

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



# **DISERTAČNÍ PRÁCE**

## **OPTIMALIZACE ZKUSNÝCH PLOCH PRO INVENTARIZACI LESŮ**

Studijní obor: Hospodářská úprava lesa  
Školitel: prof. Ing. Jan Kouba, CSc

**Ing. Lenka Lehnerová**

**Praha 2008**

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

.....

**Poděkování:**

Nejprve bych chtěla poděkovat svému školiteli prof. Ing. Janu Koubovi, CSc za vedení, odbornou pomoc a cenné připomínky.

Dále děkuji Prof.Dr. Joachimů Saborowskému a Prof.Dr.Dr.h.c. Bronislavu Slobodovi za milé přijetí a odborné vedení po dobu mého studijního pobytu na Lesnické fakultě v Göttingenu.

Nakonec děkuji své rodině a svým přátelům za podporu, pochopení a toleranci.

## Anotace

V roce 2004 bylo ukončeno venkovní měření 1. cyklu Národní inventarizace lesů České republiky. Od té doby byly prezentovány celkové i dílčí výsledky. Ve své práci se zabývám obecně optimalizací zkusných ploch pro inventarizaci lesů a využití těchto ploch resp. dat k jiným projektům a následným cyklům inventarizace lesů. Teoreticky i prakticky jsou rozebrány možné typy zkusných ploch a způsoby náhodných výběrů: prostý náhodný výběr, stratifikovaný výběr, skupinový výběr, dvoustupňový a dvoufázový výběr. Pro výpočty byla využita data Národní inventarizace lesů ČR z Karlovarského kraje, Jihočeského a Krušných hor a data dodatečně změřená na Krušných horách. Pomocí výpočtů demonstruji použité metody výběru a zpracování dat a navrhuji některá zlepšení pro další cyklus Národní inventarizace lesů, byť v obecnější ;.

## Resume

The first cycle of the National Forest Inventory in the Czech Republic was completed in the year 2004. Since the general and partial results have been presented. My work deals generally with the optimization of sample plots for the forest inventory and with using these plots or data also for other projects and successive cycles of inventory of forest. Possible types of inventory plots and ways of random sample are analysed: simple random sample, stratified sample cluster sample, two-stage and two-phase sample. For calculations the data from the National Forest Inventory were utilized, concretely from the Karlovarsky, Jihočesky region and Krušné hory and also the data additionally measured in Krušné hory. With the help of calculations the used methods of random sample and data processing are demonstrated and some improvements for another cycle of the National Forest Inventory is suggested, but in a more general way.

## Obsah:

1. Úvod.....	3
2. Rozbor problematiky .....	6
2.1. Historie .....	6
2.2. Metody celoplošné (národní) inventarizace .....	7
2.3. Metodické principy výběrové velkoplošné inventarizace a monitoringu ...	8
2.3.1. Definice základního souboru .....	9
2.3.2. Volba informačního spektra .....	9
2.3.3. Volba výběrové jednotky.....	9
2.3.3.1. Typ zkusné jednotky .....	9
2.3.3.2. Tvar zkusné jednotky.....	9
2.3.3.3. Velikost zkusné jednotky .....	11
2.3.4. Rozhodnutí o výběrovém schématu .....	13
2.3.5. Zabezpečení porovnatelnosti výsledků při opakovaných periodických měřeních.....	14
2.3.6. Vhodný algoritmus pro zpracování dat a hodnocení výsledků.....	15
2.4. Hlavní druhy pravděpodobnostních výběrů .....	16
2.4.1. Prostý náhodný výběr .....	17
2.4.2. Stratifikovaný (oblastní) výběr .....	21
2.4.2.1. Proporcionální rozvržení výběru do oblastí.....	23
2.4.2.2. Optimální rozvržení do oblastí .....	23
2.4.2.3. Optimální rozvržení s ohledem na náklady .....	23
2.4.3. Skupinový výběr .....	24
2.4.4. Dvoustupňový výběr .....	27
2.4.5. Dvoufázový výběr (dvojitý výběr) .....	28
2.5. Národní inventarizace ve světě .....	31
2.5.1. Švédsko.....	31
2.5.2. Německo .....	33
3. Zhodnocení stávající sítě Národní inventarizace lesů ČR.....	37
3.1. Základní pojmy NIL ČR.....	37
3.2. Základní soubor a základní statistické jednotky.....	40
3.2.1. Dvojplocha.....	42
3.2.1.1. Ověření nezávislosti ploch v rámci dvojplochy .....	42
3.2.2. Plocha.....	44
3.2.3. Podplocha.....	47
3.2.4. Kruhy .....	47
3.2.5. Stromy .....	48
3.3. Velikost plochy.....	48
3.4. Počty ploch .....	57
3.5. Praktické poznámky k informačnímu spektru a jednotlivým výběrovým jednotkám .....	61
3.6. Příklady výpočtů – srovnání metod výběru .....	65
4. Využití stávajících dat pro další projekty .....	71
4.1. Projekt Vliv zvěře na lesní ekosystém Krušných hor .....	71
4.2. Posouzení škod způsobených zvěří v oboře Fláje.....	73
4.2.1. Porovnání s celkovou oblastí Krušných hor.....	74
4.2.2. Dynamika škod zvěří v oboře Fláje.....	80
4.3. Výsledky inventarizace lesů ČR aplikovány na biotopy soustavy Natura 2000 .....	81

5. Opakovaná měření a návrhy zlepšení pro 2. cyklus inventarizace v ČR.....	85
5.1. Opakované měření .....	85
5.1.1. Výpočet změny hektarových počtů obnovy při opakovaném šetření v Krušných horách.....	86
5.2. Zlepšení odhadu výsledků použitím předchozího měření.....	87
5.2.1. Částečná výměna výběrového souboru – praktický příklad.....	88
5.3. Rozšíření dosavadního měření.....	89
5.3.1. Schématické doplnění .....	89
5.3.2. Doplnění sítě rovnoměrně na jednotlivých vystratifikovaných územních celcích .....	91
5.3.3. Dvoufázová inventarizace.....	92
5.4. Další cyklus Národní inventarizace lesů .....	92
6. Závěr .....	94
7. Použitá literatura .....	96

## 1. Úvod

Na začátku každého empirického zkoumání stojí otázky: Co chci vědět, jak přesně to chci vědět a proč to chci vědět? Odpovědi na tyto otázky určují další přístup k celému problému. Jakou veličinu, stav, vztah chci šetřením získat, s jakou přesností chci určit výsledek a jaké využití bude mít. Přesným definováním odpovědí na tyto tři otázky uděláme první krok k naplánování nejvhodnějšího postupu měření.

V hospodářství obecně a také v lesním hospodářství představuje částečná znalost normální případ. Úplné poznání problému se uskutečňuje zřídka, většinou se jedná o náhodný výběr. Zásoby dřeva v jednotlivých státech či regionech s intenzivním lesním hospodářstvím jsou většinou odhadnuty na základě výnosových tabulek. Také určení zásoby porostu se uskutečňuje odhadem, celoplošné svěřování bývá relativně výjimkou. Výšky v porostu jsou vždy určovány odhadem z dat několika málo změřených stromů.

Velkoplošná inventarizace a monitoring stavu lesa se týkají většího souboru porostů a větších územních celků. V mnoha státech Evropy se provádí na národní úrovni, jako nezávislé šetření, jehož výsledek by měl sloužit jako podklad pro dlouhodobé plánování v lesním hospodářství a také jako nezávislá kontrola hospodaření a stavu v lesích.

Požadované informace o stavu lesa ve větších prostorových a organizačních jednotkách lze získat různými způsoby. V minulosti na území České republiky probíhaly inventarizace lesů, které vycházely z dat LHP. Jednalo se o sumarizaci existujících údajů o jednotlivých porostech tzv. kompilační metoda.

V České republice proběhla Národní inventarizace lesů přímým měřením náhodně vybraných zkusných ploch poprvé a to v letech 2001 – 2004, přípravu na celý projekt provedla firma IFER Jílové u Prahy a samotné měření ÚHÚL Brandýs nad Labem. Vyhodnocení a následná diskuze jsou stále aktuální a jsou předmětem zájmu odborné i laické veřejnosti.

Počtem zjišťovaných údajů přímo na inventarizačních plochách zaujímá ČR přední místo mezi zeměmi Evropy. Systém inventarizace lesů musí být efektivní a statisticky zdůvodnitelný. Inventarizace lesů musí mít zároveň dynamickou strukturu, která umožní případné změny. Celý systém je založen na

navazujících měřeních v určitých časových intervalech na stejných plochách. Řada opakovaných a vzájemně provázaných šetření je základem pro stanovení vývojových trendů (jako je růst či pokles porostních zásob, běžný přírůst lesa, vývoj druhovo skladby lesa, apod.).

Nejen na národní úrovni se v lesnictví uplatňují statisticko-matematické metody, ale je také vyvíjena hospodářská inventarizace, která by měla být ekvivalentem lesních hospodářských plánů. Při současné tendenci k rozvolňování hranic porostů a snaze pěstovat víceetážové porosty by tyto metody mohly najít širší uplatnění. Intenzivně se provozní inventarizací zabývají např. v Německu v Dolním Sasku (Niedersächsisches Forstplanungsamt ve spolupráci s Lesnickou fakultou Univerzity v Göttingenu). V České republice metodu provozní inventarizace zatím představila firma IFER v Národním parku Podyjí. Je ovšem třeba říci, že sami lesníci se staví k této metodě spíše záporně.

Tato práce se zabývá inventarizací lesa z hlediska zkusných ploch, výběrového schématu, následnými metodami statistického zpracování a optimalizace. Pro praktické ukázky je použito většinou části dat z Národní inventarizace lesů (2001 – 2004) a to převážně za Karlovarský kraj a Jihočeský kraj. Databázi jsem dostala k dispozici v roce 2005, od té doby proběhly v datech některé úpravy, které nejsou v této práci zohledněny, a data nemohou být proto považována za směrodatná, ale pouze orientační.

Optimalizace je proces výběru nejlepší možné varianty z množství možných jevů. Předmětem této práce je optimalizace zkusné plochy inventarizace lesů. Jelikož již proběhl první cyklus NIL ČR, pak musí nalezení optima vycházet z již daného schématu. Pokouším se tedy v této práci kriticky zhodnotit daný stav a navrhnout změny k zlepšení dalších měření, ať už to bude následný cyklus nebo projekty vycházející z 1. cyklu NIL (tj. využívající informace šetřené v NIL ČR).

Neopomenutelným hlediskem optimalizace jsou náklady na šetření. Využití nákladových funkcí pro optimalizaci jsou zmíněny pouze v teoretické rovině, protože konkrétní hodnoty a vyčíslení jsou mimo dosah mých možností. Rozhodnutí o opakovaném měření dosud nepadlo, ale je předmětem diskuzí.



Většina států Evropy už celoplošnou inventarizaci zavedla jako cyklickou nebo s opakováním do budoucna počítá. Výhody plynoucí z opakovaného měření předčí samostatná měření, proto předpokládám, že celoplošná inventarizace se bude u nás opakovat nejpozději po deseti letech.

Výsledky mé vlastní práce jsou uvedeny v kapitolách 3.,4. a 5. K výpočtům bylo použito metodiky zpracování dat pro NIL ČR podle doc. J. Zacha a dále metody výpočtů uvedené v kapitole 2.

## 2. Rozbor problematiky

### 2.1. Historie

Pokud bylo dřevo v nadbytku a nepředstavovalo velkou finanční hodnotu, nebylo potřeba dřevo měřit a inventarizovat. Teprve ve 14. – 15. století byly prováděny první „inventarizace“ v Rakousku, v Harzu a okolí Norimberku a sice okulárním odhadem a počítáním stromů různých dimenzí. Měření celého porostu se omezovalo pouze na malé a velmi cenné porosty. Teprve po definování matematicko-statistických základů byla k dispozici metoda „částečného měření“ (Hartig, 1795; Schultheiss, 1783; Pfeil, 1820). Její použití namísto plného měření bylo dlouho sporné.

V roce 1891 položil německý lesník *Zetsche*, bez znalosti matematicko-statistické teorie, základy pro objektivní metodu zkusných ploch. Pravidla, která vyslovil, jsou dodnes platná. Doporučoval například volit jednotky podle rozrůzněnosti porostu (stratifikace), umístit jednotky pro každý stupeň rozrůzněnosti zvlášť (homogenita) a rovnoměrně (systematický výběr) atd. Tyto Zetschovi návrhy upadly v následujících letech v zapomnění. Důvodem byl časný rozvoj výnosových tabulek. Výnosové tabulky s okulárním odhadem zakmenění a druhového složení a plné vysvěrkování některých cenných porostů vytlačily náhodný výběr na dlouhou dobu z lesnické praxe. V zemích severní Evropy a severní Ameriky byly naproti tomu právě metody náhodného výběru pro rozsáhlé lesnaté oblasti vyvíjeny a v praxi používány.

Rozvoj metod v těchto oblastech, především ve skandinávských zemích, ovlivnil od třicátých let vývoj lesnictví především v německy mluvících zemích. Němečtí výzkumníci *Krutz* a *Loesch* vypracovali v třicátých letech minulého století metodu náhodného výběru na matematicko-statistické bázi pro lesnictví.

Po druhé světové válce se tyto metody dále rozvíjely. Velkou zásluhu na tom měly: stoupající požadavky na informace o lesích Asie, Afriky a Ameriky; rozvoj matematicko-statistických metod náhodného výběru (relaskopická metoda, PPP, PPS, vícefázové a vícestupňové metody náhodného výběru, permanentní zkusné plochy atd.); rozvoj informačních technologií (zpracování

velkého množství dat počítačem, databázové programy atd.) a v neposlední řadě rozvoj na poli dálkového průzkumu země (letecké a satelitní snímky).

## 2.2. Metody celoplošné (národní) inventarizace

V podstatě jde celoplošné inventarizace rozdělit do dvou základních skupin: inventarizace získané sumarizací existujících dat a přímým zjišťováním pomocí konkrétní metody v terénu.

První metoda se nazývá kompilační a její podstatou je využití už stávajících informací nejčastěji z lesní evidence a hlavně lesních hospodářských plánů. V ČR se tato metoda používala pro jednotlivá desetiletí a v době počítačů je to v podstatě nenáročná metoda.

Výhody:

- využití stávajících databází o lese
- žádné dodatečné zjišťování
- jednoduchost
- nízké finanční náklady
- možnost vytváření souhrnů pro menší územní celky a prostorové jednotky

lesa

Nevýhody:

- rozdílná časová aktuálnost (prakticky rozptyl 10 let)
- rozdílné způsoby zjišťování (průměrkování, růstové tabulky, odhady, relask. plochy atd.)
- neznámá výsledná přesnost
- nemožnost aktualizovat všechny veličiny

Metoda celoplošného měření se na národní úrovni uplatňuje v mnoha státech (většina států Evropy už má změřený alespoň jeden cyklus národní inventarizace). Jako první zavedli tuto metodu celoplošné inventarizace ve skandinávských státech a na jejich zkušenostech se vyvíjela inventarizace do dnešní podoby. Vlastní schéma a metodika jsou v jednotlivých státech značně rozdílné.

Výhody:

- data jsou časově srovnatelná (je důležité u veličin, které se rychle mění v čase, např. zdravotní stav porostů, přirozená obnova – semenné roky viz. dále).
- způsob zjišťování je jednotný
- známe výslednou přesnost
- vyhodnocení vývoje jednotlivých veličin při opakovaném měření

Nevýhody:

- vyšší finanční náklady
- nižší přesnost pro menší územní celky

### **2.3. Metodické principy výběrové velkoplošné inventarizace a monitoringu**

1) definice základního souboru - objekt, pro který se mají výsledky zevšeobecnit

2) volba informačního spektra

3) volba výběrové jednotky - výběrovou jednotkou může být bod, linie, plocha nebo jejich kombinace (trakt). Důležitá je velikost a v případě ploch také tvar.

4) rozhodnutí o výběrovém schématu (počet a rozmístění výběrových jednotek)

5) zabezpečení porovnatelnosti výsledků při opakovaných periodických měřeních

6) vypracování vhodného algoritmu pro zpracování dat a hodnocení výsledků

(Šmelko, *Dendrometria*, str. 365)

Dále k jednotlivým bodům podrobněji.

