krčku pak mělo potomstvo č. 14 v obou modelech (-0,8887 a -1,059), a potomstvo č. 63, které dosahovalo v prvním modelu stejné hodnoty (-0,8887), jako potomstvo č. 14 (graf č. 13). Při porovnání středních chyb odhadu GCA pro výšku potomstva, můžeme až na jednu výjimku, u všech potomstev pozorovat sestupný trend. Tento sestupný trend potvrzuje skutečnost, že s každým dalším modelem se odhad zpřesňuje (graf č. 14). Chyby středního odhadu dosahovaly vzájemně mezi potomstvy stejných hodnot. U středních chyb odhadu GCA pro tloušťku kořenového krčku potomstva platí stejná tvrzení jako pro výšku (graf č. 15).



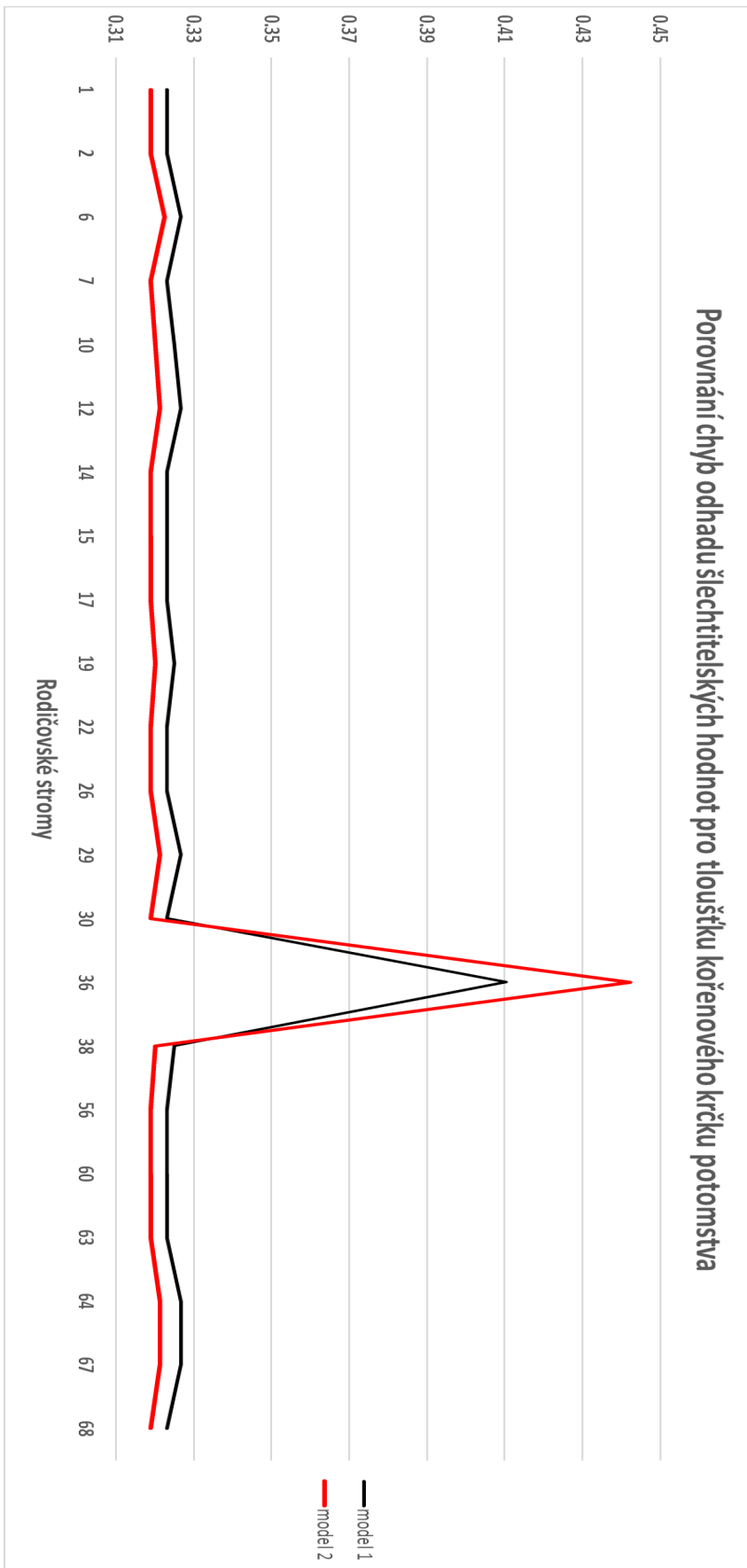
Graf 12: GCA pro výšku potomstev s vazbou k divizi Plumlov



Graf 13: GCA pro tloušťku kořenového krčku potomstev s vazbou k divizi Plumlov



Graf 14: Střední chyba odhadu GCA pro výšku potomstev s vazbou k divizi Plumlov



Graf 15: Střední chyba odhadu GCA pro tloušťku kořenového krčku potomstev s vazbou k divizi Plumlov

Grafické znázornění pro potomstvo stres-tolerantního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou je v přílohách pro všech 67 potomstev. Nejvyšší hodnoty všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro výšku dosahovalo v modelu č. 1 potomstvo rodičovského stromu č. 25 (3,979). V modelu č. 2 pak potomstvo č. 31. Nejnižších GCA hodnot dosahovalo v modelu č. 1 potomstvo rodičovského stromu č. 94 (-3,423) a v modelu č. 2 pak potomstvo rodičovského stromu č. 47 (-4,488), (příloha č. 329). Nejvyšší hodnoty všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro tloušťku kořenového krčku dosahovalo v obou modelech potomstvo rodičovského stromu č. 78 (1,211 a 1,18). Nejnižších GCA hodnot dosahovalo potomstvo rodičovského stromu č. 59 (-1,15 a -1,074), (příloha č. 30). Pro GCA hodnoty u tohoto potomstva platilo, že pro výšku měly hodnoty spíše sestupný trend, ale naopak pro tloušťku kořenového krčku měly trend spíše vzestupný (příloha č. 29 a 30). Nejvyšší a nejnižší hodnoty jsou popsány v diskuzi. Při porovnání středních chyb odhadu GCA pro výšku a pro tloušťku kořenového krčku potomstva, můžeme u všech potomstev pozorovat sestupný trend. Tento sestupný trend potvrzuje skutečnost, že s každým dalším modelem se odhad zpřesňuje (příloha č. 31 a 32).

Pro potomstvo produkčního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou se nepodařilo všeobecné kombinační schopnosti (GCA) odhadnout.

## 6 Diskuze

Pokud rozdělíme konečné hodnocení dle sázeného materiálu a divize, ke které se vážou (Lipník nad Bečvou - produkční smrk, Lipník nad Bečvou - stres-tolerantní smrk a Plumlov - produkční smrk), tak můžeme říci, že nejvíce příznivá plocha pro Lipnický - produkční smrk byla plocha 343 A 9. Na této ploše byla průměrná výška 48,2 cm a průměrná tloušťka kořenového krčku 11,8 mm se směrodatnou odchylkou pro výšku 7,44 cm a pro tloušťku 1,98 mm. Dle směrodatné odchylky můžeme konstatovat, že hodnoty výšek a tlouštěk na této ploše byly i nejméně diferencované ze všech třech ploch, kde se nacházel produkční smrk s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou. Při porovnání testovacích výsadeb na jednotlivých plochách byly průměrné hodnoty tloušťky a výšky vyrovnané. Z výsledků zatím nelze jednoznačně vyhodnotit, které potomstvo rodičovského stromu je nejlepší. Na těchto třech plochách ani jedno potomstvo nedosahovalo nadprůměrných hodnot alespoň na dvou plochách. Naopak lze říci, že potomstva rodičovských stromů č. 43 a 35 nejsou příliš nadějná. Minimálně na dvou plochách vždy dosahovaly nejmenších hodnot průměrné výšky i tloušťky kořenového krčku.

U stres-tolerantního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou byly obě plochy průměrnými hodnotami výšky a tloušťky kořenového krčku také vyrovnané. Vyšších hodnot dosáhlo potomstvo na ploše 389 A 5b (výška 51,1 cm a tloušťka kořenového krčku 11,7 mm). Zde ale směrodatná odchylka pro výšku (15,06 cm) a směrodatná odchylka kořenového krčku (3,65 mm) dosahovala poměrně vysokých hodnot, a proto můžeme tvrdit, že jedinci na této ploše byly výškově i tloušťkou kořenového krčku více diferencováni než v předchozím případě. U výšky dvojnásobně a směrodatná odchylka u tloušťky kořenového krčku dosahovala také téměř dvojnásobné hodnoty. U výsadby stres-tolerantního smrku z divize Lipník nad Bečvou také nelze jednoznačně říci, které potomstvo je nejlepší a v tomto případě nelze ani říci, které je nejhorší. Z celkového porovnání lze pouze konstatovat, že potomstva rodičovských stromů č. 55 a 42 jsou nadějná. Obě tyto potomstva dosáhla alespoň na jedné ploše nadprůměrných hodnot výšky i tloušťky kořenového krčku. Zatímco potomstvo rodičovských stromů č. 47 a 59, jsou nejméně nadějná. Obě tato potomstva dosáhla vždy na jedné ploše nejnižších průměrných hodnot jak ve výšce, tak v tloušťce kořenového krčku.

Z potomstev produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov, které bylo vysázeno na tři plochy, dosahovaly potomstva nejvyšších průměrných hodnot na ploše 166 B 9.