### **2.3.1. Definice základního souboru**

Celá populace je rozdělena na jednotky, které tvoří základní soubor. Ze základního souboru jsou pak vybírány jednotky, které tvoří výběrový soubor.

### **2.3.2. Volba informačního spektra**

Všechny zjišťované veličiny. Liší se podle požadavků a přírodních podmínek jednotlivých států. Většinou ale není opomenuta lesnatost, zásoba a hlavní dendrometrické veličiny.

### **2.3.3. Volba výběrové jednotky**

U výběrové jednotky můžeme rozlišit typ, tvar a velikost.

#### **2.3.3.1. Typ zkusné jednotky**

Je třeba se zmínit, že zkusnou jednotkou nemusí být pouze plocha, ale také bod a transekt (linie). Bod je většinou střed zkusné plochy a je uplatňován hlavně v prvních fázích inventarizace, v přípravné fázi např. nad leteckými nebo satelitními snímky.

Transekt je vektor, spojnice dvou bodů, na kterém se zjišťují speciální charakteristiky. Mohou to být hranice jednotlivých porostů, hranice lesa, liniové stavby atd.

Transekty většinou spojují jednotlivé plochy a vytváří tím různé soustavy. V České republice v Národní inventarizaci lesů transekt spojuje dvě zkusné plochy a je 300 m dlouhý.

#### **2.3.3.2. Tvar zkusné jednotky**

V praxi se nejčastěji používají plochy kruhové, čtvercové a obdélníkové. Zvláštní formou jsou pásové zkusné plochy používané především v těžko přístupných oblastech.

V současné době, při vývoji přístrojového vybavení a použití terénních počítačů, ztrácí tvar plochy na významu. Jsou zachyceny přesné pozice stromů a při jejich zaměřování je použito geodetického polygonu.

#### Kruhové zkusné plochy

V současnosti nejpoužívanější v celosvětovém měřítku. Kruhových zkusných ploch bylo použito při Inventarizaci lesů ČR a to v podobě soustavy tří zkusných kruhových ploch s jedním středem.

#### Výhody:

- dají se přesně v terénu vytyčit (trvale se fixuje pouze jeden bod – střed)
- při stejné výměře v porovnání s ostatními tvar např. čtvercový nebo obdélníkovým mají kratší obvod a tím i méně hraničních stromů
- přehledné ze středu plochy
- snadná aplikace matematicko-statistických metod

#### Nevýhody:

- v příkrém terénu se vytyčuje obtížně
- kruhová hranice nelze viditelně po celém obvodu vytyčit (např. při odhadu pokrývnosti rostlin)
- kruhovými zkusnými plochami nelze souvisle pokrýt určité území (bez překryvů nebo nedokryvů) – tzn. populace nelze jednoduše rozdělit na základní jednotky. V praxi se obchází plošným přepočtem tj. zanedbáním tvaru plochy.

#### Čtvercové a obdélníkové zkusné plochy

#### Výhody:

- ukotvením rohů získáme i bez přístrojového vybavení a bez pásma přehled o celé ploše

#### Nevýhody:

- při fixaci pouze jednoho z rohů hrozí nepřesné vytáčení při následném měření

### Pásové zkusné plochy

Pásové zkusné plochy patří mezi nejstarší druhy zkusných ploch. Používaly se už v polovině 19. století a od r. 1990 se staly známe na celém světě zásluhou skandinávských zemí, kde se používaly při permanentních celostátních inventarizacích lesa. Velké uplatnění našly také v nepřehledných a těžko přístupných tropických lesích. V posledních třiceti letech se ale od jejich použití víceméně opouští (pro jejich nepříznivé matematicko-statistické vlastnosti) a jsou nahrazovány jinými systémy. (Šmelko, 2000)

### Relaskopické zkusné plochy

Relaskopická zkusná plocha je zvláštní druh kruhové zkusné plochy založené na uhlovém sčítání jednotlivých stromů. V roce 1948 je navrhl a matematicky zdůvodnil rakouský lesník, univerzitní profesor W. Bitterlich, pod názvem „Winkelzählprobe“.

Umožňuje bez průměrkování velmi jednoduše a rychle a při dostatečné přesnosti optickou cestou stanovit kruhovou základnu na 1 ha porostu.

Pro účely národních inventarizací se jednoznačně uplatňuje metoda sestávající ze soustavy zkusných kruhových ploch, které jsou většinou uspořádány do jakéhosi traktu a propojeny transekty.

#### **2.3.3.3. Velikost zkusné jednotky**

Velikost zkusné plochy hraje důležitou roli při všech metodách náhodného výběru používaných při inventarizaci lesů. Ovlivňuje nejen pracovní náklady v terénu ale také variabilitu charakteristik zkusné plochy a tím i přesnost výsledků inventarizace. Proti sobě stojí tedy dva protichůdné požadavky, snaha o minimalizaci nákladů při získávání dat v terénu a minimalizace chyby náhodného výběru. Proto je vždy usilováno o rovnováhu tzn. zvolení optimální velikosti zkusné plochy (H. Kramer a A. Akca, 1995).

Tento úkol u porostní inventarizace ve všeobecnosti jednodušší než u velkoplošných inventarizací. Jednotlivé porosty mají zpravidla homogennější

vnitřní strukturu porostu (podobné druhové složení, věk, počet jedinců na ha atd.) než velká území s velkou škálou charakterově odlišných lesních ekosystémů. Každý porost má svojí vlastní optimální velikost zkusné plochy. Při velkoplošných inventarizacích dosáhneme větší efektivity zavedením proměnlivé velikosti zkusné plochy, tzn. velikost zkusné plochy se bude porost od porostu lišit. Dalším krokem pak je zjednodušení této myšlenky na systém soustředných kruhových zkusných ploch, které se přizpůsobují vnitřní struktuře každého porostu (Starke, 1989).

Varianci ovlivňuje velikost jednotlivých ploch. Znaky, které zjišťujeme na menších zkusných plochách, mají všeobecně větší varianci než na větších plochách. Vztah mezi variancí a velikostí zkusné plochy je závislý na konkrétní populaci. V homogenních populacích má změna velikosti zkusné plochy menší účinek na varianci.

Orientačně můžeme použít vztah:

$$S_x^2 = S_y^2 \cdot \sqrt{\frac{F_y}{F_x}}$$

Čím větší je zkusná plocha, tím menší je rozpětí (variační koeficient) mezi jednotlivými plochami, a tím příznivější je vztah počet ploch – plocha. Od určité velikosti ztrácí ale náhodný výběr použitím větších ploch na účinnosti, protože počet ploch nutných pro zachování určité přesnosti je sice menší, ale celková plocha, na které se měření provádí, ale i časové a finanční náklady jsou vyšší, nehledě na nepřehlednost ploch. Ve všeobecnosti se dá při určování velikosti ploch vycházet z počtu kmenů na hektar. V Německu se uznává jako optimální počet stromů na plochu 15 – 20. Nejběžnější je velikost od 0,01 až 0,05 ha a větší velikosti ploch, jako např. 0,1 ha, jsou v lesnictví spíše výjimkou.

Vztah mezi velikostí zkusné plochy ( $a$ ) a rozptylem ( $S_x^2$ ), vztaženo na hektar, se může napsat jako

$$S_{x_a}^2 = k * a^{-c}$$

kde  $k$  a  $c$  jsou kladné a od velikosti zkusné plochy nezávislé konstanty. (Akça 1997).



Na Slovensku je vyvíjena již od šedesátých let (Šmelko, 1968) provozní inventarizace zohledňující porostní podmínky, při které je velikost zkusné plochy řešena pro každý porost zvlášť v závislosti na odhadnutém stupni homogenity a hustoty porostu. Za optimální jsou považovány kruhové zkusné plochy a také relaskopické plochy s průměrně 15 – 25 stromy na ploše. Plocha pak odpovídá dle porostní struktury standardizovaným plochám o výměře 100, 200, 300, 500 a 1000 m<sup>2</sup>. Při regionální a národní inventarizaci se na Slovensku používá naopak jednotná velikost zkusných ploch. V roce 1992/93 se navázalo na tyto výzkumy, aby byl vyvinut celoplošný národní monitorovací systém. V čtvercové síti 4 x 4 km byly založeny kruhové zkusné plochy, jejichž plošná výměra se liší dle hustoty porostu. Uplatňují se tři velikosti zkusných ploch 200, 500 a 1000 m<sup>2</sup>. S tím vyvstala také otázka metody vyhodnocení naměřených dat, protože vedle variability v rámci jedné plochy, je zde také variabilita mezi plochami navzájem. Tato problematika byla řešena jako společný projekt mezi Německem a Slovenskem (Saborowski, Šmelko, 1999).

#### **2.3.4. Rozhodnutí o výběrovém schématu**

Jedná se o způsob a rozmístění výběrových jednotek po základním souboru.

Závisí na variabilitě zjišťovaných veličin na výběrových jednotkách, požadované přesnosti a spolehlivosti výběrového výsledku, při opakování i na délce monitorovacího cyklu a v neposlední řadě na druhu výběru, který chceme uplatnit (úplně náhodný, systematický, stratifikovaný, jedno nebo víceúrovňový).

Nejčastěji se používá systematický výběr, kde výběrové jednotky jsou po území rozmístěny v pravidelných sítích s konstantními odstupovými vzdálenostmi. Hustota sítě (počet zkusných ploch) je třeba odvodit příslušnými statistickými vzorci (jsou pro každé výběrové schéma jiné) a to pro tu veličinu, která je ve zvoleném informačním spektru nejdůležitější. Orientačně je možné podle Šmelka (1993) použít pro zjištění průměrné hodnoty veličiny  $\bar{y}$  s chybou  $E_{\bar{y}}\%$  a pro zjištění průměrného rozdílu  $\bar{\Delta y}$  s chybou  $E_{\bar{\Delta y}}\%$  následující vzorce (s 95% spolehlivostí):

$$n = 4 \cdot \frac{\sigma_y \%^2}{E_{\bar{Y}} \%^2}$$

$$n = 16 \cdot \frac{\sigma_y \%^2 (1 - r_{1,2})}{E_{\Delta \bar{Y}} \%^2}$$

Přičemž  $\sigma_y \%$  je variační koeficient veličiny Y;  $r_{1,2}$  je korelační koeficient závislosti mezi hodnotami Y v čase  $t_1$  a  $t_2$  a  $\Delta \bar{Y} \%$  je očekávaný relativní rozdíl veličiny Y, který je tím větší, čím delší je monitorovací cyklus. Všeobecně platí, že síť výběrových jednotek bude tím hustší, čím vyšší přesnost se od výsledků vyžaduje a čím kratší je monitorovací cyklus a naopak.

Obecně lze pro optimalizaci uplatnit následující nákladovou rovnici:

$$C = c_0 + c_1 t_1 + c_2 t_2$$

Kde C jsou celkové náklady.  $c_0$  jsou režijní náklady,  $c_1$  jsou průměrné náklady na dosažení měřené jednotky,  $c_2$  jsou průměrné náklady na měření na ploše.  $t_1$  je čas strávený dosažením jednotek měření a  $t_2$  je čas strávený měřením na ploše. Pod proměnnými  $t_1$  a  $t_2$  se skrývá nejenom čas, ale potažmo pracnost měření tj. v případě  $t_1$  počet měřených jednotek (u skupinového výběru počet skupin) a v případě  $t_2$  preciznost měření (u skupinového výběru počet měřených sekundárních jednotek).

Způsob výběru a počet zkusných ploch je pro výsledek inventarizace určující, proto je detailněji rozebrán u jednotlivých pravděpodobnostních výběrů v kapitole 2.4.

### **2.3.5. Zabezpečení porovnatelnosti výsledků při opakovaných periodických měřeních**

Porovnatelnost výsledků se zajistí fixací zkusné plochy v terénu. Nejčastěji střed nebo roh zkusné plochy. Fixace je nevyhnutelná zvláště tam, kde se předpokládá měření za účelem zjištění změny dané veličiny v čase. Měříme-li vždy na stejných plochách, je zaručena úzká korelace dat a přesnější výstupy. V některých zemích se využívá síť kombinovaná z dočasných a permanentních ploch, což je mnohostranně výhodné (ekonomicky i statisticky), ale představuje také zvýšené požadavky na vyhodnocení výsledků (Šmelko, 1991).

### 2.3.6 Vhodný algoritmus pro zpracování dat a hodnocení výsledků

Musí odpovídat výběrovému schématu. Pro nejčastěji používané výběrové schéma systematického výběru s variabilní velikostí zkusných ploch se podle nejnovějších poznatků (Šmelko – Saborowski, 1999) nejlépe hodí následující výpočty:

Stav lesa v čase  $t$  s 95% intervalem spolehlivosti (IS):

- ❖ pro kvantitativní veličinu  $Y$  vázanou na výměru lesa (např. zásoba, počet stromů na ha atd. s 95% intervalem spolehlivosti:

$$95\% IS = \bar{y}(ha) \pm 2s_{\bar{y}}(ha)$$

$$\bar{y}(ha) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{p_i} \qquad s_{\bar{y}}(ha) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{p_i} - \bar{y}(ha)\right)^2}$$

kde  $y_i$  je např. zásoba na  $i$ -té trvalé zkusné ploše o výměře  $p_i$ ,  $n$  – počet ploch

- ❖ pro kvantitativní veličinu  $Y$  vázanou na jednotlivé stromy (např. stupeň defoliace korun a rámeček přesnosti se stanoví:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \qquad s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n \cdot \bar{M} (n-1)}}$$

- ❖ pro relativní podíl  $p$  kvalitativního znaku (A) (např. % zastoupení počtu stromů v stupni poškození):

$$w = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \qquad s_w = \sqrt{\frac{1}{M^2 \cdot n(n-1)} \sum_{i=1}^n (K_{i-w} \cdot M_i)^2}$$

kde  $K_i$  je počet stromů s požadovanou vlastností a  $M_i$  počet všech stromů na ploše přepočítané na 1 ha ( $K_i = k_i/p_i$ ,  $M_i = m_i/p_i$ ,  $\bar{M} = \sum_{i=1}^n M_i / n$ )

❖ změna v čase pro kvantitativní veličinu:

$$\overline{\Delta y} = \bar{y}_2 - \bar{y}_1 \qquad s_{\overline{\Delta y}} = \sqrt{s_{\bar{y}_1}^2 + s_{\bar{y}_2}^2 - 2r_{1,2} \cdot s_{\bar{y}_1} \cdot s_{\bar{y}_2}}$$

❖ změna v čase pro kvalitativní veličinu:

$$\Delta w = w_2 - w_1 \qquad s_{\Delta w} = \sqrt{s_{w_1}^2 + s_{w_2}^2 - 2r_{1,2} \cdot s_{w_1} \cdot s_{w_2}}$$

v posledních dvou vzorcích je  $r_{1,2}$  korelační koeficient mezi daty v čase  $t_1$  a  $t_2$ . (Šmelko, 2000).

## 2.4. Hlavní druhy pravděpodobnostních výběrů

Při každé výběrové metodě se posuzuje část celku a výsledky z této části se vztahují na původní celek. Při vhodném použití se tak dá docílit velké přesnosti za minimalizace nákladů a času. Přesnost výsledků se také dá odhadnout z výběrového rozptylu.

Pro každý náhodný výběr musí být definován základní soubor (populace), u které má být proveden odhad parametrů. Tento základní soubor je tedy soumou všech jednotek  $N$  (např. všechny stromy na daném území). V tomto základním souboru nás zajímají konkrétní vlastnosti, jejichž parametry můžeme odhadnout z výběrového souboru jednotek  $n$ . Výběrový podíl pak bude  $f=n/N$ .

Výběrovým zjišťováním se má zpravidla odhadnout neznámé rozdělení daného statistického znaku ve zkoumaném souboru popř. odhadnout pouze některé číselné charakteristiky tohoto rozdělení.

Rozdělení výběrů podle tří hledisek:

1) Při pravděpodobnostním výběru mohou mít jednotky buď stejné nebo různé pravděpodobnosti výběru:

- výběr se stejnými pravděpodobnostmi – v praxi se používá častěji, je teoreticky jednodušší a provedení v praxi snazší

- výběr s nestejným pravděpodobnostmi

2) Každá jednotka může být vybrána jednou nebo se „vrací“ a může být znovu vybrána:

- výběr s vracením (s opakováním) – výhodnější z teoretického hlediska, nekonečně mnoho vybraných jednotek

- výběr bez vracení (bez opakování) – v praxi výběr vhodnější, lze vybrat všechny jednotky najednou (např. při systematickém výběru), je vhodnější i z hlediska vydatnosti odhadů (jednotky se neopakují, tudíž se neztrácí určitý objem informací), počet vybraných jednotek je konečný

Rozdíl mezi oběma přístupy bude velmi malý, pokud je podíl vybíraných jednotek velmi malý.