Průměrná výška zde byla 62,5 cm a průměrná tloušťka kořenového krčku 14,1 mm. Směrodatná odchylka zde byla spočítána na hodnoty - pro výšku 13,89 cm a pro tloušťku kořenového krčku 2,55 mm. Z těchto hodnot opět můžeme vyčíst, že plocha je poměrně hodně výškově diferenciována. Plocha 396 A 13 byla hodnotami podobná ploše 166 B 9. Nejmenší hodnoty z těchto tří ploch byly naměřeny na ploše 455 B 11. V případě průměrné výšky (36,6 cm) i průměrné tloušťky kořenového krčku (9,2 mm) téměř dvojnásobně nižší, pokud nebudeme brát ohled na rozdělení dle sázeného materiálu ani dle divize. Nejlepších průměrných hodnot dosáhla plocha 166 B 9. Je zajímavé, že nejhorších průměrných hodnot dosáhl materiál ze stejných rodičovských stromů a to na ploše 455 B 11. U tohoto potomstva se jako nejvíce nadějně jeví potomstvo rodičovského stromu č. 6, které dosáhlo na dvou plochách nejvyšší průměrné hodnoty výšky a největší průměrné tloušťky kořenového krčku. Nejméně nadějně se zdá být potomstvo rodičovského stromu č. 14, které dosahuje na dvou plochách nejnižší průměrné výšky a na jedné ploše nejnižší průměrné tloušťky kořenového krčku.

Program ASReml provedl hodnocení dle potomstev (celkem 3 různá potomstva). Pro potomstvo stres-tolerantního smrku a produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov byl definován ještě druhý model, ve kterém program přihlížel na přírodní podmínky na jednotlivých plochách u daných potomstev. Změna se projevila hlavně v grafickém znázornění rozložení residuí.

Pro plochy s produkčním smrkem s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou byla odhadnuta heritabilita pro výšku  $h^2 = 0,0919$  se střední chybou odhadu 0,0408 a pro tloušťku  $h^2 = 0,0000$  se střední chybou odhadu 0,0000. U těchto potomstev je geneticky více ovlivněna výška. Všeobecné kombinační hodnoty (GCA) se nepodařilo pro tato potomstva odhadnout, důvodem je právě absence efektivní dekompozice rozptylu, která by umožnila jak odhad heritability, tak odhad všeobecných kombinačních schopností.

Na plochách se stres-tolerantním smrkem s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou byla odhadnuta heritabilita pro výšku  $h^2 = 0,1541$  se střední chybou odhadu 0,0640 a pro tloušťku  $h^2 = 0,2114$  se střední chybou odhadu 0,0745. Můžeme zde tedy tvrdit, že tloušťka kořenové krčku je více geneticky ovlivněna než výška. V tomto testovaném materiálu dosahovalo nejvyšších hodnot všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro výšku potomstvo rodičovského stromu č. 25. Pro model 1 to byla hodnota 3,979 s chybou odhadu 2,852 a pro model 2 byla hodnota 9,258 s chybou odhadu 2,524. Nejnižší GCA



hodnotu dosahovalo v modelu 1 pro výšku potomstvo rodičovského stromu č. 94. Pro model 1 byla hodnota -3,423 s chybou odhadu 2,882. Potomstvo mělo v modelu 2 vzestupný trend a nejnižší hodnoty tak dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 47, které mělo trend sestupný. Toto potomstvo dosáhlo hodnoty -4,488 s chybou 2,572. Nejvyšších hodnot všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro tloušťku kořenového krčku dosahovalo potomstvo rodičovského stromu č. 78. Pro model 1 to byla hodnota 1,211 s chybou odhadu 0,5217 a pro model 2 byla hodnota 1,18 s chybou odhadu 0,5044. Nejnižších GCA hodnot dosahovalo v obou modelech pro tloušťku kořenového krčku potomstvo rodičovského stromu č. 59. Pro model 1 byla hodnota -1,15 s chybou odhadu 0,5153 a pro model 2 tato hodnota byla -1,074 s chybou odhadu 0,4997.

Pro plochy s vazbou k divizi Plumlov byla odhadnuta heritabilita pro výšku  $h^2 = 0,3755$  se střední chybou odhadu 0,1386 a pro tloušťku  $h^2 = 0,3344$  se střední chybou odhadu 0,1260. Zde je tomu naopak než v předchozím případě. Je zde více geneticky ovlivněna výška (je nutno si uvědomit, že odhadnuté genetické parametry však platí pouze pro danou populaci!!!!). V tomto testovaném materiálu dosahovalo nejvyšších hodnot všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro výšku potomstvo rodičovského stromu č. 6. Pro model 1 to byla hodnota 6,977 s chybou odhadu 1,534 a pro model 2 byla hodnota 8,038 s chybou odhadu 1,487. Nejnižší GCA hodnot pro výšku u obou modelů dosahovalo potomstvo rodičovského stromu č. 14. Pro model 1 byla hodnota -5,973 s chybou odhadu -6,364, pro model 2 byla hodnota -6,364 s chybou odhadu 1,47. Nejvyšších hodnot všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro tloušťku kořenového krčku dosahovalo potomstvo rodičovského stromu č. 38. Pro model 1 to byla hodnota 1,128 s chybou odhadu 0,325. Potomstvo ale mělo sestupný trend a tak vyšší hodnoty v modelu 2 dosáhlo potomstvo č. 56. Toto potomstvo dosáhlo GCA hodnoty 1,299 s chybou odhadu 0,3233. Nejnižších GCA hodnot dosahovalo v obou modelech pro tloušťku kořenového krčku potomstvo rodičovského stromu č. 14. Pro model 1 byla hodnota -0,8887 s chybou odhadu 0,3233 a pro model 2 tato hodnota byla -1,059 s chybou odhadu 0,3189. V modelu 1 zde dosáhlo stejné hodnoty a stejné chyby odhadu ještě potomstvo č. 63. Jedním ze zajímavých výsledků z programu ASReml je fakt znázorněn v grafu č. 14 a 15, kdy se střední chyba odhadu u potomstva č. 36 v modelu 2 zvyšuje nad chybu v modelu 1. Jak jsem psal výše, chyba by se měla snižovat, protože dochází k zpřesnění odhadu všeobecné kombinační schopnosti. Tento fakt proč k tomu došlo,

nedokáží plně vysvětlit. Nejpravděpodobnější vysvětlení se opírá o fakt, že na ploše č. 3 (455 B 11) potomstvo č. 36 úplně chybí.

Při porovnání výsledků získaných pomocí programu MS Excel (popisná statistika) a výsledků z programu ASReml jsem zjistil vzájemnou shodu. U potomstev stres-tolerantního smrku to ještě není tak patrné. Zde se výsledky různých vyhodnocení protínají pouze v případě potomstva rodičovského stromu č. 47. Toto potomstvo dosahuje dle popisné statistiky nejnižší průměrné výšky na plochách s tímto testovaným materiálem a dle programu ASReml nejnižší všeobecné kombinační schopnosti (GCA) pro výšku v modelu 2. Mnohem lépe je pak vidět propojenost výsledků popisné statistiky a všeobecné kombinační schopnosti u testovaného materiálu produkčního smrku se vztahem k divizi Plumlov. Zde nejvyšší průměrné výšky a nejvyšší hodnoty GCA pro výšku v obou modelech dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 6. Největší průměrné tloušťky kořenového krčku a nejvyšší GCA hodnoty pro tloušťku kořenového krčku v modelu 1 dosáhlo potomstvo rodičovského stromu č. 38. O nejnižší průměrné růstové hodnoty a o nejnižší GCA hodnoty jak v případě výšky i tloušťky kořenového krčku se postaralo potomstvo rodičovského stromu č. 14. Zde je dobře vidět, jak se výsledky z obou programů doplňují a zároveň potvrzují svoji významnost/váhu.

Nebylo zde nutné a praktické prezentovat všechny výsledky všeobecných kombinačních schopností jednotlivých potomstev. Jsou k dispozici u autora. Na jednoznačný závěr vedoucí k selekci, vzhledem ke stáří testovaného materiálu, je ještě brzy. Testovaný materiál byl odhadem starý pouze 4 – 5 let. Ale nejslabší/nejhorší potomstva na plochách budou asi vždy už jen podprůměrná. Časná selekce je evidentně poměrně přesná, když se snažíme odseparovat nejméně kvalitní materiál.

Neexistuje žádný obecně uznávaný rozdíl mezi zkouškou dle potomstev a širším konceptem křížení. Někdy je zkoušce podle potomstev dána úzká definice omezující ji pouze na odhad GCA (všeobecné kombinační schopnosti). Zkouška podle potomstev se zabývá skutečnou páteří křížení: tvorbou potomstev, organizací experimentů s rodinnou strukturou, statistickým zhodnocením, genetickým výkladem výsledků a postupy křížení. Jeden z důležitých důvodů realizace testu potomstev je získání čerstvých genotypů pro další cykly pěstování populace.

Karlsson, Högberg (1998) ve své práci uvádějí, výsledky výzkumu na potomstvu starém 11 let. V tuto dobu již výsledky byly statisticky významné a na základě těchto výsledků již bylo možné vyvodit relevantní hodnocení a postup zásahů na dané ploše v budoucnosti. Oproti tomu Klápště a kol. (2007), prezentovali první významné statistické výsledky, až v době kdy testovanému materiálu bylo 15 let. I když tento výzkum byl zaměřen na výšku jedinců v tomto roce, dalo by se říci, že vhodná doba pro objektivní testy potomstev je mezi 11 a 15 lety. Mnou testované potomstvo je výrazně mladší, a proto budou výsledky (jak jsem již dříve uvedl) brány pouze jako orientační a budou tvořit základ k dalším testům v budoucnu.

Klápště a kol. (2007), provedl experiment na třech stanovištích v oblasti Posázaví. Hodnoceným parametrem byla výška jedinců v patnácti letech. Genetické parametry byly odhadnuty metodou REML a individuální šlechtitelské hodnoty metodou BLUP. Odhadovaná heritabilita v úzkém smyslu slova měla hodnotu 0,269 se standartní chybou odhadu 0,036, která je totožná a shoduje se s růstovými vlastnostmi uváděné v Norské literatuře, např.: Joycea a kol. (2002). Jedním z výsledků byl také genetický zisk. Genetický zisk by se při jednotlivých postupech (které jsou v článku popsány), zvýšil o 10-15%. Tento výsledek potvrzuje předešlé tvrzení, že pokud se k testovanému materiálu přistupuje dle daných pravidel, výnosy mohou v budoucnosti dosáhnout vyšších řádů.

Leugner a kol. (2008), zaměřil svůj výzkum jiným směrem než je vedena tato práce, ale přesto spolu úzce souvisí. Předmětem jejich výzkumu byly plochy založené v letech 1989 až 2001 z generativní matečnice, která byla založena z generativně vypěstovaných sazenic z osiva smrku s relativně dobrým zdravotním stavem v extrémních klimatických podmínkách s vysokou intenzivní imisní zátěží. Cílem práce bylo posoudit, do jaké míry se intenzivní růst matečných stromů v extrémních horských podmínkách zachovává i u vegetativních potomstev. Výsledkem byl fakt, že potomstvo, které na stanovišti, které je významně ovlivněno stresovým faktorem, prokazuje nadprůměrné růstové schopnosti. Zatímco na stanovišti příznivějším dosahuje průměrných až lehce podprůměrných hodnot. Tento fakt potvrzuje hypotézu, že zvýšená odolnost vůči stresům může znamenat snížení intenzity růstu, a to zejména na lokalitách s nižším vlivem stresových faktorů. Významnou interakci klon x stanoviště u smrku ztepilého popisuje například Isik et al. (1995). Podobné závěry uvádějí i Karlsson a

Högberg (1998) a Karlsson (2000) s tím, že interakce výškového růstu klonů se stanovištěm se může měnit s věkem klonové výsadby.

Také na základě poznatků Leugnera (2008) a dalších autorů můžeme konstatovat, že i když máme skvělý sadební materiál s geneticky hodnotných a uznaných zdrojů, ne na každém stanovišti bude vykazovat nejlepší možné výsledky.

## 7 Závěr

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je hospodářsky nejvýznamnější dřevinou České republiky. VLS ČR s.p. si tuto skutečnost velmi dobře uvědomují, a proto dospěli k založení testů potomstev a semenných sadů na divizích Lipník nad Bečvou, Plumlov, Mimoň, Doupov a Horní Planá. Tato práce zkoumala 3 plochy s testy potomstev produkčního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou, které se nacházely na území divize Lipník nad Bečvou, 2 plochy stres-tolerantního smrku s vazbou k divizi Lipník nad Bečvou, které se nacházely na území divize Plumlov a 3 plochy produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov, které se nacházely na území divize Plumlov. Tyto testy potomstev byly založeny ze semenného materiálu vypěstovaného v lesní školce a sebraného z fenotypově kvalitních jedinců, kteří byly vybráni pracovníky ČZU FLD v Praze. Konkrétně Ing. Janem Stejskalem, PhD. Tito fenotypově kvalitní jedinci se nacházejí na jednotlivých lesních správách v daných divizích.

Náplní této práce bylo šetření jednotlivých testů potomstev na jednotlivých plochách a následně pak statistické vyhodnocení pomocí programu MS Excel (popisná statistika) a programu ASReml (odhad heritability a šlechtitelské hodnoty). Výstupy z těchto programů jsou popsány a vyhodnoceny v kapitole č. 4 Výsledky. Na testovacích plochách byla měřena výška a tloušťka kořenového krčku každého jedince. Kvůli nízkému věku jedinců na testovacích plochách jsou výsledky spíše orientační a mohou se v průběhu času vlivem negativních vlivů změnit. Je ale nepravděpodobné, že potomstva, která dosahovala na plochách nejnižších hodnot, by v budoucnu byla na plochách těmi nejkvalitnějšími. Z tohoto důvodu jsou data, která byla nasbírána na šetřených plochách, spíše orientační a budou sloužit jako základ pro porovnání měření v následujících letech. Vzhledem k získaným a vyhodnoceným datům tato práce naplnila stanovený cíl.

Jak bylo zmíněno v kapitole č. 3 Materiál a metodika, zároveň s testy potomstev produkčního smrku s vazbou k divizi Plumlov, byl založen semenný sad Kotáry. Tento semenný sad byl založen z roubov, které pochází ze stejných rodičovských stromů jako testy potomstev. Na základě těchto testů bude již v horizontu několika let možné uskutečnit genetickou probírku v semenném sadě a tím odstranit nežádoucí jedince. Tato genetická probírka umožní navýšit selekční diferenciaci v daném semenném sadu. Na základě těchto faktů a výsledků této práce, bych doporučil šetření na plochách, kde jsou založeny testy potomstev i v budoucích letech. Díky těmto šetřením bychom měli být

schopni v budoucnosti vybrat ta nejlepší potomstva. Důležité pro objektivní posouzení i v následujících letech je skutečnost, aby plochy byly v tak dobrém stavu jako byly v době mého šetření. Vyžínání, anebo jiné odstranění plevelu z jednotlivých ploch je samozřejmostí. Vylepšení šetřených ploch sadebním materiálem není (až na jednu výjimku) nutné. Zmíněná výjimka se týká plochy 455 B 11, kde systematicky chybělo potomstvo rodičovského stromu č. 36 z důvodu nedodání sadebního materiálu z lesní školky. Bohužel pro toto potomstvo již nejsou dostupní žádní další jedinci pro vylepšení plochy. Pokud by v budoucnosti docházelo k úhynu jedinců na jednotlivých plochách vlivem abiotických činitelů, biotických činitelů, nebo mechanického poškození, pak bych doporučil i následné vylepšení, aby nedocházelo k ovlivňování budoucích výsledků z důvodu nízkého počtu jedinců na ploše.

Šlechtění lesních dřevin rukou v ruce s genetikou lesních dřevin má v dnešní době pro praktické lesnictví opodstatněný a nevyvratitelný přínos. Na základě poznatků z vědního oboru šlechtění lesních dřevin je možné zlepšovat odolnost, kvalitu a výnosovost lesních dřevin. Semenné sady jsou dnes již nepostradatelnou součástí lesnické praxe a poskytují jeden z nejkvalitnějších zdrojů semenného materiálu pro umělou obnovu lesa. Právě umělá obnova lesa kvalitním sadebním materiálem je vzhledem ke změně klimatu a přírodních podmínek velmi důležitá. Proto je smysluplné se snažit co nejvíce přiblížit šlechtitelským velmocím, přiblížit semenné sady co nejvíce k běžné lesnické praxi; a postupně převádět semenné sady na vyšší generace, aby semenný materiál byl co nejkvalitnější. Pokud bude české lesnictví schopno alespoň trochu „srovnat krok“ se šlechtitelskou velmocí jako je např. Švédsko, nebo Nový Zéland, bude to pro celý lesnický sektor velké vítězství.

## 8 Seznam literatury

**Adams J.P., Matney T.G., Land S.B. Jr., Belli K.L., Duzan H.W. Jr., 2006:** Incorporating genetic parameters into a loblolly pine growth-and-yield model. *Can. J. For. Res.* 36: 1959-1967

**Billir N., Prescher F., Ayan S., Lindgren D., 2006:** Growth characters and number of strobili in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*, *Euphytica* (2006) 152-293-301, page 293-301

**Buford, M.A., Bukhard, H.E., 1987:** Genetic improvement effectson growth and yield of loblolly pine plantations. *For. Sci.* 33: 707-724

**Burgueño J., Cadena A., Crossa J., Banziger B., Gilmour A. R., Cullis B. R., (2000):** User's Guide for Spatial Analysis of Field Variety Trials Using ASReml. Mexico, D.F.: CIMMYT

**Carson S.D., Garcia O., Hayes J.D., 1999:** Realized gain and prediction of yieldwith genetically improved *Pinus radiata* in New Zealand. *For. Sci.* 45(2): 186-200

**Cornelius J., 1994a:** Heritabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. *Canadian Journal of Forest Research* 24:372-379

**Cornelius, J., 1994b:** The effectiveness of plus tree selection for yield. *Forest Ecology and Management* 67:23-34

**Culek M. a kol., 1996:** Biografické členění ČR; Praha: Enigma

**Dymáček R. a kol., 2016:** Historie Divize Plumlov: VLS ČR, s.p., divize Plumlov, str. 11; ISBN 978-80-87668-21-4

**Hanousek, Charamza, 1992:** Moderní metody zpracování dat – matematická statistika pro každého

**Hazel L.N., 1943:** The genetic basis for constricting selection indexes. *Genetics* 33: 476-490

**Hejný S., Slavík B., 1988:** Květena České republiky, Československá akademie věd, Praha: 560 s.

**Hrdlička O., 2006:** Semenné sady jako zdroj kvalifikovaného reprodukčního materiálu – minulost, současnost a budoucnost; Poznatky ze zakládání a obhospodařování semenných sadů v zájmové oblasti dříve a dnes; Sborník referátů z mezinárodního odborného semináře, str. 26-35, Bzenec; Jíloviště-Strnady. ISBN:80-86461-70-X

**Chloupek O., 1995:** Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia, 186 s.

**Chmelař J., 1984:** Dendrologie s ekologií lesních dřevin, Státní pedagogické nakladatelství n.p., Praha: 120 s.

**Chmelař J., Úradníček L., 1998:** Dendrologie lesnická. Část 1, Jehličnany Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 97 s.

**El-Kassaby, Y.A., Lstibůrek, M., 2009:** Breeding without breeding. Genetics Research, Cambridge

**Eriksson G., Ekberg I., Clapham D., 2006:** An Introduction to Forest Genetics, SLU, Uppsala, 186 s. ISBN 91-576-7190-7, druhé vydání

**Fér F., Pokorný J., 1993:** Lesnická dendrologie. Část 1, Jehličnany Praha (Vysoká škola zemědělská); Publikace Matice lesnické Písek, 130 s.

**Gould P., Johnson R., Marshall D., Johnson, G., 2008:** Estimation of genetic-gain multipliers for modeling Douglas-Fir height and diameter growth. Forest science 54(6): 588-596

**Gullberg U., Kang H., 1985:** Application of model for tree breeding to conifers in southern Sweden; Studia Forestalia Suecica

**Graman J., Čurn V., 1997:** Šlechtění rostlin (Obecná část); Jihočeská univerzita České Budějovice, Zemědělská fakulta; ISBN: 80-7040-255-5 132 s.