3) Z hlediska složitosti:

- přímý výběr (např. prostý náhodný výběr)
- složitěji uspořádaný výběr (např. stratifikovaný víceúrovňový, vícefázový výběr):

Zatímco při přímém a neomezeném výběru se může výběrovým souborem stát kterákoli kombinace jednotek, společným rysem složitějších uspořádání výběru je právě to, že některé kombinace vzniknout nemohou.

Po rozdělení základního souboru na daný počet částí lze uvažovat o dvou variantách, jak dále postupovat. Buď vybíráme na dílčích souborech (stratifikovaný výběr) nebo jen v některých, náhodně vybraných (dvouúrovňový výběr). Prošetříme-li ve vybraných dílčích souborech všechny jednotky, jde o výběr skupinový.

### 2.4.1. Prostý náhodný výběr

Nejjednodušší metodou náhodného výběru je přímý výběr jednotek se stejnými pravděpodobnostmi (prostý náhodný výběr).

Základní soubor – vymezení pojmů:

zkoumaný znak na jednotlivých jednotkách :  $Y_k$  (k=1,2,...,N)

základní úhrn:  $Y = \sum_{k=1}^N Y_k$

základní průměr:  $\bar{Y} = \frac{Y}{N} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k$

základní rozptyl:  $S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (Y_k - \bar{Y})^2$

základní variační koeficient:  $V = \frac{S}{\bar{Y}}$

Výběrové charakteristiky:

výběrový úhrn:  $y = \sum_{i=1}^n y_i$

výběrový průměr:  $\bar{y} = \frac{y}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

výběrový rozptyl:  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$

výběrový variační koeficient:  $v = \frac{s}{\bar{y}}$

Bodové odhady průměru a úhrnu:

Lze dokázat, že nevychýleným odhadem základního průměru je výběrový průměr:

$$est\bar{Y} = \bar{y}$$

pak i pro úhrn platí:

$$estN \cdot \bar{Y} = N \cdot est\bar{Y} = N \cdot \bar{y}$$

odhad rozptylu:

$$D^2(\bar{y}) = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) S^2 \quad \text{pro výběr bez opakování}$$

$$D^2(\bar{y}) = \frac{1}{n} \cdot S^2 \quad \text{pro výběr s vracením}$$

Rozptyl výběrových průměrů závisí pouze na jedné vlastnosti základního rozdělení a to na jeho variabilitě. Čím je variabilita v základní souboru větší, tím větší je i variabilita výběrových průměrů a naopak. Z hlediska přesnosti je tedy žádoucí co největší homogenita základního souboru.

Rozptyl výběrových průměrů závisí nepřímo úměrně na rozsahu výběrového souboru. Čím je výběr rozsáhlejší, tím je rozptyl  $D^2(\bar{y})$  menší.

Rozptyl výběrových průměrů je při výběru bez vracení  $\frac{N-n}{N-1}$ -krát menší než pro výběru s vracením. Výraz  $\frac{N-n}{N-1}$ , který je pro  $n \geq 2$  zřejmě vždy menší než 1, se nazývá konečnostní násobitel. Pro velká N, nebo při nízkém počtu

výběrových jednotek se konečností násobitel blíží 1, v praxi se tedy často zanedbává. Přesáhne-li rozsah výběru zhruba 5 % rozsahu základního souboru, snižuje se rozptyl přidáním konečností násobitele dost značně.

Odmocněním rozptylu  $D^2(\bar{y})$  dostaneme směrodatnou odchylku  $D(\bar{y})$ , tedy vhodnou a názornou míru přesnosti odhadů průměru; nazývá se proto směrodatná chyba a platí pro ni:

$$D(\bar{y}) = \frac{S}{\sqrt{n}} \text{ resp. } D(\bar{y}) = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

V některých případech, zejména různá srovnávání, je vhodné vyjádřit přesnost odhadu relativně. K tomu slouží variační koeficient:

$$V(\bar{y}) = \frac{D(\bar{y})}{E(\bar{y})}$$

Intervalové odhady:

Metoda intervalových odhadů spočívá v tom, že se neznámá základní charakteristika odhadne nikoli jedním číslem, ale odhadne se číselným intervalem. Pravidlo pro stanovení číselného intervalu musí být dáno tak, aby tento interval spolehlivosti pokryl skutečnou hodnotu neznámé základní charakteristiky s volitelnou pravděpodobností blízkou jedné.

$$1 - \alpha = P\{\bar{y} - u_{1-\alpha/2} D(\bar{y}) < \bar{Y} < \bar{y} + u_{1-\alpha/2} D(\bar{y})\}$$

V praxi se používají většinou intervalové odhady dvoustranné, ale existují i intervaly jednostranné, aby základní charakteristika mohla být pouze podhodnocena nebo nadhodnocena.

Prvním předpokladem, který nebude téměř nikdy splněn, je normalita rozdělení výběrových průměrů. Normalita je ale vlastností limitní, tedy skutečná rozdělení lze normálním rozdělením aproximovat při „dostatečně rozsáhlém“ výběru. Konkretizovat tuto podmínku lze pro většinu situací z praxe na  $n > 30$  (v některé literatuře se uvádí  $n > 40$ ). Při splnění podmínky minimálního rozsahu výběru je aproximace rozdělení výběrových průměrů normální křivkou dostatečně přesná pouze v rozmezí přibližně  $\bar{Y} \pm 3D(\bar{y})$ , někdy dokonce jen  $\bar{Y} \pm 2D(\bar{y})$ .

Odhady měr variability:

Výběrový rozptyl  $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$  není při výběru bez vracení

nevychýleným estimátorem základního rozptylu. Nevychýlený estimátor dostaneme vynásobením  $\frac{n}{n-1}$ . Proto se v praxi již rovnou počítá s tímto upraveným rozptylem, tedy:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2.$$

Stanovení rozsahu výběru:

Budeme-li předpokládat, že požadavek na přesnost odhadu průměru je dán v podobě přípustné chyby  $\Delta = u_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{n}}$ , která nemá být při šetření (se zvolenou spolehlivostí  $1-\alpha$ ) překročena. Rozsah výběru se pak vypočte pomocí jednoho z tvarů vzorce

$$n = \frac{NS^2 u_{1-\alpha/2}^2}{N\Delta^2 + S^2 u_{1-\alpha/2}^2}$$

Někdy se při rozsahu výběru používají bezrozměrné veličiny, tj. vychází se z požadované relativní směrodatné chyby neboli z variačního koeficientu odhadu  $V(\bar{y})$ , popř. při intervalových odhadech ze stanovené relativní přípustné chyby  $\delta$ , pak dostáváme

$$n = \frac{NV^2}{NV^2(\bar{y}) + V^2}$$

další úpravou rovnice získáme

$$n = \frac{NV^2 u_{1-\alpha/2}^2}{n\delta^2 + V^2 u_{1-\alpha/2}^2}$$

Ve všech uvedených případech, jak je ze vzorců zřejmé, je k výpočtu rozsahu výběru  $n$  nutné znát základní rozptyl  $S^2$ , popř. základní variační koeficient  $V$ . Znalost některé z těchto základních charakteristik variability před vlastním zjišťováním (i když jen přibližně) představuje jeden z nejobtížnějších úkolů výběrového šetření v praxi. Čerpat můžeme z podobných šetření v minulosti nebo v jiných (podobných) oblastech. Nejsou-li ani tyto prameny informací k dispozici, postupuje se dost často tak, že se před vlastní výběrovým



zjišťováním provede malý „předvýběr“ a z něho se hledaná charakteristika (rozptyl, variační koeficient) odhadne.

V lesnické literatuře (Akça, 1997 nebo Šmelko, 2000) se uvádějí zjednodušené vzorce. Vychází se stejného vzorce, jen v jiném tvaru a to:

$$n = \frac{1}{\frac{\Delta^2}{u_{1-\alpha/2}^2 * S^2} + \frac{1}{N}}$$

Pro velký základní soubor, kde  $N \rightarrow \infty$ , se  $\frac{1}{N}$  zanedbá a dostaneme jednodušší vzorec:

$$n = \frac{u_{1-\alpha/2}^2 * S^2}{\Delta^2}$$

který se většinou uvádí v lesnické literatuře.

#### 2.4.2. Stratifikovaný (oblastní) výběr

Podstata spočívá v tom, že se celý základní soubor rozdělí na několik dílčích souborů – oblasti (strata) a v každé oblasti se pak provede výběr jednotek odděleně.

Nejčastějším důvodem pro stratifikaci je skutečnost, že šetřená veličina kolísá u některých jednotek mnohem méně než v celém základním souboru. Dalším důvodem je možnost doplnění celkového odhadu o dílčí odhady (např. územní celky). Oblastí ale nemusí být míněna oblast územní, ale skupina jednotek z určitého hlediska podobných (uměle vytvořená).

Značení:

L je počet oblastí ( $h=1,2,\dots,L$ )

relativní rozsah oblasti:  $W_h = \frac{N_h}{N}$

výběrový podíl:  $f_h = \frac{n_h}{N_h}$

	základní soubor	výběrový soubor
rozsah oblasti:	$N_h$	$n_h$
hodnota znaku:	$Y_{hk}$	$y_{hk}$
oblastní úhrn:	$Y_h = \sum_k^{N_h} Y_{hk}$	$y_h = \sum_i^{n_h} y_{hi}$
celkový úhrn:	$Y = \sum_h^L Y_h$	$y = \sum_h^L y_h = \sum_h^L \sum_i^{n_h} y_{hk}$
oblastní průměr:	$\bar{Y}_h = \frac{Y_h}{N_h}$	$\bar{y}_h = \frac{y_h}{n_h}$
celkový průměr:	$\bar{Y} = \frac{Y}{N}$	$\bar{y} = \frac{y}{n}$
oblastní rozptyl:	$S_h^2 = \frac{\sum_k^{N_h} (Y_{hk} - \bar{Y}_h)^2}{N_h - 1}$	$s_h^2 = \frac{\sum_i^{n_h} (y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{n_h - 1}$
celkový rozptyl:	$S^2 = \frac{\sum_h^L \sum_k^{N_h} (Y_{hk} - \bar{Y})^2}{N - 1}$	$s^2 = \frac{\sum_h^L \sum_i^{n_h} (y_{hi} - \bar{y})^2}{n - 1}$

Celkový průměr je váženým aritmetickým průměrem oblastních průměrů.

$$est\bar{Y}_h = \bar{y}_h = \frac{1}{n_h} \sum_i^{n_h} y_{hi}$$

$$est\bar{Y} = \sum_h^L \bar{y}_h \frac{N_h}{N}$$

Směrodatné chyby odhadů:

$$D^2(est\bar{Y}) = \sum_h^L W_h^2 \frac{1}{n_h} s_h^2 \qquad D^2(estY) = \sum_h^L \frac{N_h^2}{n_h} \cdot s^2$$

Intervalový odhad:

$$\sum \bar{y}_h W_h \pm u_{1-\alpha/2} [estD(est\bar{Y})]$$

### 2.4.2.1. Proporcionální rozvržení výběru do oblastí

Výběrové rozsahy v oblastech jsou úměrné velikosti oblasti:

$$n_h = n \frac{N_h}{N}$$

Používá se hlavně tehdy, když předem nevíme velikost rozptylů v oblastech. Velkou předností je, že i jeho zpracování je téměř tak jednoduché jako u prostého náhodného výběru.

U něj platí:

$$est(\bar{Y}) = \frac{1}{n} \sum_h^L \sum_i^{n_h} y_{hi} = \bar{y} \quad D^2(est\bar{Y}) = \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{N}\right) \cdot \sum W_h S_h^2$$

### 2.4.2.2. Optimální rozvržení do oblastí

Rozsah výběrů v oblastech není určen v tomto případě pouze velikostí oblasti, ale také variabilitou v těchto oblastech.

$$n_h = n \frac{N_h S_h}{\sum_h^L N_h S_h}$$

### 2.4.2.3. Optimální rozvržení s ohledem na náklady

Označíme-li náklad na jednotku v h-té oblasti  $c_h$ , pak celkové náklad na šetření budou:

$$C = a + \sum_h^L c_h n_h$$

Z toho pak úpravami dostaneme :

$$n = \frac{(C - a) \sum \frac{N_h S_h}{\sqrt{c_h}}}{\sum_h^L N_h S_h \sqrt{c_h}}$$

a pro jednotlivé oblasti:

$$n_h = \frac{N_h S_h}{\sqrt{c_h}} \cdot \frac{C - a}{\sum N_h S_h \sqrt{c_h}}$$

### 2.4.3. Skupinový výběr

Výběr skupin spočívá v tom, že se celý základní soubor rozdělí do větších nebo menších skupin a místo elementárních statistických jednotek se vybírají celé skupiny. V lesnictví je to případ stromů, které se měří téměř vždy na ploše, tedy ve skupinách.

Značení:

	základní soubor	výběrový soubor
počet skupin	M	m
počet jednotek v l-té (v j-té vybrané) skupině	$N_l$	$N_j$
celkový počet jednotek	N	n
prům. počet jednotek ve skupině:		

$$\bar{N} = \frac{N}{M} = \frac{\sum_l^M N_l}{M}$$

$$\hat{N} = \frac{n}{m} = \frac{\sum_j^m N_j}{m}$$

hodnota znaku u k-té jednotky z l-té skupiny (z j-té vybrané skupiny):

$$Y_{lk}$$

$$y_{jk}$$

úhrn hodnot znaku v l-té (v j-té vybrané) skupině:

$$Y_l = \sum_k^{N_l} Y_{lk}$$

$$y_j = \sum_k^{N_j} y_{jk}$$

průměrná hodnota znaku v l-té (v j-té vybrané) skupině:

$$\bar{Y}_l = \frac{Y_l}{N_l}$$

$$\bar{y}_j = \frac{y_j}{N_j}$$

celkový úhrn: 
$$Y = \sum_l^M Y_l = \sum_l^M \sum_k^{N_l} Y_{lk} \quad y = \sum_j^m y_j = \sum_j^m \sum_k^{N_j} y_{jk}$$

průměr na skupinu: 
$$\bar{Y} = \frac{Y}{M} = \frac{\sum_l^M Y_l}{M} \quad \bar{y} = \frac{y}{m} = \frac{\sum_j^m y_j}{m}$$

celkový průměr na jednotku:

$$\bar{\bar{Y}} = \frac{Y}{N} = \frac{\sum_l^M Y_l}{N} = \frac{\sum_l^M \bar{Y}_l N_l}{\sum_l^M N_l} \quad \bar{\bar{y}} = \frac{y}{n} = \frac{\sum_j^m y_j}{n} = \frac{\sum_j^m \bar{y}_j N_j}{\sum_j^m N_j}$$

Celkový rozptyl:

$$S^2 = \frac{\sum_l^M \sum_k^{N_l} (Y_{lk} - \bar{\bar{Y}})^2}{N - 1}$$

Skupinový rozptyl:

$$S_l^2 = \frac{\sum_k^{N_l} (Y_{lk} - \bar{Y}_l)^2}{N_l - 1}$$

Vnitroskupinový rozptyl:

$$S_w^2 = \frac{\sum_l^M \sum_k^{N_l} (Y_{lk} - \bar{Y}_l)^2}{\sum_l^M (N_l - 1)}$$

Meziskupinový rozptyl:

$$S_b^2 = \frac{\sum_l^M (\bar{Y}_l - \bar{\bar{Y}})^2 N_l}{\bar{N}(M - 1)}$$

Rozptyl skupinových úhrnů:

$$S_u^2 = \frac{\sum_l^M (Y_l - \bar{Y})^2}{M - 1}$$

Podobně jde definovat výběrové rozptyly.

Odhady průměrů za skupinu a úhrnu z něj (na skupiny vybrané se stejnými pravděpodobnostmi můžeme aplikovat odhady podobně jako u jednoduchého náhodného výběru):

$$est\bar{Y} = \bar{y} = \frac{1}{m} \sum_j^m y_j = \frac{1}{m} \sum_j^m \sum_k^{N_j} y_{jk}$$

$$estY = M\bar{y} = \frac{M}{m} \sum_j^m y_j = \frac{M}{m} \sum_j^m \sum_k^{N_j} y_{jk}$$

Pro odhady průměru na máme tři možnosti:

$$est_1\bar{\bar{Y}} = \frac{\bar{y}}{\bar{N}} = \frac{\sum_j^m \sum_k^{N_j} y_{jk}}{m\bar{N}} \quad \text{známe-li předem velikost skupiny } \bar{N}$$

$$est_2\bar{\bar{Y}} = \frac{\bar{y}}{\hat{N}} = \frac{\sum_j^m \sum_k^{N_j} y_{jk}}{n} \quad \text{nahradíme-li } \bar{N} \text{ výběrovým}$$

$$est_3\bar{\bar{Y}} = \frac{1}{m} \sum_j^m \bar{y}_j = \frac{1}{m} \sum_j^m \frac{1}{N_j} \sum_k^{N_j} y_{jk} \quad \text{nevážený průměr}$$

Pro výběr se stejnými pravděpodobnostmi je jediný nevychýlený odhad  $est_1\bar{\bar{Y}}$ . U druhého estimátoru nebude vychýlení tam velké, jestliže počet vybraných skupin nebude příliš malý.

Při výběru s nestejnými pravděpodobnostmi je výhodný třetí odhad  $est_3\bar{\bar{Y}}$

Rozptyly těchto odhadů:

$$D^2(est\bar{Y}) = \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M}\right) S_u^2$$

$$D^2(estY) = M^2 \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M}\right) S_u^2$$

Nevychýlené odhady těchto rozptylů dostaneme, nahradíme-li základní rozptyl  $S_u^2$  jeho výběrovým protějškem  $s_u^2$ .

#### 2.4.4. Dvoustupňový výběr

Podstata spočívá v tom, že ve vybraných skupinách neprošetřujeme všechny jednotky, ale pouze několik náhodně vybraných.

Celý základní soubor je rozdělen na primární výběrové jednotky (dále PVJ) a ty pak na sekundární výběrové jednotky (dále SVJ). Nejprve se provede náhodný výběr PVJ a v těch pak náhodný výběr SVJ.

Symbolika je stejná jako u skupinového výběru, pouze dále přibývá:

počet SVJ vybraných v PVJ:

$$n_j$$

průměrný počet vybraných SVJ:

$$\bar{n} = \frac{n}{m} = \frac{\sum_j n_j}{m}$$

výběrový podíl na prvním stupni:

$$f_1 = \frac{m}{M}$$

výběrový podíl na druhém stupni:

$$f_2 = \frac{\bar{n}}{\hat{N}}$$

Bodové odhady průměru a úhrnu můžeme použít tři jako u výběru skupin:

$$est_1 \bar{Y} = \frac{\bar{y}}{\bar{N}} = \frac{1}{m\bar{N}} \sum_j \frac{N_j}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

$$est_1 Y = M\bar{Y} = \frac{M}{m} \sum_j \frac{N_j}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

$$est_2 \bar{Y} = \frac{\bar{y}}{\hat{N}} = \frac{1}{m\hat{N}} \sum_j \frac{N_j}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

$$est_2 Y = M \frac{\bar{N}}{\hat{N}} \bar{y} = \frac{M}{m} \frac{\bar{N}}{\hat{N}} \sum_j \frac{N_j}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

$$est_3 \bar{Y} = \frac{\sum_j \bar{y}_j}{m} = \frac{1}{m} \sum_j \frac{1}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

$$est_3 Y = \frac{N}{m} \sum_j \bar{y}_j = \frac{M}{m} \sum_j \frac{N_j}{n_j} \sum_i^{n_j} y_{ji}$$

Odhady první skupiny jsou stejně jako u skupinového výběru nevychýlené, ale málo vydatné, z toho důvodu se dává přednost druhé nebo třetí skupině estimátorů.

Odhady druhé skupiny jsou případem poměrového odhadu, jsou vychýlené, ale často, pokud výběr na prvním stupni není příliš malý, je vychýlení v porovnání se směrodatnou chybou zanedbatelné.

Odhady třetí skupiny jsou rovněž vychýlené a to tím více, čím je větší korelace mezi velikostí PVJ a průměrem na jednu SVJ.

Variabilitu můžeme rozdělit na dvě části, mezi jednotlivými PVJ a na variabilitu uvnitř PVH (tj. mezi SVJ). Pokud by se prošetřily všechny SVJ ve vybraných PVJ, pak by velikost střední čtvercové chyby závisela pouze na prvním zdroji variability.

Výběrové odhady rozptylů se vypočítají pomocí výběrových rozptylů  $s_u^2$  a  $s_j^2$ . Např. rozptyl odhadu  $\bar{Y}$  má nevychýlený odhad:

$$estD^2(est_1\bar{Y}) = \frac{1-f_1}{m\bar{N}^2} s_u^2 + \frac{1}{m^2\bar{N}^2} \sum_j \frac{1-f_{2j}}{n_j} N_j^2 s_j^2$$

#### 2.4.5. Dvoufázový výběr (dvojitý výběr)

Je-li při vlastním měření jednodušší (levnější, rychlejší atd) zjišťování vlastností  $X_k$  než zjišťování  $Y_k$ , lze uvažovat o tom, že by se tato informace mohla opatřit pomocí širšího předvýběru. První fází je tedy široké šetření vlastností  $X_k$  tzn. je přešetřeno velké množství jednotek. V druhé fázi se vybere menší počet těchto jednotek a u nich se přešetří vlastnost  $Y_k$ . Mezi vlastnostmi  $X_k$  a  $Y_k$  musí existovat známá závislost. Tato metoda se vyplatí pokud náklady na obě fáze jsou menší než na prosté (jednofázové) šetření.

Předpokládáme, že z  $N$  prvků bylo vybráno  $n_1$  prvků a u nich hodnoty  $x_i$ . Z prvního výběru je pořízen podvýběr o rozsahu  $n_2$ . Nevychýlený estimátor základního úhrnu  $Y$  má tvar:

$$estY = \frac{N}{n_1} \bar{x}_1 \sum_{j=1}^{n_2} \frac{y_j}{\pi_j} = N\bar{x}_1\bar{r}_2$$

Rozptyl odhadu úhrnu:

$$D^2(estY) = \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{N}\right) N^2 S_Y^2 + \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{n_1}\right) X^2 S_R^2$$



kde 
$$x = \sum_k^N X_k \quad \text{a} \quad S_R^2 = \frac{N}{N-1} \left[ \frac{\sum R_k^2 X_k}{\sum X_k} - \left( \frac{\sum R_k X_k}{\sum X_k} \right)^2 \right]$$

Pro stanovení optimálních rozsahů  $n_1$  a  $n_2$  využijeme nákladovou funkci:

$$C = C_0 + C_1 n_1 + C_2 n_2$$

a výraz ve tvaru:

$$D^2(estY) = \frac{A_1}{n_1} + \frac{A_2}{n_2} + A_3$$

$A_1, A_2, A_3$  – jsou konstanty,  $C_0$  jsou režijní náklady,  $C_1$  jsou náklady na prošetření výběrové jednotky v první fázi a  $C_2$  jsou náklady na prošetření výběrové jednotky v druhé fázi.

Optimální rozsahy může rozlišit dva. Buď budeme minimalizovat náklady nebo rozptyl.

1) minimalizujeme rozptyl  $D^2(estY)$  při daných nákladech:

$$n_1 = \frac{(C - C_0) \sqrt{\frac{A_1}{C_1}}}{\sqrt{A_1 C_1} + \sqrt{A_2 C_2}} \quad n_2 = \frac{(C - C_0) \sqrt{\frac{A_2}{C_2}}}{\sqrt{A_1 C_1} + \sqrt{A_2 C_2}}$$

2) minimalizujeme celkové náklady  $c$  při hodnotě rozptylu  $D^2$ :

$$n_1 = \frac{\sqrt{A_1 C_1} + \sqrt{A_2 C_2}}{D^2 - A_3} \sqrt{\frac{A_1}{C_1}} \quad n_2 = \frac{\sqrt{A_1 C_1} + \sqrt{A_2 C_2}}{D^2 - A_3} \sqrt{\frac{A_2}{C_2}}$$

Poměrové odhady u dvojfázového výběru:

$$est\bar{Y} = \bar{x}_1 \frac{\bar{y}_2}{\bar{x}_2}$$

kde 
$$\bar{y}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_j^{n_2} y_j \quad \text{a} \quad \bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_j^{n_2} x_j .$$

Zjednodušený vzorec rozptylu průměru je pak:

$$D^2(est\bar{Y}) = \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{N}\right) \left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}}\right) S_X^2 + \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{N}\right) \left[ S_Y^2 + \left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}}\right)^2 S_X^2 - 2\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} S_{YX} \right]$$

Za předpokladu, že výběr v druhé fázi je podvýběrem první fáze:

$$D^2(est\bar{Y}) = \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{N}\right) S_Y^2 + \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{N}\right) \left[ S_Y^2 + \left(\frac{\bar{Y}}{\bar{X}}\right)^2 S_X^2 - 2\frac{\bar{Y}}{\bar{X}} S_{YX} \right]$$

Pokud je N velké, můžeme dále vzorec zjednodušit.

Dvoufázový výběr a regresní odhad:

$$est\bar{Y} = \bar{y}_2 + \hat{B}(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

kde  $\hat{B}$  je odhad neznámého B. V praxi je to nejčastěji výběrový regresní koeficient vypočtený z údajů druhého výběru.

V případě, že  $\hat{B}$  je rovno nule, jedná se o tzv. rozdílový estimátor:

$$est\bar{Y} = \bar{y}_2 + (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = \bar{x}_1 + (\bar{y}_2 - \bar{x}_2) = \bar{x}_1 + \bar{d}_2$$

$$\begin{aligned} D^2(est\bar{Y}) &= D^2(\bar{x}_1 + \bar{d}_2) = D^2(\bar{x}_1) + D^2(\bar{d}_2) = \\ &= \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{N}\right) S_X^2 + \left(\frac{1}{n_2} - \frac{1}{N}\right) (S_Y^2 + S_X^2 - 2S_{YX}) \end{aligned}$$

## 2.5. Národní inventarizace ve světě

Na národní inventarizace na bázi statistického výběru přecházejí postupně všechny země v Evropě. Nejstarší a nejpropracovanější systémy mají země s velkou lesnatostí a to skandinávské země. Následně zavedly národní inventarizace lesů tradiční lesnické státy Evropy. Jako ukázkou jsem vybrala švédskou a německou inventarizaci. Švédskou pro její dlouhou tradici a přístup a německou protože jsem se s ní podrobně seznámila během svého studijního pobytu v Göttingenu. Jako ukázkou jistě postačí, aby bylo zřejmé, že každá inventarizace je řešena jinak, ale stojí na podobných základech.

### 2.5.1. Švédsko

#### Výběrový design

Ve Švédsku se celoplošná inventarizace na bázi náhodného výběru provádí od roku 1923. Je to čistě terestrické měření se systematickým uspořádáním v traktech. Celkově je měřeno 30 000 permanentních ploch, uspořádaných do 4300 traktů. Pro lepší zachycení změn a trendů byl model čistě permanentních ploch změněn v průběhu vývoje na kombinaci permanentních a dočasných ploch. Oba typy ploch jsou uspořádány do traktů tak, aby jeden trakt byl měřen právě jeden den. Inventarizace je permanentní a cyklus trvá 10 let. Každý rok je změřena část ploch.

Aby velikosti a počty traktů vyhovovaly regionálním podmínkám, je území Švédska rozděleno do 5 regionů. Rozdělení proběhlo dle těchto kritérií:

- prostorová rozrůzněnost nejdůležitějších proměnných
- zajištění statisticky spolehlivých výsledků pro menší provincie
- očekávané těžkosti při měření v terénu

Protože od severu k jihu jsou provincie menší a současně vykazují lesní plochy větší variabilitu, je na jihu síť traktů hustější a měřené jednotky (plochy) menší.

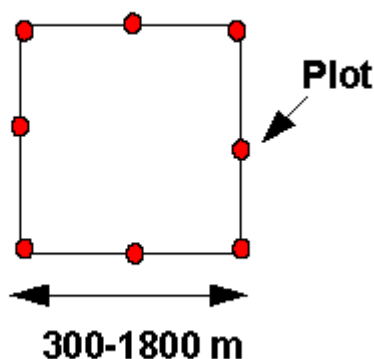
Při takto zvoleném rozdělení a formě traktů je standardní chyba pro odhad průměrné zásoby na hektar v rámci jedné provincie od  $\pm 1,7\%$  do  $\pm 2,7\%$ . Pro

odpovídající plošný odhad jsou očekávané standardní chyby od  $\pm 1,3$  % do  $\pm 2,3$  %.

### Měření dat

Měřenou jednotkou ve švédské inventarizaci jsou čtvercové trakty, délka strany kolísá mezi 1800 m na severu a 300 m v jižní části. Přitom mají v rámci regionu dočasné trakty vesměs o trochu větší velikost než permanentní trakty.

**Obrázek č. 1:** Čtvercový trakt švédské inventarizace



Na stranách traktu jsou v určitých odstupech uspořádány zkusné plochy čtyř různých typů:

- zkusná plocha pro zjištění zásob
- zkusné plochy pro plošné výpočty
- obnovní zkusné plochy
- zkusné plochy pro měření pařezů

Kruhové zkusné plochy pro zjištění zásob mají na severu odstup 430 m, zatímco na jihu 133 m. Zkusné plochy pro zjištění zásob permanentního traktu jsou s poloměrem 10 m dvakrát větší než na dočasných traktech. Na ploše jsou změřeny všechny stromy s výčetným průměrem od 10 cm, menší pouze na části plochy. Mezi změřenými stromy jsou proporcionalně náhodně vybrány stromy pro měření dat k výpočtu objemu a zjišťování poškození. Na dočasných traktech se provádí navrtání stromů k zjištění věku a přírůstu.

Plošné odhady se provádí na kruhových zkusných plochách od poloměru 10 až 20 m. Zjišťovány jsou údaje jako věková třída, kruhová základna na hektar a další stanovištní data.

Obnovní plochy jsou zakládány pouze, když je střední výška obnovy menší než 1,3 m. Sestává s traktu pěti malých zkusných ploch s poloměrem 1,78 m. Počítá se počet pro jednotlivé dřeviny.

### Vyhodnocení

Plošný odhad pro stratifikované území se vypočítá z poměru zkusných ploch, které náleží k danému území. Např. plocha lesa v jedné provincii A je odhadnuta:

$$\tilde{F}_{lesa} = \frac{n_A}{n} \cdot F_A$$

kde  $\tilde{F}_{lesa}$  je odhad plochy lesa

$F_A$  je plocha provincie

$n_A$  je počet ploch v lese

$n$  je počet všech ploch

Průměrná zásoba na hektar je odhadnuta nejprve zvlášť pro dočasné a poté i pro permanentní plochy. Od roku 1987 je průměrná zásoba  $\bar{y}_{ha}$  počítána pro jednotlivá stratifikovaná území poměrově k oběma typům ploch:

$$\bar{y}_{ha} = a_1 \cdot \bar{y}_{ha,dočasné} + a_2 \cdot \bar{y}_{ha,permanentní}$$

kde  $\bar{y}_{ha,dočasné}$  je průměrná zásoba na hektar na dočasných plochách

$\bar{y}_{ha,permanentní}$  je průměrná zásoba na hektar na permanentních plochách

$a_1, a_2$  jsou váhy

### 2.5.2. Německo

V Německu proběhly zatím 2 cykly národní inventarizace lesů. Třetí cyklus se připravuje a bude uskutečněn v letech 2011 a 2012.

## Výběrový design

Inventarizační trakty jsou systematicky umístěny v základní síti 4 x 4 km. V některých oblastech je síť zahuštěna dvakrát (2,83 x 2,83 km) nebo i čtyřikrát (2 x 2 km), podle požadavků jednotlivých států. Zahuštěním se zvýšil počet traktů z původních 15 509 na 28 978 (což je nárůst skoro o polovinu). Z toho 12 580 traktů leží v lese.