**Gwaze D.P., Bridgewater F.E., Williams C.G., 2002:** Genetic analysis of growth curves for a woody perennial species, *Pinus taeda* L. Theor. Appl. Gen. 105: 526-531

**ISIK, K., KLEINSCHMIT, J., SVOLBA, J., 1995:** Survival, growth trends and genetic gains in 17 year-old *Picea abies* clones at seven test sites. Silvae Genetica, 1995, vol. 44, s. 116-128.



**JOYCE D., FORD R., FU Y.B., 2002:** Spatial patterns of tree height variations in a Black spruce farm-field progeny test and neighbors-adjusted estimations of genetic parameters. *Silvae Genetica*, 51: 13–18.

**Kaňák J., Frýdl J., Novotný P., Čáp J., 2008:** Metodika zakládání semenných sadů; Recenzovaná metodika; VÚHLM Jíloviště-Strnady, 24s.

**Karlsson B., 2000:** Clone testing and genotype x environment interaction in *Picea abies*. Doctoral thesis. In *Acta universitatis agriculturae sueciae. Silvestria* 162. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2000. 47 s.

**Karlsson B., Högberg K.-A., 1998:** Genotypic parameters and clone-site interaction in clone test of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.); The Forestry Research Institute of Sweden; Ekebo, S-268 90 Svalöv, Sweden

**Klápště J., Lstibůrek M., Koblíha J., 2007:** Initial evaluation of half-sib progenies of Norway spruce using the best linear unbiased prediction. *J.For.Sci.* 53(2): 41-46

**Koblíha J., Funda T., 2004:** Světové trendy ve šlechtění lesních dřevin; WRD – Světová dne 11. 5. 2004 v Kostelci nad Černými lesy; Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, 11 stran; ISBN 80-213-1164-9

**Koblíha J., Klápště J., Lstibůrek M., 2007:** The importance of forest genetics and forest tree breeding in connection with reproductive material quality in Scandinavia and the Czech Republic; *Kvalita reprodukčního materiálu lesních dřevin*, Strážnice, Česká republika, 11. a 12. září 2007; ISBN: 978-80-86461-82-3: 162-168

**Koblíha J., Lstibůrek M., 2007:** Význam semenných sadů jako produkčních populací lesních dřevin; *VLS Časopis zaměstnanců Vojenských lesů a statků ČR, s.p.*; ročník 1, str. 4-6; RIV/60460709:41320/07:19474

**Koblíha J., Lstibůrek M., Hynek V., Klápště J., Stejskal J., 2012:** Metodika testů potomstev lesních dřevin pro zakládání semenných sadů 2. generace; aplikovaná metodika; Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská; 2-31 s.

**Koblížek J., 2006:** Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků, Tišnov

**Korecký J., Lstibůrek M., Koblíha J., 2012:** Metodika využití mikrosatelitů DNA při šlechtění borovice lesní v České republice; aplikovaná metodika

**Lesnická práce 2016:** Zelená zpráva pro rok 2015; Lesnická práce, s.r.o.; 30 s

**Leugner J., Jurásek A., Martincová J., 2008:** Porovnání růstu matečných stromů horských populací smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) a jejich vegetativních potomstev vysazených v různých podmínkách.

**Li B., McKeand S., Weir, R., 2000:** Impact of forest genetics on sustainable forestry - results from two cycles of loblolly pine breeding in the US. *Journal of Sustainable Forestry* 10:79–85 s.

**Lindgren D., Mullin T.J., 1997:** Balancing gain and relatedness in selection. *Silvae Genetica* 46:124-129

**Löfgren K.G., 1988:** On the economic value of genetic progress in forestry. *Forest Science* 34:708-723.

**Lynch M. a Walsh B., 1998:** *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Assoc. Sunderland. 980s.

**Moriguchi Y., Prescher F., Lindgren D., 2008:** Optimum lifetime for Swedish *Picea abies* seed orchards; *New Forests* (2008) 35: page 147-157

**Musil I., Hamerník J., 2003:** *Lesnická dendrologie 1, Jehličnaté dřeviny*, Skriptum; Česká zemědělská univerzita v Praze, str. 20 – 34; ISBN 80-213-0992-X-2. ed.

**Musil I., Leugnerová G., Hamerník J., 2002:** *Lesnická dendrologie 1, Jehličnaté dřeviny*, Skriptum; Česká zemědělská univerzita v Praze, 177 s.; ISBN: 80-213-0992-X

**Musil J., Novák P., Šefl J., 2007:** Semenné sady v České republice; In *Aktuálne problémy lesného škólkarstva, semenarstva a umelej obnovy lesa. Zborník referátov z mezinárodného seminára, ktorý sa konal 27. – 28. marca 2007 v Liptovskom Jáne*; 1. vyd. Národné lesnícke centrum 2007; 158 s. ISBN 978-80-8093-013-4

**Namkoong, G., 1988:** *Tree breeding: Principles and strategies*. Springer-Verlag, New York.

**Němec J., Křivánek J., Zatloukal V., Hrib M., Roček I., Vančura K., Oliva J., Řezáč J., Pelc F., Moucha P., Vašíček J., Sádlo J., Kyzlík P., Pešková V., Zahradník P., Kopp J., 2009:** Lesy v České republice; Praha: Consult Praha; 138-146 s.; ISBN: 80-903482-5-4

**Palmer, H.E., Newton, A.C., Doyle, C.J., Thompson, S., Stewart, L.E.D., 1998:** An economic evaluation of alternative genetic improvement strategies for farm woodland trees. *Forestry* 71:333-347

**Paule L., 1992:** Genetika a šľachtenie lesných drevín; PRÍRODA a.s. Bratislava; 304 s; ISBN: 80-07-00409-2

**Plíva K., Žlábek I. 1986:** Přírodní lesní oblasti ČR, SZN Praha

**Pospíšil J., Kobliha J., 1988:** Šlechtění lesních dřevin, Vysoká škola zemědělská v Brně; Skriptum, 135 s.

**Pospíšil J., Kobliha J., 1998:** Šlechtění lesních dřevin, Skriptum, VŠZ v Brně, 135 s.

**Porterfield, R.L., Zobel, B.J., Ledig, F.T., 1975:** Evaluating the efficiency of tree improvement programs. *Silvae Genetica* 24:33-44.

**Procházková Z., Bezděčková L., 2007:** Porovnání kvality semene ze semenných sadů a porostů; Aktuálne problémy lesného školkařstva, semenářstva a umelej obnovy lesa 2007, Zborník referátov z mezinárodného seminára, ktorý sa konal 27. – 28. 3. 2007 v Liptovsko Jáne, str. 44 – 52; vyd. Národné lesnícke centrum 2007, ISBN 978-80-8093-013-4

**Prescher F., Moriguchi Y., Lindgren D., 2007:** Female fertility variation in mature *Pinus sylvestris* clonal seed orchards; *New Forests* (2008) 35: page 147-157

**Rambousek J., Novák P., 2000:** Semenné sady lesních dřevin v ČR (Lesnická práce, VÚLHM Jíloviště-Strnady, stanice Uherské Hradiště)

**Rohmeder E., Schönbach H., 1959:** Genetik und Züchtung der Waldbäume; P. Parey Verlag, Hamburg und Berlin; 338 s.

**Schmidt P. A., 1991:** Beitrag zur Kenntnis der in Deutschland anbaufähigen Fichten (Gattung *Picea* A. Dietr.). Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges., 80: 7 – 72

**Slávik M., 2004:** Lesnická dendrologie pro HSSL, Česká zemědělská univerzita v Praze; ISBN: 80-213-1242-4, 6-8 s.

**Stoehr M., Webber J. and Woods J., 2004:** Protocol for rating seed orchard seedlots in British Columbia: quantifying genetic gain and diversity; *Forestry* 77: page 297-303

**Svoboda J., Červenský J., Dohnal M., Dohnanský T., Fišer K., Hrdlička O., Jurásek M., Kotrla P., Krchov., Morávek F., Neznajová Z., Pařízek M., Půlpán L., Stonawski J., 2010:** Koncepce zachování a reprodukce genových zdrojů lesních dřevin u lesů České republiky, s. p., na období 2010 – 2019; Lesy České republiky, s.p.; ISBN: 978-80-86945-21-7

**Šindelář J., 1987:** Úkoly a perspektivy genetiky a šlechtění lesních dřevin; Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti; Jíloviště – Strnady, Studijní informace – Lesnictví

**Šindelář J., 1992:** Teoretické principy zakládání a obhospodařování semenných sadů; In: Zakládání a obhospodařování semenných sadů; Chlum u Třeboně 2. – 3. 9. 1992; Mze Praha, 6-22 s.

**Šindelář J., Vašíček J., Skalický V., 1989:** Produkce osiva v semenných sadech borovice lesní a modřínu opadavého v ČR; Lesnická práce 68, 207 – 215 s.

**Thompson, T.A., Lester, D.T., Martin, J.A., Forster, G.S., 1989:** Using economic and decision making concepts to evaluate and design a corporate tree improvement programme. *Silvae Genetica* 38:1-27

**Tigabu M., 2007:** NIR Spectroscopy as a Tool in Seed Orchard Management; Summary reports on papers and posters presented at the Seed Orchard Conference, Umeå, publication by Treebreedex

**Urban T., Vyhnánek T., 2002:** Virtuální svět genetiky 1. Multimediální hypertextový výukový program na CD ROM + tištěná skripta. MZLU Brno, 139 s. ISBN 80-7157-613-1 dotisk 2006

**Úradníček L., 2003:** Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae), Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno: 102 s.

**Úradníček L., Chmelař J., 1995:** Dendrologie lesnická-jehličnany, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno: 130 s.

**Úradníček L., Maděra P., Tichá., Koblížek J., 2009:** Dřeviny České republiky Lesnické práce; Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 368 s.; ISBN: 9788087154625

**Vašíček J., 1992:** Teoretické principy zakládání a obhospodařování semenných sadů; In: Zakládání a obhospodařování semenných sadů, Chlum u Třeboně 2. – 3. 9. 1992; Mze Praha, 72 – 74 s.

**Vermeulen N., 2006:** Stromy a keře, Encyklopedie; Rebo Produktions CZ spol. s r. o., str. 249 – 250; ISBN 80-7234-599-0

**Wenström A., 2007:** Direct seeding of orchard and stand seed; Summary reports on papers and posters presented at the Seed Orchard Conference, Umeå, publication by Treebreedex

**White T. L., Adams W. T., Neale D.B., 2007:** Forest Genetics. CABI Publishing. Cambridge. 682s.

**White T.L., Adams W. T., Neale D.B., 2009:** Forest Genetics. CABI Publishing, 682 s. ISBN 978-0-85199-083-5

**Williams E.R., Matheson A.C., 1994:** Experimental design and analysis for use in tree improvement. CSIRO, East Melbourne, Australia

**Zavadil Z., 1982:** Semenné plantáže lesních dřevin; 1. vyd., Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 144 s.

**Internetové zdroje:**

<https://www.vls.cz>

<http://www.euforgen.org>

Ústav pro Hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem [online; Aktualizováno 17. 1. 2016]; Dostupné z WWW: <http://www.uhul.cz/>

Zákon č. 149/2003 Sb. o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnicky významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování; Dostupné z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/>

## Seznam příloh:

Příloha 1: Semenný sad Kotáry - inventura 2015 .....	1
Příloha 2: Roubovanci pro semenný sad Kotáry před výsadbou .....	2
Příloha 3: Roubovanci v semenném sadu Kotáry .....	2
Příloha 4: Oplocení semenného sadu Kotáry .....	3
Příloha 5: Plocha stres-tolerantního smrku - divize Plumlov .....	3
Příloha 6: Jedinec stres-tolerantního smrku - divize Plumlov .....	4
Příloha 7: Plocha produkčního smrku - divize Plumlov .....	4
Příloha 8: Jedinec produkčního smrku - divize Plumlov .....	5
Příloha 9: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - zadání pro ASReml - výška.....	5
Příloha 10: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - model 1 - výška .....	5
Příloha 11: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - rozložení residuí - výška.....	6
Příloha 12: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - výsledná analýza - výška.....	6
Příloha 13: Lipník nad Bečvou - zadání pro ASReml - tloušťka kořenového krčku.....	6
Příloha 14: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - model 1 - tloušťka kořenového krčku .....	6
Příloha 15: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - rozložení residuí - tloušťka kořenového krčku .....	7
Příloha 16: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - výsledná analýza - tloušťka kořenového krčku .....	7
Příloha 17: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - zadání pro ASReml - výška .....	7
Příloha 18: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - výška .....	7
Příloha 19: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - rozložení residuí - výška.....	8
Příloha 20: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - výsledná analýza - výška.....	8

Příloha 21: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - výška .....	8
Příloha 22: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - rozložení residuí - výška .....	9
Příloha 23: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - zadání pro ASReml - tloušťka kořenového krčku .....	9
Příloha 24: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - tloušťka kořenového krčku .....	10
Příloha 25: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - rozložení residuí - tloušťka kořenového krčku .....	10
Příloha 26: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - výsledná analýza - tloušťka kořenového krčku.....	10
Příloha 27: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - tloušťka kořenového krčku .....	11
Příloha 28: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - rozložení residuí - tloušťka kořenového krčku .....	11
Příloha 29: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - všeobecná kombinační schopnost (GCA) - výška.....	12
Příloha 30: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - všeobecná kombinační schopnost (GCA) - tloušťka kořenového krčku.....	13
Příloha 31: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - střední chyba odhadu GCA - výška .....	14
Příloha 32: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - střední chyba odhadu GCA - tloušťka kořenového krčku .....	15
Příloha 33: Příklad zjištěných hodnot na jedné ploše, které byly následně zpracovány programy MS Excel a ASReml .....	16



## 9 Přílohy

Příloha 1: Semenný sad Kotáry - inventura 2015

**Finální schéma Kotáry:**

66	5	59	51	47	18	1	54	24	48	53	65	33	58	47	51	16	18	59	54	66	48	53	5	1														
63	64	61	67	68	39	35	26	19	3	57	17	38	67	68	34	30	43	61	31	63	26	57	46	68	67	15	39	50	60	57	17	61	49	63	67	2		
53	58	40	32	4	56	36	21	20	41	66	27	40	5	4	32	29	28	20	21	24	41	36	56	4	62	40	32	40	32	33	28	20	58	36	41	47	65	33
57	52	50	34	2	43	15	55	25	49	63	64	50	52	2	39	15	55	44	3	19	17	35	64	2	34	44	31	19	55	25	26	35	43	68	64	15		
29	65	33	42	16	62	29	28	59	42	16	62	36	56	1	42	33	27	40	62	1	42	29	58	16	27	59	42	29	21	16	27	40	42	29	18	16		
44	60	38	31	30	17	44	60	61	46	30	31	44	60	25	49	50	46	35	60	25	49	38	52	30	43	61	3	38	52	30	46	44	3	38	52	19		
47	54	36	41	20	58	40	27	33	32	4	21	29	28	24	41	20	65	36	56	4	32	33	21	66	28	20	41	36	62	4	56	33	32	53	58	40		
68	55	35	46	25	3	19	52	38	43	2	34	35	55	19	26	38	52	15	64	2	39	50	55	63	60	25	49	15	64	2	31	50	34	57	55	30		
59	18	66	48	53	5	24	65	1	51	47	54	53	18	66	48	59	58	16	5	47	51	40	54	53	18	24	48	1	65	47	5	59	51	66	54	47		
61	67	63	49	57	26	50	64	15	39	68	67	57	17	63	3	61	31	30	43	68	34	44	67	57	46	19	26	35	17	68	39	63	67	61	60	25		
1	21	4	27	29	32	59	18	16	56	20	41	40	5	33	62	47	28	24	42	66	48	36	65	59	58	4	51	16	54	53	21	20	18	24	24	62	36	

červeně jsou vybarveny raměty, které nemají náhradní roubovance  
hnědě jsou vybarveny uschnuté raměty K 31.8.2015 celkem 96 ks

**Příloha 2: Roubovanci pro semenný sad Kotáry před výsadbou**



**Příloha 3: Roubovanci v semenném sadu Kotáry**



**Příloha 4: Oplocení semenného sadu Kotáry**



**Příloha 5: Plocha stres-tolerantního smrku - divize Plumlov**



**Příloha 6: Jedinec stres-tolerantního smrku - divize Plumlov**



**Příloha 7: Plocha produkčního smrku - divize Plumlov**



**Příloha 8: Jedinec produkčního smrku - divize Plumlov**



**Příloha 9: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - zadání pro ASReml - výška**

```
!path 1
H ~ mu site mv !r mom

!PIN !DEFINE
F addvar 1*4
F resvar1 2
F phenvar 1+2
H herit 3 4
```

**Příloha 10: Produkční smrk - Lipník nad Bečvou - model 1 - výška**

--- Results from analysis of H ---

Source	Model	terms	Gamma	Component	Comp/SE	% C
mom	67	67	0.229641E-01	1.58065	2.28	0 P
Variance	1981	1936	1.000000	68.8314	30.58	0 P

Source of variation	wald	F	statistics
	NumDF		F-inc
8 mu	1		38169.51
2 site	2		5.73

	solution	Standard Error	T-value	T-prev
2 site				
2	-0.667714	0.460237	-1.45	
3	-1.55303	0.459691	-3.38	-1.90
8 mu				
1	48.2238	0.356294	135.35	
9 mv_estimates				
3 mom				





**Příloha 19: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - rozložení residuí - výška**

=== Residual statistics for lipnik\_stres.asr ===

```

*
*
*
**
**
**
***
***
***
***
***
****
****
*****
*****
*****
*****

```

\*

**Příloha 20: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 1 - výsledná analýza - výška**

- - - Results from analysis of H - - -

1	mom		14.2300				
2	Variance		369.466				
3	addvar	1	56.920		23.223		
4	resvar1	2	369.47		14.841		
5	phenvar	1	383.70		15.220		
	herit	= addvar	3/resvar1	4=		0.1541	0.0640

**Příloha 21: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - výška**

- - - Results from analysis of H - - -

Source	Model	terms	Gamma	Component	Comp/SE	% C
Residual	1340	1306				
mom	67	67	12.4667	12.4667	2.78	0 P
Variance	0	0	162.310	162.310	17.23	0 P
Variance	0	0	569.872	569.872	18.03	0 P

Source of Variation		wald F statistics	
		NumDF	F-inc
8	mu	1	6457.22
2	site	1	3.33

	solution	Standard Error	T-value	T-prev
2	site	1.92134	1.05302	1.82
8	mu	49.1893	0.662730	74.22

9	mv_estimates			32 effects fitted
3	mom			67 effects fitted







**Příloha 27: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - tloušťka kořenového krčku**

- - - Results from analysis of diam - - -

Source	Model	terms	Gamma	Component	Comp/SE	% C
Residual	1340	1305				
mom	67	67	0.511670	0.511670	2.92	0 P
Variance	0	0	7.50279	7.50279	17.38	0 P
Variance	0	0	12.7648	12.7648	17.88	0 P

Source of variation	wald F statistics	
	NumDF	F-inc
8 mu	1	8679.25
2 site	1	8.79

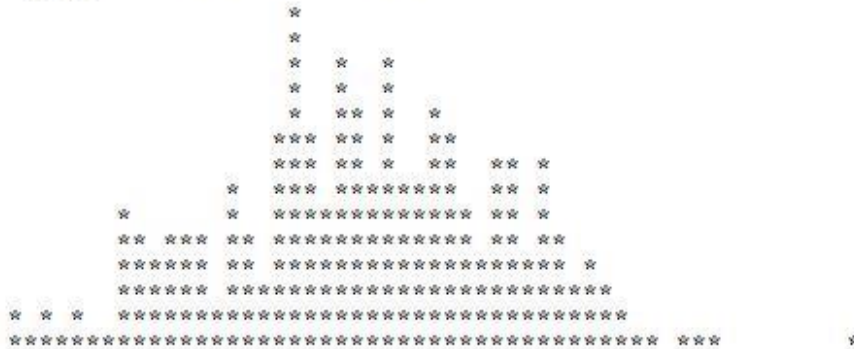
  

	Solution	Standard Error	T-value	T-prev
2 site	2	0.521077	0.175776	2.96
8 mu	1	11.1769	0.139054	80.38
9 mv_estimates			33 effects fitted	
3 mom			67 effects fitted	