V rohu každého čtverce je trakt, který se skládá ze čtyř ploch spojených do liniemi do čtverce o straně 150 m. Nejprve se lokalizuje trakt v topografické mapě. Je-li část traktu v lese, počítá se jako lesní trakt. Ve sporných případech se uskutečňuje šetření v terénu.

Jedná se tedy o schématický výběr skupin. Skupinu tvoří trakt s jednou až čtyřmi zkusnými plochami.

## Měření dat

Šetření v rámci jedno traktu se skládá ze 4 různých metodických přístupů:

- taxační linie (transekty)
- relaskopické plochy
- koncentrické kruhové plochy s daným poloměrem (obnovní kruhy)
- průsečíky cest s taxačními liniemi (inventura cest)

1) Taxační linie tvoří 150 m dlouhé strany čtvercového traktu a popisují porosty v pásu o délce stromu po obou stranách linie. Rozlišují se jednotlivé části linie podle vlastnictví porostní struktury. Ke každé části se zjišťují následující vlastnosti:

délka, porostní struktura (6 stupňů), růstová třída, věk, sklon terénu, expozice, pěstební nedostatky, zápoj, oplocení plochy (úseky linie), porostní typ (podle dřevinné skladby). Nejedná se přímo o měření, ale o vizuální subjektivní posouzení. Každý porost, který linie protíná, tvoří samostatný liniový úsek. 75 % lesních traktů tvoří hospodářský les. Průměrně se jeden trakt skládá z 6 úseků linie. Skoro 2 % traktů leží v velkoplošných porostech, takže celý trakt je tvořen jedním úsekem linie.

2) V rohách traktů se nachází relaskopické plochy. Výběr se uskutečňuje zrcadlovým relaskopem mezi stromy s výčetní tloušťkou alespoň 10 cm. Na okrajích porostů se uplatňují dvě různé metody, aby se zamezilo zkreslení. Na začátku měření se měří podle metody zrcadlení a příslušné stromy se započítají vícekrát, dále se pak v průběhu měření zaměří okraj porostu a při vyhodnocení se pak hodnoty početně zvýší. Na vybraných zkusných stromech se zjišťují: dřevina, relativní souřadnice, výčetní tloušťka, věk, výška, délka kmene (pouze u listnatých dřevin s  $d_{1,3}$  nad 20 cm), tloušťka ve výšce 7 m (pouze u stromů s  $d_{1,3}$  nad 20 cm), poškození, sociální postavení. Pro každý strom je spočítána zásoba (přes dřevinu, výčetní tloušťku, průměr v 7 m a délku kmene). Smíšené porosty jsou při vyhodnocení rozděleny na ideálně nesmíšené a to tak, že pro každý strom je určena plocha odhadu korunového zápoje dle vzorce

$$F = b_0 + b_1 \cdot \frac{\pi}{4} d_{1,3}$$

Konstanty  $b_0$  a  $b_1$  jsou pro každou dřevinu tabelovány.

Jsou vypočítány zásoba, kruhová základna na hektar.

3) Kruhové zkusné plochy se vyměřují taktéž v rohách traktu a mají poloměr 1 m, 2 m a 4 m. Na těchto plochách se šetří obnova od 20 cm výšky do 10 cm výčetní tloušťky. Každé velikosti plochy, odpovídá jiná výšková třída obnovy. Jsou zjišťovány veličiny: dřevina, poškození zvěří a ochranná opatření.

4) Inventura cest se provádí počítáním jednotlivých průsečíků cest s taxačními liniemi a přepočty plošně na celé území a dále na 1 hektar.

### **Vyhodnocení**

Do vyhodnocení nevstupuje trakt, ani úseky na jednom traktu jako skupina ani jejich systematický výběr, ale uplatňuje se dvoufázový výběr. První fází jsou všechny úseky liniových traktů, druhou je výběr úseků s rohy (tj. se zkusnými plochami). Druhá fáze se opět dělí a to na dva stupně. V prvním stupni se linie (pás), rozdělí na čtverce a z těchto čtverců se vyberou rohové čtverce (tj. se zkusnými plochami).

Problematikou toho, že metoda vyhodnocení nekoresponduje s metodikou teorie výběru, se zabýval ve své práci Dahm (1995) a navrhnul právě

vyhodnocení dle teorie skupinového výběru. Na modelových datech Bádenska-Würtemberska se pak zásoba na hektar lišila o  $4 \text{ m}^3/\text{ha}$  a směrodatná odchylka se zvětšila z 1,7 na  $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ .



### **3. Zhodnocení stávající sítě Národní inventarizace lesů ČR**

#### **3.1. Základní pojmy NIL ČR**

Jeden cyklus celoplošné inventarizace v ČR již proběhl. Venkovní měření bylo provedeno v letech 2001 – 2004 a výsledky jsou již k dispozici, je tedy možno porovnat efektivnost a vhodnost zvoleného schématu výběru, přímo nad vyhodnocovanými daty.

**ZÁKLADNÍ INVENTARIZAČNÍ SÍŤ** – Hustota sítě je dána požadavkem přesnosti a výší vynaložených nákladů. Pro inventarizaci lesů v letech 2001 – 2004 bylo rozhodnuto MZe na základě pilotních projektů, že spon bodů bude 2 x 2 km. Tyto body jsou průsečíky linií výše uvedených parametrů a zároveň tvoří středy inventarizačních čtverců, které tyto body obklopují. Vygenerovaná síť je schopná podat informace na úrovních okresů, krajů, přírodních lesních oblastí a území ČR.

**INVENTARIZAČNÍ ČTVERCE** – Jsou plochy rovněž o rozměrech 2 x 2 km, které obklopují průsečíky bodů základní inventarizační sítě, které leží vždy ve středu inventarizačního čtverce. Jsou určitými reprezentativními územími pro umístění (lokalizaci) inventarizačních ploch.

**INVENTARIZAČNÍ PLOCHY** – Na každé ploše inventarizačního čtverce se nacházejí dvě plochy kruhového tvaru, které se nazývají inventarizační plochy. Poloměr obou inventarizačních ploch je 12,62 m. Velikost každé inventarizační plochy je 500 m<sup>2</sup>.

Střed 1. inventarizační plochy je umístěn generátorem náhodných čísel buď na střed inventarizačního čtverce nebo v jeho okolí – maximálně do vzdálenosti

300 m pod azimutem 0 – 360°.

Střed 2. inventarizační plochy je generátorem náhodných čísel umístěn v okruhu 0 – 360° od středu 1. inventarizační plochy vždy ve vzdálenosti 300 m.

TRANSEKT – Je spojnice středů dvou inventarizačních ploch, která má vždy délku 300 m. Při rozvaze, že průměrná velikost lesních porostů je v ČR 1 ha, je pravděpodobné, že transekt o délce 300 m poslouží k dostatečné rozrůzněnosti sledovaných údajů na inventarizačních plochách.

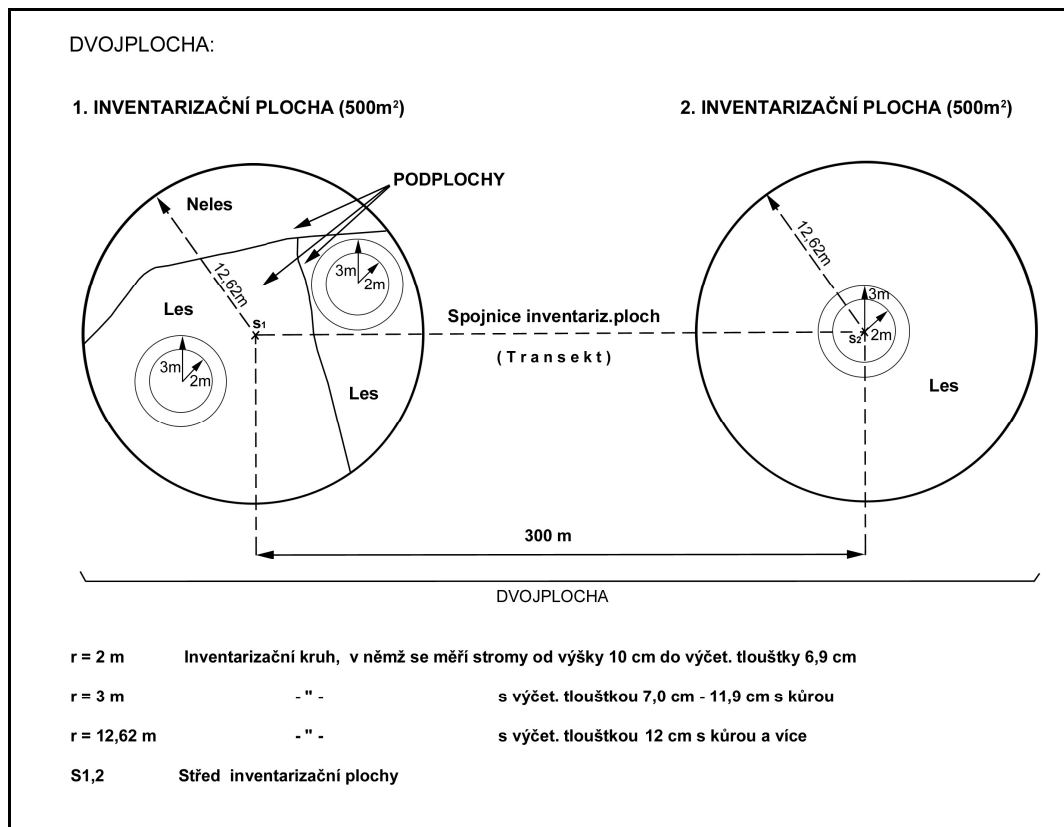
PODPLOCHY – Každá inventarizační plocha se může dělit na dílčí území, která se nazývají podplochy. Podplochy jsou vylišovány v případě, že inventarizační plochou probíhá hranice státu, hranice LES/NELES, hranice lesní porosty/bezlesí, výrazná hranice nesourodých částí porostu (věkově, druhově nebo výškově rozdílných) a výrazná terénní změna (podplocha neschůdná x schůdná nebo rozdíl sklonů podploch větší než 20°). Maximální počet podploch v rámci jedné inventarizační plochy je čtyři.

INVENTARIZAČNÍ KRUHY – Na každé podploše pro kategorii LES jsou v rámci inventarizace lesů zakládány dva inventarizační kruhy. První inventarizační kruh má poloměr 2 m a slouží ke sledování obnovy lesa. Druhý inventarizační kruh má poloměr 3 m a slouží k měření tenkých stromů s výčetní tloušťkou 7 cm – 11,9 cm s kůrou. Středů obou inventarizačních kruhů jsou totožné.

DVOJPLOCHA – Dvojplochu tvoří středy dvou inventarizačních ploch, které jsou spojené transektem a zároveň jsou obě inventarizační plochy zařazeny do kategorie LES.

JEDNOPLOCHA – Jednoplocha vzniká tehdy, je-li jeden ze středů inventarizačních ploch v rámci inventarizačního čtverce zařazen do kategorie LES a druhý střed inventarizačních ploch do kategorie NELES nebo kategorie MIMO ÚZEMÍ STÁTU.

**Obrázek č. 2.: Schéma dvojplochy – pohled shora**



Protože v textu užívám hojně nestandardních statistických pojmů, přikládám také jejich definice, aby nevznikl omyl nesprávnou interpretací:

**ABSOLUTNÍ CHYBA (KLADNÁ, ZÁPORNÁ)** – Ve výsledcích inventarizace, konkrétně v tabulkách pomocného programu Mastil je uveden bodový odhad parametru střední hodnoty – povětšinou vážený průměr, ale také rozpětí intervalového odhadu, dané zápornou a kladnou chybou. Protože je ve stejných jednotkách jako odhad střední hodnoty, nazývám jí absolutní chybou. Pro potřeby této práce je intervalový odhad, potažmo absolutní chyba vždy uváděna pro hladinu spolehlivosti 95 %, tj.  $\alpha=0,05$ , pokud není v konkrétním případě uvedeno jinak.

**RELATIVNÍ CHYBA** – Pro porovnání úrovně výpočtu nebo metody nelze bezpečně užít absolutní chyby, ani rozpětí intervalového odhadu. Pro srovnání je k dispozici **VARIAČNÍ KOEFICIENT**, který udává míru variability

v procentech, ale protože ve výsledcích se často operuje s intervalovým odhadem tj. absolutní chybou, pro zjednodušení a přehlednost uvádím při porovnání většinou relativní chybu. Relativní chyba je podíl absolutní chyba a odhadu střední hodnoty:

$$rel.chyba = \frac{|\pm u_{1-\alpha/2} D(\bar{y})|}{E(\bar{Y})}$$

Uvádí se v procentech a není-li uvedeno jinak, vychází z absolutní chyby na hladině spolehlivosti 95 %, tj.  $\alpha=0,05$

### 3.2. Základní soubor a základní statistické jednotky

Základní soubor je soubor jednotek, které vykazují sledované vlastnosti. Není tedy možné určit jedinou základní jednotku, protože jednotlivé vlastnosti se vztahují k jiným objektům.

Základní statistické jednotky, které připadají v úvahu při statistickém šetření NIL ČR, jsou inventarizační plocha, inventarizační podplocha, inventarizační kruhy (o poloměru 2 a 3 m) a strom. Pro určení lesnatosti by mohl připadat v úvahu i střed inventarizační plochy, či při výběru skupinovém i celá dvojplocha (pokud by byl výběr ve druhém stupni považován za výběr skupinový).

Výběrový soubor je tvořen těmi statistickými jednotkami, které jsou určitým matematicky popsatelným způsobem vybrány. Každému způsobu výběru odpovídá příslušná metoda odhadu parametrů základního souboru z charakteristik výběrového souboru (viz. kapitola 2.4.).

V praxi je ale aplikace teoretický výběrů složitá (viz. následující), a proto bývají jednotlivé kombinace výběrů co nejvíce zjednodušovány. To sice vede k určitému zkreslení výsledků, ale v praxi se běžně uplatňuje.

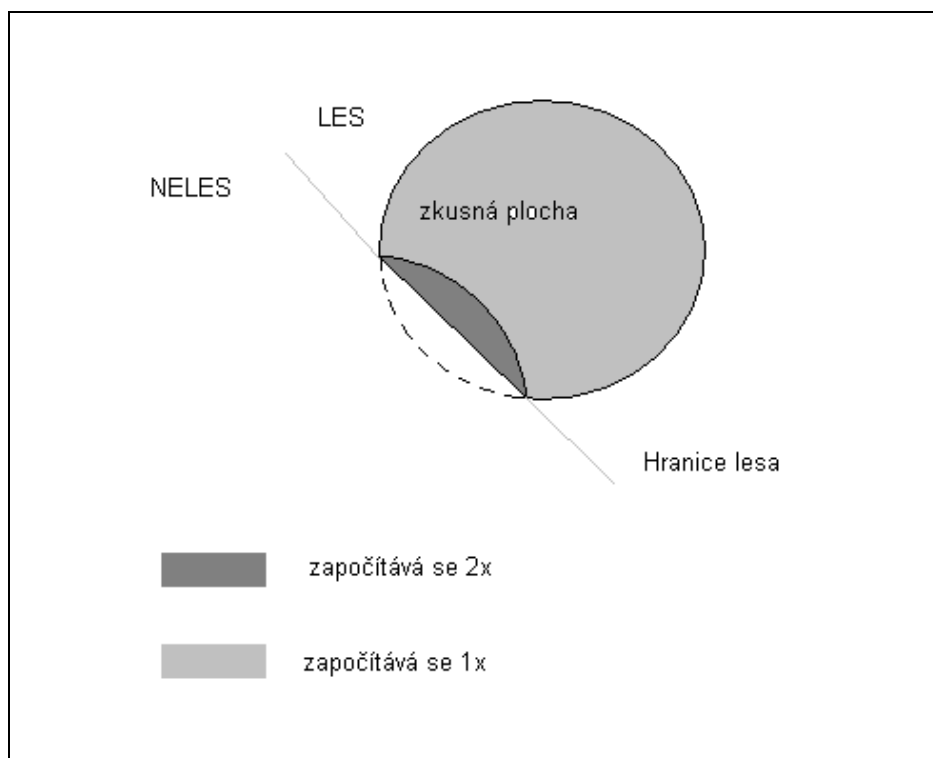
Výběrové schéma je stejné pro celou republiku, tj. není uplatněna žádná stratifikace. Výběr je složený a uplatňuje se výběr dvoustupňový, schématický (ve výpočtech většinou nahrazen prostým náhodným) a skupinový.