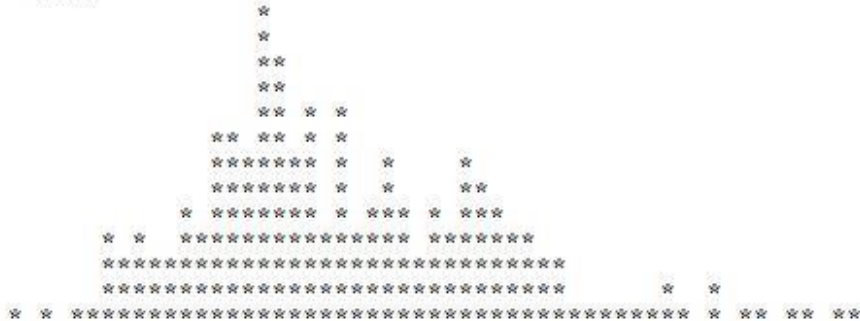
**Příloha 28: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - model 2 - rozložení residuí - tloušťka kořenového krčku**

==== Residual statistics for diam|====

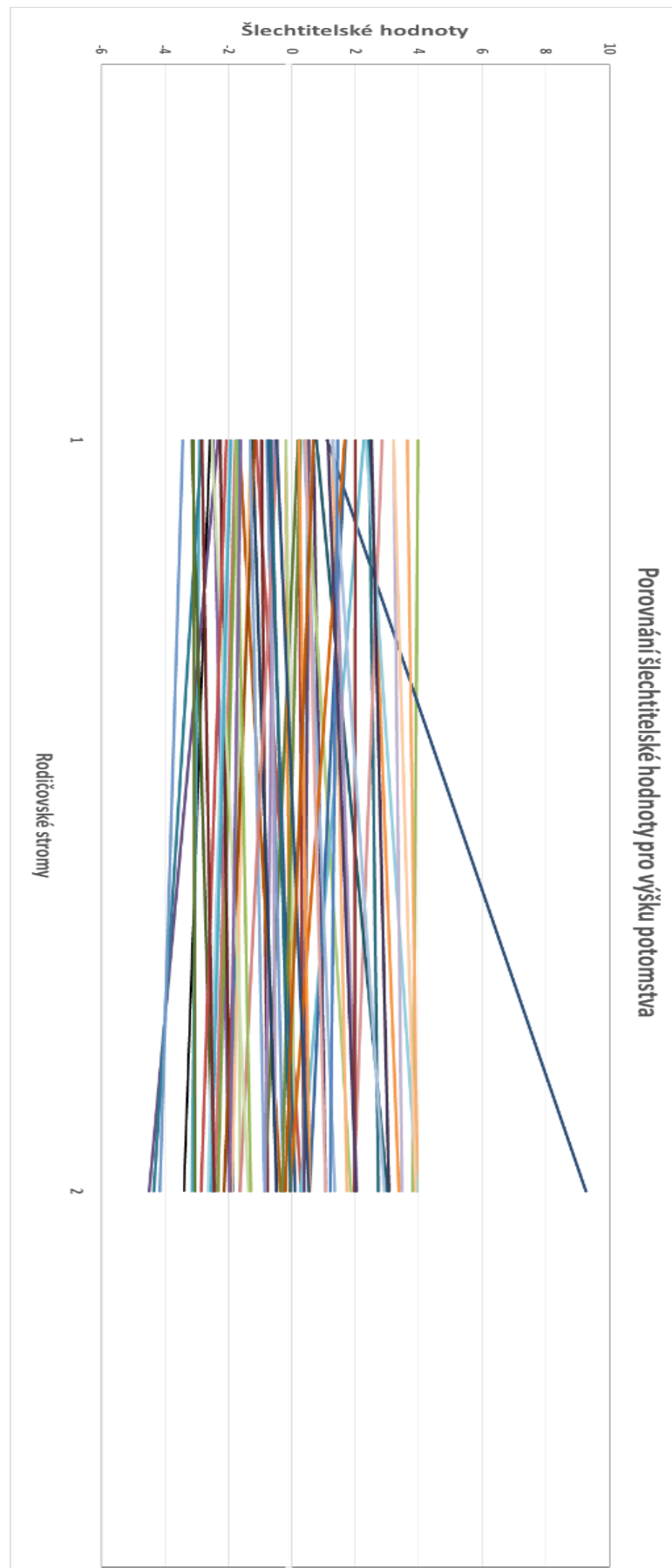
SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 1  
 -1.26  
 SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBar<sub>i</sub>) for section 1  
 -1.72



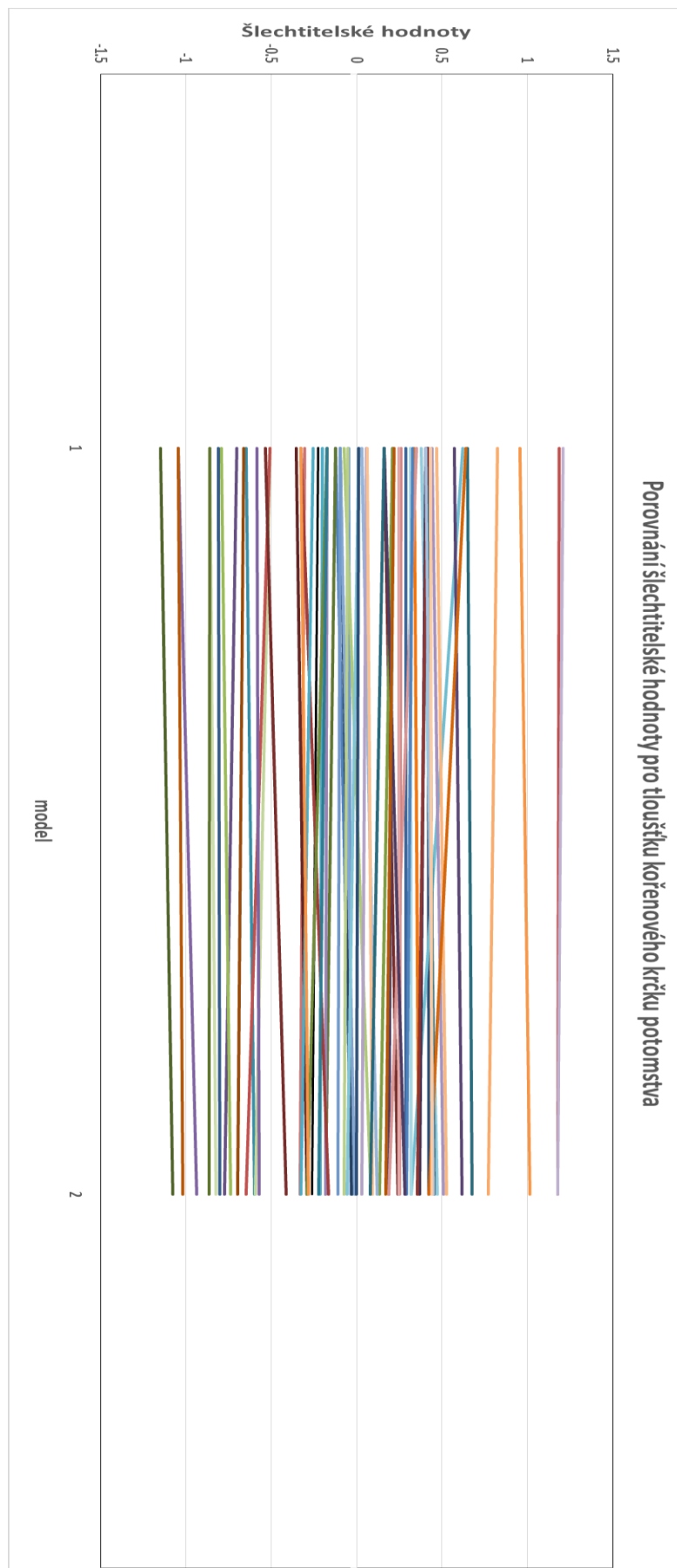
SLOPES FOR LOG(ABS(RES)) on LOG(PV) for section 2  
 -0.66  
 SLOPES FOR LOG(SDi) on LOG(PVBar<sub>i</sub>) for section 2  
 1.17



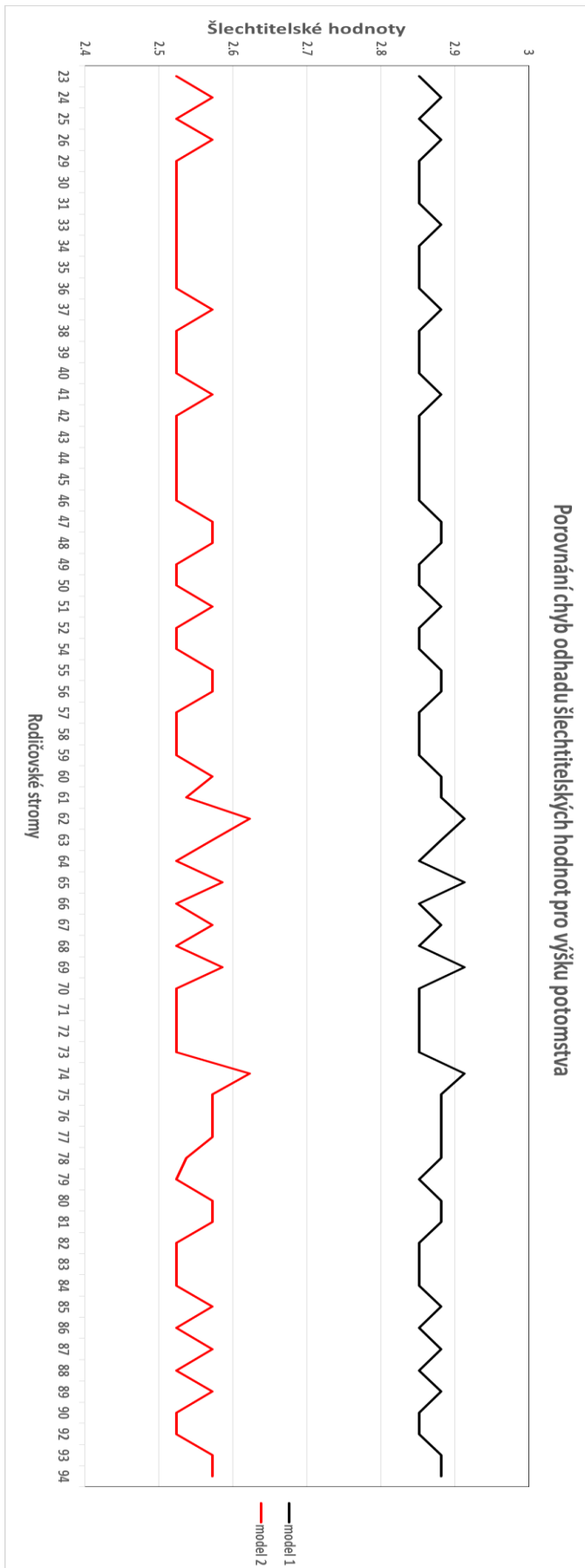
**Příloha 29: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou -  
všeobecná kombinační schopnost (GCA) - výška**