Při vyhodnocování se ještě může uplatnit výpočet odhadu stratifikací, ale dochází k stratifikaci po výběru tedy poststratifikaci, kdy předem neznáme velikost jednotlivých oblastí (strat).

Teoreticky je ale celé území rozděleno na dvě základní oblasti, a to LES a NELES. Výběr na úrovni ploch se uskutečňuje bez ohledu na tyto oblasti. Je vyhodnocen (sporné plochy vyhledány v terénu) a vlastní měření probíhá už pouze na oblasti LES. Vyhodnocení celkové, na plochu celé ČR není možné pro všechny položky zjišťované v informačním spektru, protože neproběhlo šetření na plochách, jejichž střed je sice v NELESe, ale zasahuje tam „podplocha“ LES. Takovýchto podploch bude řádově stejně, jako podploch NELES u ploch se středem v LESe. Těch je z celkového počtu měřených podploch 6,1 % a zaujímají plošný podíl 2,0 %.

Možným řešením by byla metoda zrcadlení tj. v němčině Spiegelungsmethode (Schmid, 1969). Kdy střed plochy určí, zda je celá plocha kategorie LES nebo NELES (v názvosloví NIL ČR). A na kousek plochy, který je oddělen hranicí LES-NELES se vztáhnou ty hodnoty, které plošně zaujímá ve zbytku zkusné plochy viz. obr. 3.

**Obrázek č.3:** *Hranice lesa probíhá zkusnou plochou – všechny plochy stejnou velikost*



Čistě teoreticky, pokud bychom chtěli uplatnit výběr skupinový se stejnými primárními výběrovými jednotkami (viz. kapitola 2.4.4.), museli bychom vyhodnotit všechny plochy včetně ploch NELES a zpětně vyčíslit na jednotlivé oblasti tj. hlavně na oblast LES.

Pokud se tedy týče druhého stupně výběru, neznáme velikost primárních jednotek základního souboru, ani počet sekundárních jednotek v nich, protože předem neznáme plochu lesa v jednotlivých čtvercích.

### **3.2.1. Dvojplocha**

Je třeba říci, že v druhé fázi se nevybere jedna plocha, ale dvě plochy – dvojplocha. Na první pohled je tedy vybrána skupina ploch. Ve výpočtech inventarizace se ale nikde nepočítá jako se skupinou ploch, ale berou se jako dvě nezávislé plochy.

Pro skupinový výběr platí, že odhad průměru má vždy větší chybu než při náhodném výběru jednoduchém, ovšem teoreticky je zanedbání tohoto uspořádání nesprávné.

Zanedbání skupinového výběru ploch je v národních inventarizacích běžné. Příkladem je i německá inventarizace, kde trakt je tvořen 1 – 4 plochami se čtvercovým uspořádáním, ale výpočet se uskutečňuje bez ohledu na tuto skupinu. Podrobně se tímto problémem zabýval Dahm (1995) a přepočítal výsledky podle teorie skupinového výběru. Odhadovaný průměr měl ovšem větší rozptyl než původní hodnota.

#### **3.2.1.1. Ověření nezávislosti ploch v rámci dvojplochy**

Cílem je prokázat, že dvě plochy v rámci dvojplochy mohou být považovány za nezávislé a vyhnout se tak výpočtu podle vzorců skupinového výběru. Pak jsou tyto vzorce nahrazeny prostým výběrem.

Středky ploch jsou od sebe vzdáleny 300 m, takže pravděpodobnost, že obě plochy leží ve stejném porostu, je malá, ovšem růstové podmínky mohou být podobné.

**Tabulka č.1:** Porovnání ploch v rámci dvojplochy

Vlastnost	Korelační koeficient	Výsledek
Nadmořská výška	0,99	jevy závislé
Lesní vegetační stupeň	0,97	jevy závislé
Edafická kategorie	0,42	jevy nezávislé
Půdotvorný substrát	0,71	jevy závislé
Půdní typ	0,44	jevy nezávislé
Vlastník	0,76	jevy závislé
Růstové stádium	0,1	jevy nezávislé
Průměrná tloušťka $d_{1,3}$	0,17	jevy nezávislé
Průměrný věk stromů	0,19	jevy nezávislé
Zásoba ha 1 ha	0,15	jevy nezávislé
Průměrná výška	-0,01	jevy nezávislé
Počet dřevin	0,27	jevy nezávislé
Počet stromů na ploše	0,14	jevy nezávislé

Závislost byla prokázána pouze u vlastností spojených s nadmořskou výškou a půdou, což je pochopitelné. I tyto vlastnosti ovlivňují růst, ale na dendrometrických veličinách se to neprojevílo, protože určující vlastností v tomto směru je věk.

Dalším ověřením je praktický výpočet zásob na Karlovarském kraji. Z ploch nezávisle na sobě tj. výsledek z 1. plochy dvojplochy (podle číselníku NIL ČR jsou to plochy 11 a 21) a 2. plochy dvojplochy (podle číselníku NIL ČR jsou to plochy 12, 13, 22 a 23).

Pro první skupinu dostáváme tento výsledek:

**Tabulka č.2:** Zásoba Karlovarského kraje z prvních ploch dvojplochy

zásoba	sm_odch	chyba_zap1	chyba_klad1	relat.chyba
313,78	231,12	-20,39	20,39	6,50

bodový odhad: 313,78 m<sup>3</sup>/ha

intervalový odhad: [293,39; 334,17] m<sup>3</sup>/ha

Pro druhou skupinu dostáváme tento výsledek:

**Tabulka č.3:** Zásoba Karlovarského kraje z druhých ploch dvojplochy

zásoba	sm_odch	chyba_zap1	chyba_klad1	relat.chyba
301,05	229,24	-19,83	19,83	6,59

bodový odhad: 301,05 m<sup>3</sup>/ha

intervalový odhad: [281,23; 320,88] m<sup>3</sup>/ha

Původní výpočet ze všech ploch:

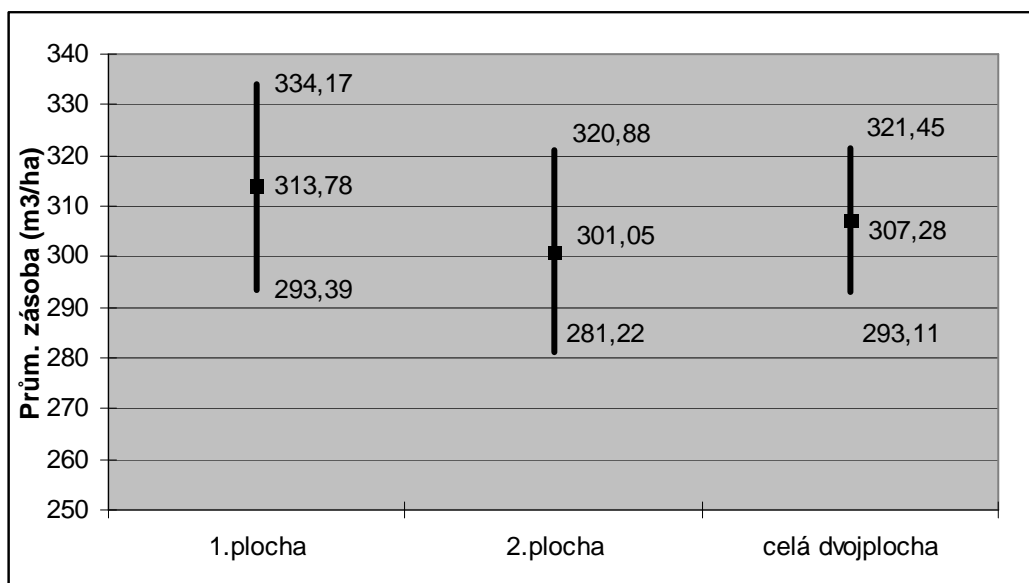
**Tabulka č. 4:** Zásoba Karlovarského kraje ze všech obou ploch dvojplochy

zásoba	sm_odch	chyba_zap1	chyba_klad1	relat.chyba
307,28	230,09	-14,17	14,17	4,61

bodový odhad: 307,28 m<sup>3</sup>/ha

intervalový odhad: [293,11; 321,46] m<sup>3</sup>/ha

**Graf č. 1:** Porovnání intervalových odhadů zásoby vypočtené z 1.plochy, 2. plochy a všech ploch



Bodové odhady se dost liší, ale všechny tyto odhady leží v intervalovém odhadu veličiny – zásoba s 95% spolehlivostí.

### 3.2.2. Plocha

Výběr je uskutečněn ve dvou stupních. Celé území je rozděleno na síť čtverců o délce strany 2 km a v prvním stupni se vybrala schématická síť bodů



(středů čtverců) – tj. výběr jednoho bodu z nekonečného množství bodů ve čtverci

2 x 2km. Síť čtverců není ukotvena náhodně, ale konsoliduje s kartografickou sítí. Jelikož ani tato síť nemá žádný vztah k přírodním podmínkám, neboli je také schématická, neplynou z toho žádné nevýhody (prakticky ji můžeme považovat za schématickou), ale lze toho využít při tisku orientačních mapek.

Ve druhém stupni je zvolena dvojice ploch a to takto: Generátorem náhodných čísel se vybere střed plochy v kruhu o poloměru 300 m okolo středu čtverce. Střed druhé kruhové plochy je zvolen náhodně na kružnici o poloměru 300 m okolo středu první plochy.

Pro případ nemožnosti měření na těchto plochách, tj. v případech, kdy plocha je přístupná a schůdná, ale z nějakého důvodu nelze měřit s elektronickými přístroji, byly zvoleny ještě plochy náhradní. Tyto plochy tedy nemají šanci se dostat do vyhodnocení a přichází se o část informace. Např. nikde nebude počítáno s plochami pod nebo v blízkosti elektrovedu, protože ty jsou nahrazeny náhradními plochami. Zdá se mi to jako chyba.

V druhém stupni výběru nemají všechny body čtverce stejnou šanci se dostat do výběru. Jsou to pouze ty body, které leží uvnitř kruhu o poloměru 600 m okolo středu čtverce. Ostatní body už se do výběru nedostanou (91 %), což by odporovalo nárokům na náhodný výběr. Lze to ale brát i tak, že v prvním stupni výběru byly vybrány právě plochy o poloměru 600 m, schématicky po celém území a v nich pak uskutečněn další výběr.

Čistě náhodné položení dvojplochy ve čtverci (resp. v ploše o poloměru 600 m), zdánlivě nadbytečné, bylo uskutečněno v rámci požadavků na utajení středů ploch (nezávislosti šetření).

Hranice LES - NELES probíhající zkusnou plochou se vylisuje tvorbou podploch pouze u ploch, jejichž střed je v lese. Plošně se tedy lesnatost spočítat nedá, protože chybí plošné určení lesa u ploch v kategorii NELES.

Teoreticky je ale celé území rozděleno na dvě základní oblasti a to LES a NELES. Výběr na úrovni ploch se uskutečňuje bez ohledu na tyto oblasti. Je vyhodnocen (sporné plochy vyhledány v terénu) a vlastní měření probíhá už

pouze na oblasti LES. Vyhodnocení celkové, na plochu celé ČR není možné pro všechny položky zjišťované v informačním spektru, protože neproběhlo šetření na plochách, jejichž střed je sice v NELESe, ale zasahuje tam „podplocha“ LES. Takovýchto podploch bude řádově stejně, jako podploch NELES u ploch se středem v LESe. Těch je z celkového počtu měřených podploch 6,1 % a zaujímají plošný podíl 2,0 %.

Pokud se tedy týče druhého stupně výběru, neznáme velikost primárních jednotek základního souboru, ani počet sekundárních jednotek v nich, protože předem neznáme plochu lesa v jednotlivých čtvercích.

Čistě teoreticky, pokud bychom chtěli uplatnit výběr skupinový se stejnými primárními výběrovými jednotkami (viz. kapitola 2.4.4.), museli bychom vyhodnotit všechny plochy včetně ploch NELES a zpětně vyčíslit na jednotlivé oblasti tj. hlavně na oblast LES.

Výpočet zásob z ploch je komplikován rozdělením na dvě části. Stromy s výčetní tloušťkou nad 12 cm jsou měřeny na celé ploše a stromy s výčetní tloušťkou mezi 7 a 12 jsou měřeny na kruhových plochách, které ale nejsou vždy se středem soustředné (to pouze v případě plocha=podplocha), ale jsou vytýčeny pro každou podplochu zvlášť. Pro odhad zásob z ploch je tedy tyto kruhy přepočítat přes hektarovou zásobu a výměru poplochy. Dostaneme změřenou hektarovou zásobu plochy. Odhad průměrné zásoby pak můžeme provést buď váženým průměrem nebo prostým aritmetickým průměrem. Oba odhady se budou lišit, i když ne moc výrazně, protože plochy nemají stejnou výměru. Pokud ji měly, oba odhady by splynuly.

Příklad: Na Karlovarském kraji získáme výpočtem z ploch následující hodnoty.

Váženým průměrem získáme zásobu 307,3 m<sup>3</sup>/ha.

Prostým průměrem získáme zásoby 305,6 m<sup>3</sup>/ha.

K výpočtu zásob nutno poznamenat, že zásoby nejsou počítány přímo z měřené veličiny, ale z kombinace měřené veličiny (výčetní tloušťka) a odhadnuté veličiny (výška). Pak také záleží na zvolené metodě výpočtu (odhadu) zásoby jednoho stromu.

### 3.2.3. Podplocha

Podplochy obecně mají rozdílnou velikost. Nesplňují svým charakterem vlastnosti základní jednotky pro výběr (nelze nalézt „čisté“ výběrové schéma). Prakticky se vychází ze spočetného souboru podploch, ale bez teoretického základu. Souvislost podploch na ploše se zanedbává a na výsledky se aplikuje prostý náhodný výběr s nebo bez přepočtu na velikost plochy.

Podplochy by se také daly obejít váženým průměrem hodnot na celou plochu, pak ale přicházíme o možnosti využít k stratifikaci stratifikátor určený právě na podplochu.

Teoreticky lze také považovat podplochy za sekundární výběrové jednotky, kde primární výběrovou jednotkou by byly porosty (nebo-li spíše území splňující vlastnosti pro vymezení podploch). Předpokladem, který ovšem není splněn, by bylo, že podplochy jsou nezávislé. Pak v primární výběrové jednotce je vybrána právě jedna sekundární výběrová plocha, a tím se zpětně dostáváme k prostému náhodnému výběru.

Pokud k výpočtu zásob použijeme podplochy, tak stejně jako u ploch dostaneme váženým průměrem stejný výsledek. Prostým průměrem ale značně odlišnou hodnotu tj. 288,2 m<sup>3</sup>/ha, protože i velikost podploch značně kolísá.

### 3.2.4. Kruhy

Na každé podploše kategorie LES se zakládají dva soustředné kruhy o poloměru 2 a 3. Tím že jsou vázány na podplochy, nesou si s sebou i jejich negativní vlastnost – nemožnosti najít teoreticky podloženého způsobu výběru.

Protože reprezentují podplochu, uplatňují se na ně stejná pravidla jako na výběr skupin. Teoreticky se jedná o další výběr, protože vybíráme plochu z mnoha možných na podploše.

### 3.2.5. Stromy

U stromů je uplatněn výběr skupinový, ať už je skupinou plocha nebo podplocha. Je to dvoustupňový výběr s výběrem skupin ve druhém stupni.

Stromy s výčetní tloušťkou nad 12 cm se měří bez ohledu na podplochy na celém území zkusné plochy.

Stromy s výčetní tloušťkou mezi 7 a 12 cm se měří s ohledem na podplochy, tj. v každé podploše zvlášť na kruhové zkusné ploše o poloměru 3 m. Jedná se vlastně o další podvýběr.

### 3.3. Velikost plochy

V Národní inventarizaci lesů ČR byly pro měření použity tři kruhové plochy o poloměru 12,6 m (pro stromy nad 12 cm včetně a ostatní popisné charakteristiky), 3m (pro stromy mezi 7 a 12 cm) a 2 m pro obnovu.

Z naměřených veličin lze snadno provést porovnání velikosti plochy s přesností výsledků (ovšem pouze pro stromy měřené po celé ploše, tj. stromy s výčetní tloušťkou větší než 12 cm). Využita jsou data z Karlovarského kraje.