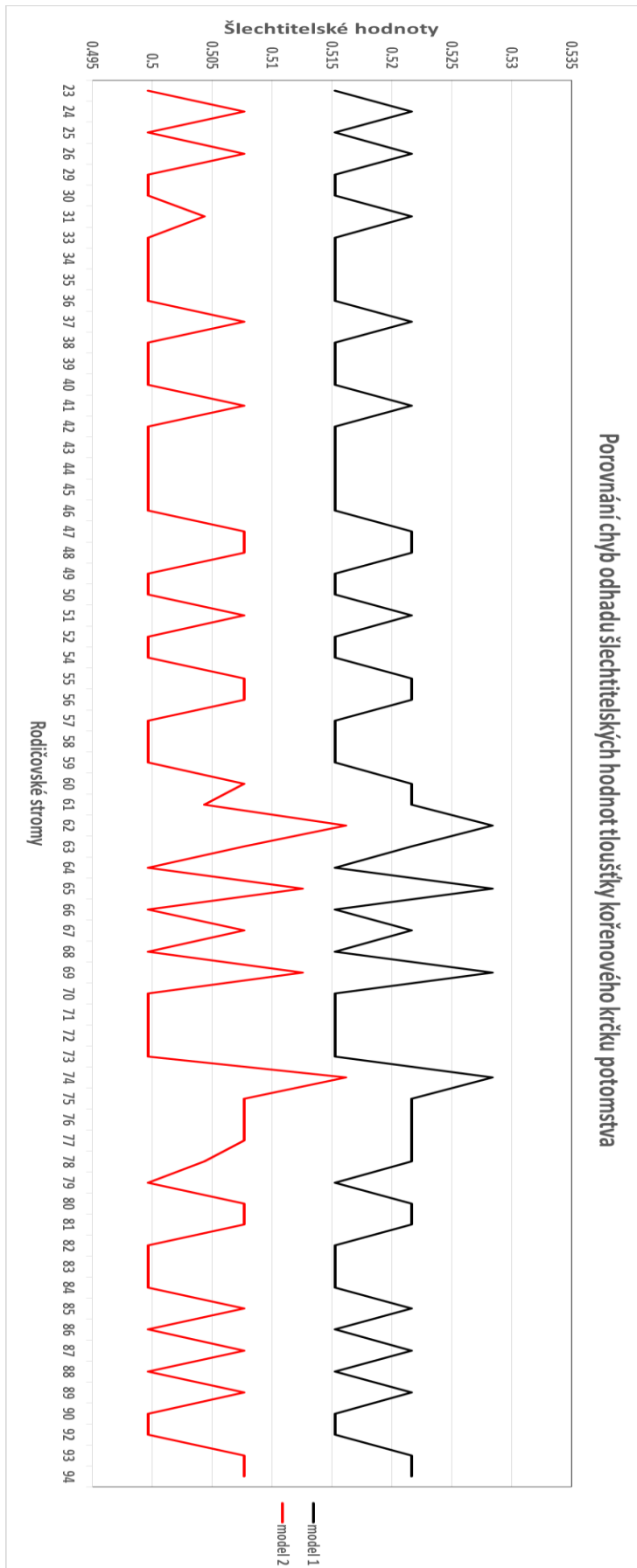
**Příloha 30: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - všeobecná kombinační schopnost (GCA) - tloušťka kořenového krčku**



**Příloha 31: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - střední chyba odhadu GCA - výška**



**Příloha 32: Stres-tolerantní smrk - Plumlov/Lipník nad Bečvou - střední chyba odhadu GCA - tloušťka kořenového krčku**



**Příloha 33: Příklad zjištěných hodnot na jedné ploše, které byly následně zpracovány programy MS Excel a ASReml**

ID	site	mom	row	column	height (cm)	diam (mm)
1	1	1	1	1	93	17
2	1	2	1	2	53	12
3	1	6	1	3	53	13
4	1	7	1	4	55	12
5	1	10	1	5	63	12
6	1	12	1	6	75	15
7	1	14	1	7	54	14
8	1	15	1	8	45	9
9	1	17	1	9	48	11
10	1	19	1	10	73	13
11	1	22	1	11	36	11
12	1	26	1	12	71	14
13	1	29	1	13	60	14
14	1	30	1	14	66	11
15	1	36	1	15	47	9
16	1	38	2	1	68	19
17	1	56	2	2	79	11
18	1	60	2	3	53	11
19	1	63	2	4	47	8
20	1	64	2	5	NA	NA
21	1	67	2	6	63	14
22	1	68	2	7	60	15
23	1	1	2	8	49	13
24	1	2	2	9	47	10
25	1	6	2	10	67	16
26	1	7	2	11	58	19
27	1	10	2	12	59	14
28	1	12	2	13	51	12
29	1	14	2	14	67	17
30	1	15	2	15	44	11
31	1	17	3	1	77	11
32	1	19	3	2	69	13
33	1	22	3	3	65	15
34	1	26	3	4	53	13
35	1	29	3	5	46	13
36	1	30	3	6	82	14
37	1	36	3	7	53	12
38	1	38	3	8	64	15
39	1	56	3	9	62	14
40	1	60	3	10	58	13



41	1	63	3	11	64	15
42	1	64	3	12	47	13
43	1	67	3	13	NA	NA
44	1	68	3	14	24	12
45	1	1	3	15	45	13
46	1	2	4	1	61	14
47	1	6	4	2	81	22
48	1	7	4	3	45	12
49	1	10	4	4	50	11
50	1	12	4	5	69	16
51	1	14	4	6	61	15
52	1	15	4	7	80	16
53	1	17	4	8	72	16
54	1	19	4	9	75	17
55	1	22	4	10	63	12
56	1	26	4	11	73	17
57	1	29	4	12	46	17
58	1	30	4	13	43	15
59	1	36	4	14	64	13
60	1	38	4	15	49	12
61	1	56	5	1	47	10
62	1	60	5	2	33	17
63	1	63	5	3	66	12
64	1	64	5	4	46	15
65	1	67	5	5	61	14
66	1	68	5	6	76	14
67	1	1	5	7	59	17
68	1	2	5	8	82	16
69	1	6	5	9	86	16
70	1	7	5	10	71	17
71	1	10	5	11	NA	NA
72	1	12	5	12	55	15
73	1	14	5	13	47	14
74	1	15	5	14	57	15
75	1	17	5	15	43	13
76	1	19	6	1	66	14
77	1	22	6	2	68	16
78	1	26	6	3	77	14
79	1	29	6	4	55	15
80	1	30	6	5	53	14
81	1	36	6	6	55	10
82	1	38	6	7	102	19
83	1	56	6	8	72	15
84	1	60	6	9	56	16
85	1	63	6	10	61	10

86	1	64	6	11	66	15
87	1	67	6	12	56	13
88	1	68	6	13	57	15
89	1	1	6	14	28	8
90	1	2	6	15	65	16
91	1	6	7	1	NA	NA
92	1	7	7	2	79	15
93	1	10	7	3	67	13
94	1	12	7	4	57	11
95	1	14	7	5	56	12
96	1	15	7	6	82	16
97	1	17	7	7	57	20
98	1	19	7	8	92	16
99	1	22	7	9	67	17
100	1	26	7	10	41	8
101	1	29	7	11	56	17
102	1	30	7	12	50	11
103	1	36	7	13	38	12
104	1	38	7	14	56	17
105	1	56	7	15	24	8
106	1	60	8	1	47	12
107	1	63	8	2	35	7
108	1	64	8	3	52	10
109	1	67	8	4	56	13
110	1	68	8	5	83	18
111	1	1	8	6	44	8
112	1	2	8	7	61	15
113	1	6	8	8	62	15
114	1	7	8	9	58	16
115	1	10	8	10	53	11
116	1	12	8	11	68	13
117	1	14	8	12	33	10
118	1	15	8	13	60	14
119	1	17	8	14	63	15
120	1	19	8	15	NA	NA
121	1	22	9	1	55	17
122	1	26	9	2	75	16
123	1	29	9	3	57	11
124	1	30	9	4	56	15
125	1	36	9	5	82	15
126	1	38	9	6	54	12
127	1	56	9	7	71	16
128	1	60	9	8	75	13
129	1	63	9	9	70	13
130	1	64	9	10	46	9

131	1	67	9	11	35	12
132	1	68	9	12	69	15
133	1	1	9	13	66	14
134	1	2	9	14	40	13
135	1	6	9	15	76	15
136	1	7	10	1	58	12
137	1	10	10	2	63	14
138	1	12	10	3	62	13
139	1	14	10	4	49	13
140	1	15	10	5	54	12
141	1	17	10	6	35	14
142	1	19	10	7	45	9
143	1	22	10	8	69	17
144	1	26	10	9	45	13
145	1	29	10	10	55	14
146	1	30	10	11	49	12
147	1	36	10	12	57	12
148	1	38	10	13	71	16
149	1	56	10	14	48	14
150	1	60	10	15	45	11
151	1	63	11	1	53	13
152	1	64	11	2	70	17
153	1	67	11	3	60	11
154	1	68	11	4	52	15
155	1	1	11	5	70	14
156	1	2	11	6	86	15
157	1	6	11	7	84	15
158	1	7	11	8	60	16
159	1	10	11	9	59	14
160	1	12	11	10	85	16
161	1	14	11	11	52	13
162	1	15	11	12	53	13
163	1	17	11	13	43	13
164	1	19	11	14	50	12
165	1	22	11	15	62	14
166	1	26	12	1	60	18
167	1	29	12	2	61	16
168	1	30	12	3	60	14
169	1	36	12	4	55	16
170	1	38	12	5	70	15
171	1	56	12	6	53	10
172	1	60	12	7	74	13
173	1	63	12	8	77	14
174	1	64	12	9	NA	NA
175	1	67	12	10	53	14

176	1	68	12	11	70	13
177	1	1	12	12	49	10
178	1	2	12	13	69	17
179	1	6	12	14	88	16
180	1	7	12	15	69	16
181	1	10	13	1	65	14
182	1	12	13	2	72	13
183	1	14	13	3	55	12
184	1	15	13	4	57	18
185	1	17	13	5	60	13
186	1	19	13	6	63	15
187	1	22	13	7	60	14
188	1	26	13	8	46	12
189	1	29	13	9	58	12
190	1	30	13	10	51	12
191	1	36	13	11	43	12
192	1	38	13	12	74	15
193	1	56	13	13	45	12
194	1	60	13	14	66	17
195	1	63	13	15	88	17
196	1	64	14	1	70	11
197	1	67	14	2	71	13
198	1	68	14	3	56	14
199	1	1	14	4	59	16
200	1	2	14	5	109	19
201	1	6	14	6	80	15
202	1	7	14	7	70	15
203	1	10	14	8	76	16
204	1	12	14	9	61	14
205	1	14	14	10	57	13
206	1	15	14	11	48	13
207	1	17	14	12	60	13
208	1	19	14	13	71	15
209	1	22	14	14	54	14
210	1	26	14	15	63	14
211	1	29	15	1	56	12
212	1	30	15	2	81	12
213	1	36	15	3	70	17
214	1	38	15	4	64	12
215	1	56	15	5	79	16
216	1	60	15	6	55	17
217	1	63	15	7	71	16
218	1	64	15	8	70	14
219	1	67	15	9	97	20
220	1	68	15	10	56	20

221	1	1	15	11	34	10
222	1	2	15	12	59	14
223	1	6	15	13	47	13
224	1	7	15	14	70	17
225	1	10	15	15	31	11
226	1	12	16	1	91	13
227	1	14	16	2	57	18
228	1	15	16	3	78	17
229	1	17	16	4	67	10
230	1	19	16	5	54	15
231	1	22	16	6	53	14
232	1	26	16	7	66	17
233	1	29	16	8	68	17
234	1	30	16	9	56	13
235	1	36	16	10	49	15
236	1	38	16	11	61	15
237	1	56	16	12	60	14
238	1	60	16	13	60	14
239	1	63	16	14	43	10
240	1	64	16	15	62	12
241	1	67	17	1	67	13
242	1	68	17	2	60	15
243	1	1	17	3	42	14
244	1	2	17	4	42	8
245	1	6	17	5	65	13
246	1	7	17	6	38	7
247	1	10	17	7	64	15
248	1	12	17	8	64	15
249	1	14	17	9	70	20
250	1	15	17	10	72	13
251	1	17	17	11	64	14
252	1	19	17	12	61	13
253	1	22	17	13	79	15
254	1	26	17	14	60	14
255	1	29	17	15	63	16
256	1	30	18	1	84	13
257	1	36	18	2	86	17
258	1	38	18	3	74	7
259	1	56	18	4	74	17
260	1	60	18	5	70	14
261	1	63	18	6	73	10
262	1	64	18	7	82	17
263	1	67	18	8	50	25
264	1	68	18	9	76	17
265	1	1	18	10	51	15

266	1	2	18	11	64	10
267	1	6	18	12	50	13
268	1	7	18	13	51	10
269	1	10	18	14	59	13
270	1	12	18	15	69	12
271	1	14	19	1	45	11
272	1	15	19	2	77	17
273	1	17	19	3	54	14
274	1	19	19	4	84	15
275	1	22	19	5	67	14
276	1	26	19	6	64	13
277	1	29	19	7	54	12
278	1	30	19	8	62	15
279	1	36	19	9	82	18
280	1	38	19	10	56	16
281	1	56	19	11	64	15
282	1	60	19	12	48	14
283	1	63	19	13	54	12
284	1	64	19	14	54	13
285	1	67	19	15	57	14
286	1	68	20	1	76	13
287	1	1	20	2	98	20
288	1	2	20	3	58	12
289	1	6	20	4	86	14
290	1	7	20	5	67	12
291	1	10	20	6	88	15
292	1	12	20	7	82	14
293	1	14	20	8	54	18
294	1	15	20	9	72	16
295	1	17	20	10	58	12
296	1	19	20	11	66	11
297	1	22	20	12	69	14
298	1	26	20	13	64	13
299	1	29	20	14	36	10
300	1	30	20	15	39	10
301	1	36	21	1	68	16
302	1	38	21	2	96	20
303	1	56	21	3	67	15
304	1	60	21	4	50	13
305	1	63	21	5	57	14
306	1	64	21	6	83	15
307	1	67	21	7	56	13
308	1	68	21	8	59	17
309	1	1	21	9	74	17
310	1	2	21	10	88	15

311	1	6	21	11	50	13
312	1	7	21	12	67	16
313	1	10	21	13	60	11
314	1	12	21	14	23	8
315	1	14	21	15	49	11
316	1	15	22	1	60	12
317	1	17	22	2	60	15
318	1	19	22	3	62	15
319	1	22	22	4	72	20
320	1	26	22	5	71	15
321	1	29	22	6	43	9
322	1	30	22	7	61	16
323	1	36	22	8	NA	NA
324	1	38	22	9	67	15
325	1	56	22	10	79	11
326	1	60	22	11	48	10
327	1	63	22	12	59	15
328	1	64	22	13	75	17
329	1	67	22	14	81	15
330	1	68	22	15	82	15
331	1	1	23	1	40	11
332	1	2	23	2	98	15
333	1	6	23	3	76	18
334	1	7	23	4	66	15
335	1	10	23	5	64	13
336	1	12	23	6	84	14
337	1	14	23	7	60	12
338	1	15	23	8	81	14
339	1	17	23	9	73	16
340	1	19	23	10	75	14
341	1	22	23	11	58	14
342	1	26	23	12	67	17
343	1	29	23	13	41	9
344	1	30	23	14	61	13
345	1	36	23	15	88	15
346	1	38	24	1	81	17
347	1	56	24	2	78	15
348	1	60	24	3	62	13
349	1	63	24	4	86	17
350	1	64	24	5	70	16
351	1	67	24	6	66	15
352	1	68	24	7	65	13
353	1	1	24	8	52	13
354	1	2	24	9	77	19
355	1	6	24	10	97	20

356	1	7	24	11	74	21
357	1	10	24	12	37	12
358	1	12	24	13	NA	NA
359	1	14	24	14	55	12
360	1	15	24	15	68	13
361	1	17	25	1	60	15
362	1	19	25	2	93	14
363	1	22	25	3	74	15
364	1	26	25	4	62	14
365	1	29	25	5	54	17
366	1	30	25	6	29	16
367	1	36	25	7	56	14
368	1	38	25	8	73	15
369	1	56	25	9	67	17
370	1	60	25	10	48	10
371	1	63	25	11	73	15
372	1	64	25	12	66	17
373	1	67	25	13	63	15
374	1	68	25	14	88	16
375	1	1	25	15	61	17
376	1	2	26	1	83	15
377	1	6	26	2	62	15
378	1	7	26	3	46	15
379	1	10	26	4	72	16
380	1	12	26	5	NA	NA
381	1	14	26	6	62	15
382	1	15	26	7	63	15
383	1	17	26	8	60	12
384	1	19	26	9	74	16
385	1	22	26	10	57	14
386	1	26	26	11	58	19
387	1	29	26	12	NA	NA
388	1	30	26	13	57	16
389	1	36	26	14	57	14
390	1	38	26	15	63	14
391	1	56	27	1	80	16
392	1	60	27	2	75	17
393	1	63	27	3	78	12
394	1	64	27	4	57	15
395	1	67	27	5	54	10
396	1	68	27	6	59	13
397	1	1	27	7	66	15
398	1	2	27	8	95	16
399	1	6	27	9	77	16
400	1	7	27	10	59	14



401	1	10	27	11	32	14
402	1	12	27	12	65	13
403	1	14	27	13	48	13
404	1	15	27	14	55	13
405	1	17	27	15	53	15
406	1	19	28	1	95	16
407	1	22	28	2	86	15
408	1	26	28	3	59	15
409	1	29	28	4	63	16
410	1	30	28	5	45	9
411	1	36	28	6	44	9
412	1	38	28	7	NA	NA
413	1	56	28	8	52	11
414	1	60	28	9	64	12
415	1	63	28	10	59	15
416	1	64	28	11	70	15
417	1	67	28	12	67	14
418	1	68	28	13	82	16
419	1	1	28	14	64	16
420	1	2	28	15	57	17
421	1	6	29	1	72	13
422	1	7	29	2	78	13
423	1	10	29	3	66	15
424	1	12	29	4	50	11
425	1	14	29	5	54	11
426	1	15	29	6	60	15
427	1	17	29	7	69	18
428	1	19	29	8	70	13
429	1	22	29	9	70	15
430	1	26	29	10	62	14
431	1	29	29	11	54	12
432	1	30	29	12	60	15
433	1	36	29	13	52	13
434	1	38	29	14	68	15
435	1	56	29	15	64	14
436	1	60	30	1	65	16
437	1	63	30	2	69	16
438	1	64	30	3	77	13
439	1	67	30	4	54	13
440	1	68	30	5	65	13