Pro smrk s výčetní tloušťkou nad 12 cm:

**Tabulka č. 5:** Závislost „přesnosti“ veličiny: výčetní tloušťka SM na velikosti zkusné plochy ( $\alpha=0,05$ )

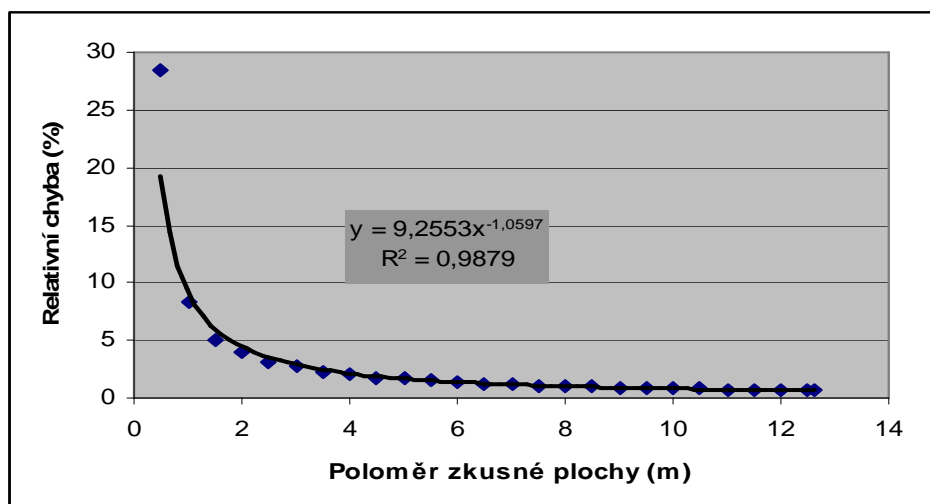
L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti ( $\pm$ )	Relativní chyba (%)
12,62	251,81	13784	1,65	0,66
12,5	251,66	13566	1,67	0,66
12	251,93	12544	1,73	0,69
11,5	252,17	11570	1,81	0,72
11	251,40	10590	1,89	0,75
10,5	251,31	9652	1,98	0,79
10	251,47	8789	2,08	0,83
9,5	251,74	7932	2,20	0,87
9	252,19	7103	2,33	0,92
8,5	252,11	6375	2,46	0,98
8	252,24	5686	2,61	1,03

L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti (±)	Relativní chyba (%)
7,5	252,19	4957	2,81	1,11
7	251,93	4328	3,02	1,20
6,5	251,91	3770	3,23	1,28
6	251,83	3214	3,50	1,39
5,5	252,37	2751	3,78	1,50
5	252,75	2249	4,20	1,66
4,5	253,51	1864	4,58	1,81
4	253,46	1456	5,20	2,05
3,5	253,44	1149	5,88	2,32
3	253,97	862	6,83	2,69
2,5	257,45	607	8,09	3,14
2	258,73	393	10,11	3,91
1,5	253,22	225	12,91	5,10
1	249,51	78	20,71	8,30
0,5	249,63	8	70,97	28,43

Poznámka: Byla použita data před vyčištěním databáze

Pro smrk, jako nejvíce zastoupenou dřevinu Karlovarského kraje, se variační koeficient prudce mění až s poloměrem okolo 3 m a ještě s poloměrem 5 m se vejde do intervalu spolehlivosti všech měření.

**Graf č. 2:** Relativní chyba průměrné výčetní tloušťky smrku v Karlovarském kraji



Pro borovici s výčetní tloušťkou nad 12 cm:

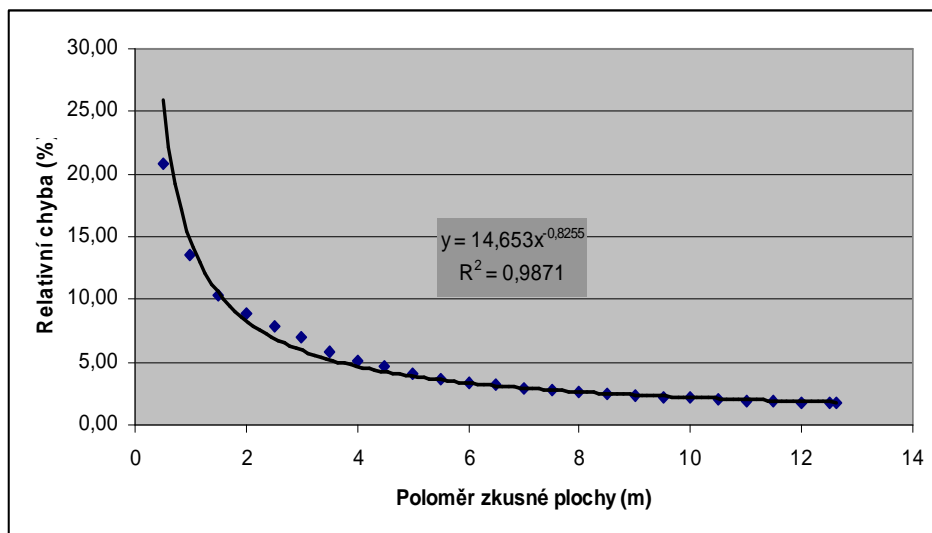
**Tabulka č. 6:** Závislost „přesnosti“ veličiny: výčetní tloušťka BO na velikosti zkusné plochy ( $\alpha=0,05$ )

L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti (±)	Relativní chyba (%)
12,61	255,76	1609	4,35	1,70
12,5	255,85	1577	4,39	1,71
12	254,84	1454	4,56	1,79
11,5	254,16	1350	4,73	1,86
11	254,32	1241	4,92	1,93
10,5	253,43	1104	5,17	2,04
10	253,40	1013	5,39	2,13
9,5	254,08	919	5,58	2,19
9	254,32	825	5,88	2,31
8,5	252,89	735	6,17	2,44
8	250,91	658	6,50	2,59
7,5	249,90	567	6,94	2,78
7	250,28	498	7,36	2,94
6,5	251,28	430	7,98	3,17
6	249,88	376	8,37	3,35
5,5	248,86	319	9,17	3,68
5	247,99	274	10,09	4,07
4,5	247,64	216	11,38	4,59
4	252,03	174	12,96	5,14
3,5	254,88	123	14,79	5,80
3	263,98	85	18,37	6,96
2,5	271,74	57	21,35	7,86
2	277,10	40	24,74	8,93
1,5	271,73	26	28,25	10,40
1	309,63	8	41,79	13,50
0,5	301,00	2	62,72	20,83

*Poznámka: Byla použita data před vyčištěním databáze*

U borovice je přechod pozvolnější. Zlom nastává mezi 4 a 6 metrem poloměru zkusné plochy. Což je patrné i z následujícího grafu a ještě s poloměrem 8,5 m se vejde do intervalu spolehlivosti všech měření.

**Graf č.3:** Relativní chyba průměrné výčetní tloušťky borovice v Karlovarském kraji



Pro buk s výčetní tloušťkou nad 12 cm:

**Tabulka č. 7:** Závislost „přesnosti“ veličiny: výčetní tloušťka BK na velikosti zkušné plochy ( $\alpha=0,05$ )

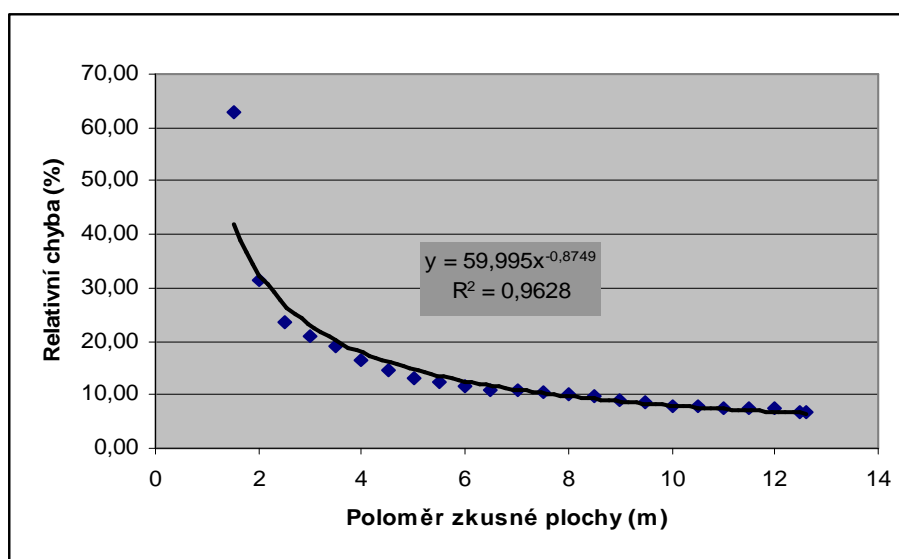
L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti (±)	Relativní chyba (%)
12,61	303,53	273	20,82	6,86
12,5	303,66	270	21,01	6,92
12	300,71	250	22,07	3,24
11,5	305,48	236	22,79	3,35
11	301,93	224	22,68	3,38
10,5	302,79	205	23,34	3,51
10	306,29	193	24,38	3,64
9,5	300,73	168	26,21	3,91
9	305,12	149	27,70	4,14
8,5	306,39	137	29,25	4,35
8	310,20	123	31,42	10,13
7,5	311,39	116	32,77	10,53
7	321,01	107	34,78	10,83
6,5	325,99	102	35,75	10,97
6	328,98	89	38,78	11,79
5,5	340,05	81	41,37	12,17

L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti (±)	Relativní chyba (%)
5	342,18	67	45,44	13,28
4,5	330,54	56	48,19	14,58
4	341,56	43	56,28	16,48
3,5	331,57	30	63,84	19,26
3	315,35	26	65,66	20,82
2,5	322,26	19	76,52	23,74
2	331,77	13	104,29	31,43
1,5	332,50	2	208,74	62,78
1		0		
0,5		0		

*Poznámka: Byla použita data před vyčištěním databáze*

Relativní chyba průměrné výčetní tloušťky u buku začíná výrazně narůstat kolem 4 m poměru zkusné plochy a ještě s poloměrem 7,5 m se vejde do původního intervalu spolehlivosti.

**Graf č. 4:** Relativní chyba průměrné výčetní tloušťky buku v Karlovarském kraji





Pro dub s výčetní tloušťkou nad 12 cm:

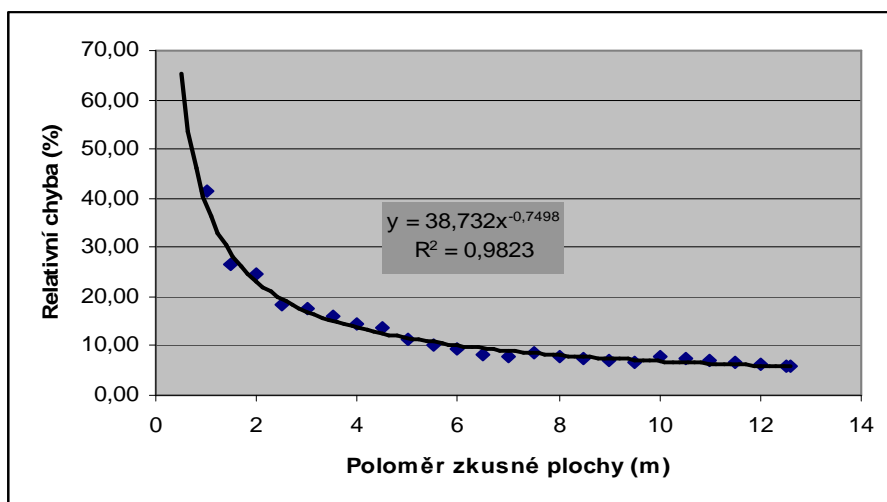
**Tabulka č. 8:** Závislost „přesnosti“ veličiny: výčetní tloušťka DB na velikosti zkusné plochy ( $\alpha=0,05$ )

L_m	Stř. hodnota - výčetní tloušťka	Počet	Interval spolehlivosti ( $\pm$ )	Relativní chyba (%)
12,61	221,07	241	13,13	5,94
12,5	221,07	241	13,13	5,94
12	220,73	230	13,57	6,15
11,5	221,64	213	14,35	6,47
11	222,26	192	15,46	6,95
10,5	222,52	181	16,24	7,30
10	222,30	166	17,07	7,68
9,5	216,45	150	14,66	6,77
9	217,76	135	15,41	7,08
8,5	221,55	122	16,57	7,48
8	221,33	114	17,41	7,87
7,5	222,06	101	19,09	8,60
7	214,26	86	16,66	7,78
6,5	212,54	76	17,72	8,34
6	213,18	62	20,17	9,46
5,5	215,57	51	21,83	10,12
5	218,86	44	24,55	11,22
4,5	224,76	34	30,57	13,60
4	220,18	28	31,75	14,42
3,5	223,05	19	36,00	16,14
3	215,46	13	37,63	17,47
2,5	230,67	6	42,51	18,43
2	212,25	4	51,90	24,45
1,5	193,33	3	51,36	26,57
1	179,00	2	74,48	41,61
0,5	141,00	1		

*Poznámka: Byla použita data před vyčištěním databáze*

Ač u dubu je nejmenší počet změřených stromů, je spojnice trendu poměrně spolehlivá. Razantnější nárůst relativní chyba je mezi 2 a 4 metrem poloměru zkusné plochy

**Graf č. 5:** Relativní chyba průměrné výčetní tloušťky dubu v Karlovarském kraji



Ač u dubu je nejmenší počet změřených stromů, je spojnice trendu poměrně spolehlivá. Razantnější nárůst relativní chyby je mezi 2 a 4 metrem poloměru zkusné plochy.

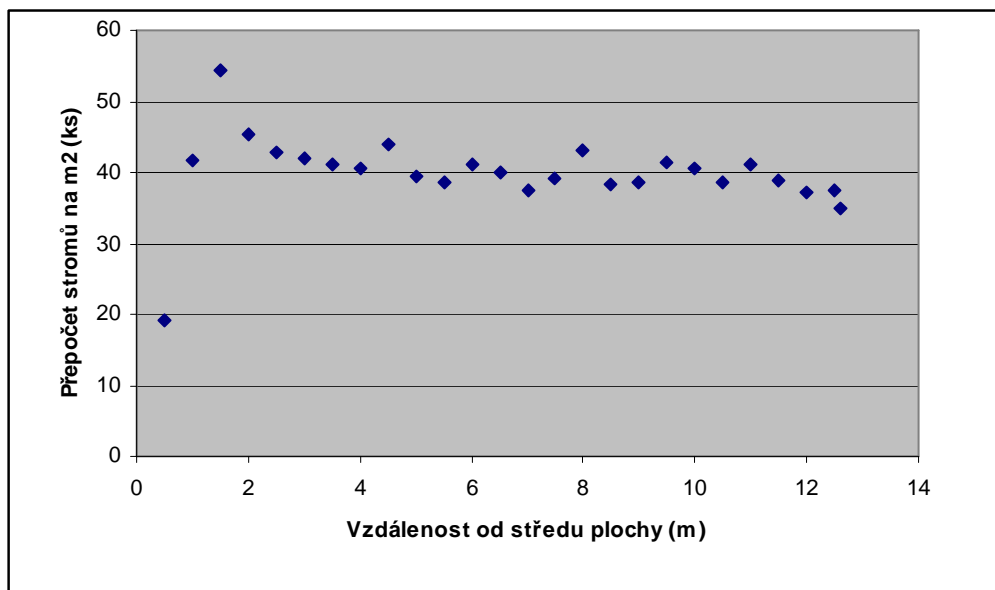
Následující tabulka ukazuje rozložení stromů po ploše v závislosti na vzdálenosti středu stromu od středu plochy:

**Tabulka č. 9:** Porovnání hustoty stromů všech dřevin pásmech od středu plochy v Karlovarském kraji

<i>r</i>	Četnost	Plocha	Přepočet na m <sup>2</sup>
0,5	15	0,79	19,10
1,0	98	2,36	41,59
1,5	214	3,93	54,49
2,0	250	5,50	45,47
2,5	303	7,07	42,87
3,0	362	8,64	41,90
3,5	420	10,21	41,14
4,0	477	11,78	40,49
4,5	586	13,35	43,89
5,0	588	14,92	39,40
5,5	638	16,49	38,68
6,0	741	18,06	41,02
6,5	787	19,63	40,08
7,0	797	21,21	37,58
7,5	895	22,78	39,29
8,0	1048	24,35	43,04
8,5	993	25,92	38,31

$r$	Četnost	Plocha	Přepočet na m <sup>2</sup>
9,0	1058	27,49	38,49
9,5	1204	29,06	41,43
10,0	1242	30,63	40,55
10,5	1240	32,20	38,51
11,0	1387	33,77	41,07
11,5	1378	35,34	38,99
12,0	1370	36,91	37,11
12,5	1447	38,48	37,60
12,615	317	9,07	34,94

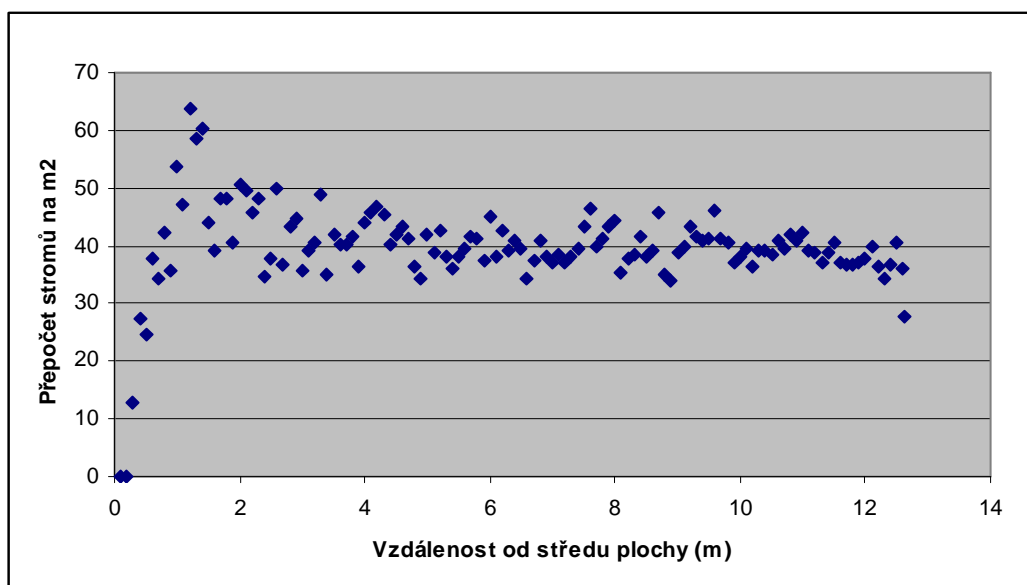
**Graf č. 6:** Počet stromů na 1 m<sup>2</sup> v pásmech od středu plochy – po půl metru



Hustota by měla být ve všech vzdálenostech stejná. U středu je zřetelný úbytek stromů. Je dán metodikou, která povoluje, padne-li střed do stromu, tento posunout. Následuje vysoký nárůst okolo 1,5 m, kde jsou právě stromy, od kterých se ustupovalo.

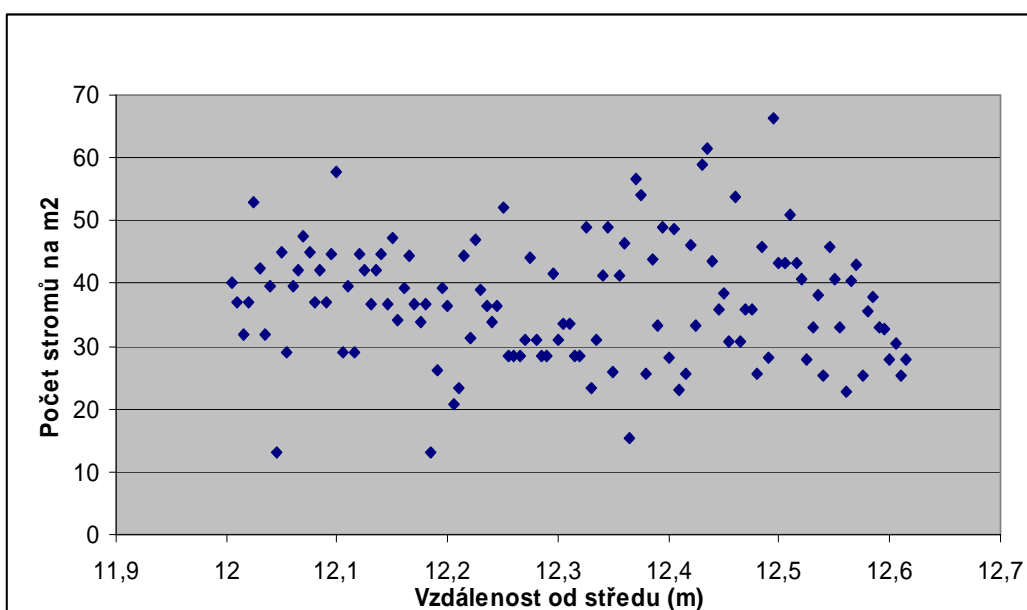
Podrobnější členění po 0,1 m:

**Graf č. 7:** Počet stromů na 1 m<sup>2</sup> v pásmech od středu plochy – po 0,1 m



I v podrobnější členění je vidět pokles na okraji plochy, celkově od poměru 10 m je zřejmý pozvolný pokles počtu stromů. Pro dokreslení uvádím ještě podrobnější členění, které zachycuje graf č. 8. Vzdálenosti jsou po pěti milimetrech (od poloměru 12 m) a hustota hodně kolísá.

**Graf č. 8:** Počet stromů na 1 m<sup>2</sup> v pásmech od 12 m do okraje plochy – po 0,005 m



S velikostí plochy úzce souvisí počet stromů na ploše. Za optimální je považováno (viz. kap. 2.3.3.3. str.10) mezi 15 – 25 stromy na ploše. Z dat inventarizace jsem zjistila následující informace.

Ploch s optimálním počtem stromů tj. 15 – 25 je 25 %. Ploch s více jak 25 stromy je 50 %, přičemž nejvyšší počet stromů na ploše byl 111. Měně jak 15 stromů bylo na plochách v 25 % případech (zde jsou zahrnuty i plochy bez stromů, těch jsou 4 %).

Pokud tedy spočítáme průměrný počet stromů na plochu, pak z ploch kategorie LES vychází 27,4 stromů na plochu a z ploch se stromy 28,4 stromů na plochu.

Kategorie s výčetní tloušťkou větší než 12 cm – 27 stromů na plochu (počítáno z ploch, kde jsou stromy této kategorie) a pro stromy s výčetní tloušťkou mezi 7 a 12 cm pak 2,7 stromů na plochu (počítáno z ploch, kde jsou stromy této kategorie).

Více jak polovina stromů (53,1 %) jsou smrky, u smrku je tedy k dispozici nejvíce biometrických dat. U monokultur smrku s více jak 25 stromy by se dalo uvažovat o rentabilitě těchto měření. V systému zpracování, kdy není přihlédnuto ke skupinovému výběru, je ale tato úvaha zbytečná.

### 3.4. Počty ploch

Jistěže pro účely inventarizace byly počty zkusných ploch naplánovány již předem. Odhad variability byl proveden na základě předběžného měření firmou IFER. Požadovanou přesností bylo 1% relativní chyby výpočtu zásob pro území celé České republiky.

Provedla jsem tedy přibližnou kalkulaci pro zpřesnění výpočtu zásob na jednotlivé kraje tzn. kolik ploch by bylo potřeba, aby se zvýšila přesnost na x %. Jako předběžné šetření mi tedy posloužily skutečné hodnoty naměřené v inventarizaci.

V uvedených tabulkách je první sloupec relativní chyba zásoby, vypočítaná ze stávajících dat, druhý sloupec je variační koeficient, třetí příslušná hodnota t-rozdělení pro  $\alpha=0,05$ , sloupec *procento* je požadovaná relativní chyba, *n-pp* - počet podploch, *plochy* – vypočítaný objem ploch, *výpoč. plochy* – plochy, které vstupují do výpočtu, *navíc* – počet ploch, které je třeba doměřit.

Jistěže uvedené výsledky jsou nejjednodušším způsobem výpočtu pro prostý náhodný výběr.

**Tabulka č. 11: Hl.m.Praha**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
29,03465285	0,750031273	2,048409442	0,25	38	33	31	8
			0,2	59	51	49	26
			0,15	105	90	87	65
			0,1	236	203	196	178

*Poznámka: Požadované procento zvýšeno vzhledem k malé velikosti kraje.*

**Tabulka č. 12: Středočeský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
2,946673898	0,689710478	1,961088856	0,025	2927	2318	2083	649
			0,02	4574	3621	3255	1952
			0,015	8131	6438	5787	4769
			0,01	18295	14485	13021	12816

**Tabulka č. 13: Jihočeský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
2,573384938	0,665819871	1,960884219	0,025	2727	2166	1923	121
			0,02	4261	3384	3005	1339
			0,015	7576	6017	5341	3972
			0,01	17046	13537	12018	11492

**Tabulka č. 14: Plzeňský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
2,993366359	0,66458972	1,961216185	0,025	2718	2297	2125	694
			0,02	4247	3589	3320	1986
			0,015	7550	6380	5903	4777
			0,01	16989	14356	13281	12753

**Tabulka č. 15: Karlovarský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
4,612344115	0,748838986	1,962303031	0,045	1066	807	682	38
			0,04	1350	1021	864	252
			0,035	1763	1334	1128	565
			0,03	2399	1816	1535	1047
			0,025	3455	2615	2211	1846
			0,02	5398	4086	3454	3317
			0,015	9597	7264	6141	6495
			0,01	21593	16343	13818	15574

**Tabulka č. 16: Ústecký kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
5,465802403	0,932694642	1,962080205	0,055	1107	871	750	
			0,05	1340	1054	908	171
			0,045	1654	1302	1121	419
			0,04	2093	1647	1418	764
			0,035	2734	2152	1852	1269
			0,03	3721	2928	2521	2045
			0,025	5358	4217	3631	3334
			0,02	8372	6589	5673	5706
			0,015	14884	11714	10085	10831
			0,01	33490	26356	22692	25473

**Tabulka č. 17: Liberecký kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
5,027412277	0,767624515	1,962607712	0,045	1121	924	805	183
			0,04	1419	1169	1018	428
			0,035	1853	1527	1330	786
			0,03	2522	2079	1810	1338
			0,025	3631	2993	2607	2252
			0,02	5674	4677	4073	3936
			0,015	10087	8315	7242	7574
			0,01	22697	18708	16294	17967

**Tabulka č. 18: Královehradecký kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
4,129985398	0,648647228	1,962462193	0,04	1013	877	784	53
			0,035	1323	1146	1024	322
			0,03	1800	1560	1394	736
			0,025	2593	2246	2008	1422
			0,02	4051	3510	3137	2686
			0,015	7202	6240	5577	5416
			0,01	16204	14040	12549	13216

**Tabulka č. 19: Pardubický kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
4,28628604	0,644893622	1,962689566	0,04	1001	829	736	106
			0,035	1308	1083	962	360
			0,03	1780	1474	1309	751
			0,025	2563	2123	1885	1400
			0,02	4005	3317	2945	2594
			0,015	7120	5897	5235	5174
			0,01	16021	13268	11779	12545

**Tabulka č. 20: Kraj Vysočina**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
3,455527379	0,635331919	1,961789167	0,03	1726	1425	1289	350
			0,025	2486	2052	1857	977
			0,02	3884	3207	2901	2132
			0,015	6904	5701	5158	4626
			0,01	15535	12826	11605	11751

**Tabulka č. 21: Jihomoravský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
3,999124874	0,716058123	1,961889211	0,035	1611	1324	1163	309
			0,03	2193	1802	1583	1802
			0,025	3158	2595	2280	2595
			0,02	4934	4055	3562	4055
			0,015	8771	7209	6333	7209
			0,01	19735	16220	14250	16220



**Tabulka č. 22: Olomoucký kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
3,832728982	0,682072355	1,960174814	0,035	1459	1104	946	181
			0,03	1986	1503	1287	580
			0,025	2860	2164	1853	1241
			0,02	4469	3381	2896	2458
			0,015	7945	6010	5148	5087
			0,01	17875	13524	11584	12601

**Tabulka č. 23: Moravskoslezský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
3,908696268	0,712258698	1,961820999	0,035	1594	1292	1120	255
			0,03	2169	1759	1524	722
			0,025	3124	2533	2194	1496
			0,02	4881	3958	3429	2921
			0,015	8678	7036	6095	5999
			0,01	19525	15831	13714	14794

**Tabulka č. 24: Zlínský kraj**

relat.chyba	Sx%	$t_{\alpha}$	procento	n - pp	plochy	vypoc.plochy	navíc
3,85537269	0,643918219	1,962175702	0,03	1774	1454	1255	573
			0,025	2554	2093	1807	1212
			0,02	3991	3271	2823	2390
			0,015	7095	5815	5020	4934
			0,01	15964	13083	11294	12202

### 3.5. Praktické poznámky k informačnímu spektru a jednotlivým výběrovým jednotkám

Informační spektrum zjišťované v rámci šetření NIL ČR je značně široké.

1) Šetření na inventarizační ploše:

*Identifikační číslo inventarizační plochy*

*Souřadnice středu inventarizační plochy*

*Souřadnice náhradního středu inventarizační plochy*

*Přístupnost a schůdnost inventarizační plochy*

*Nadmořská výška*

*Reliéf terénu na inventarizační ploše a v jejím okolí*

*Jména členů inventarizační skupiny*

*Datum měření*

*Druh vlastnictví lesa*

*Uživatelský vztah*

*Kraj*

*Přírodní lesní oblast*

*Kategorie lesa podle funkce*

*Soubor lesních typů*

2) Popis stromu

*Poloha stromu*

*Číslo stromu*

*Pozice stromu v mikroreliéfu*

*Označení dřeviny*

*Společenstevní postavení stromu*

*Příslušnost stromu k porostní vrstvě*

*Výskyt chůdovitých kořenů*

*Výskyt stojící souše*

*Výška rozdvojení hlavní osy kmene*

*Tvar koruny*

*Poškození způsobené těžbou a přibližováním dřeva*

*Poškození způsobené loupáním a ohryzem spárkatou zvěří*

*Poškození kmene hnilobou; výskyt dutin*

*Výskyt zlomu kmene*

*Ostatní škody na kmenech*

*Defoliace celé koruny smrku nebo borovice*

*Defoliace horní třetiny koruny smrku nebo borovice*

*Výskyt podvrcholové díry (u smrku a borovice)*

*Charakter a intenzita barevných změn asimilačních orgánů (u smrku a borovice)*

*Vitalita listnatých dřevina (u buku a dubu)*

*Kvalita kmene*

*Význam stromu z hlediska ochrany přírody*

*Příčina chybějícího nebo nově objeveného stromu na ploše*

3) Měření stromu

*Výčetní tloušťka stromu*

Výčetní tloušťka se měří na patě stromu. Změřením průměru a následným posunutím středu stromu o polovinu průměru směrem od přístroje, nastává problém u objemnějších stromů na hranici plochy. Skutečná osa kmene je může být mimo zkusnou plochu, protože v patě je strom vždy širší než ve výčetní tloušťce. Tento objem není plně kompenzován přesahy stromů vně zkusné plochy, protože u nich tento posun nenastává.

Měří se i výška měřistě tloušťky v případech, kdy nelze měřit ve výčetní výšce 1,3 m, ani nelze zprůměrovat dvě stejně odsazené tloušťky. Takovýchto stromů, je 10 % z celkového počtu. Ve vyhodnocení NIL ČR není zmíněno, zda a podle jaké metody se uskutečňuje přepočítání na výčetní tloušťku nebo zda-li tato tloušťka vstupuje do výpočtu místo ní.

*Výška stromu*  
*Výška nasazení živé koruny*  
*Výška bezsuké části kmene*

4) Šetření v rámci podplochy

*Identifikační číslo podplochy*

*Rozloha podplochy*

*Kategorie pozemku*

*Expozice terénu*

*Sklon terénu*

*Hospodářský tvar lesa*

*Bohatost struktury porostu*

*Stav péče o porosty*

*Stupeň přirozenosti lesního porostu*

*Stanoviště cenné bioty*

*Sesuv půdy*

*Eroze způsobená vodou*

*Lavinové pole*

*Zatížení lesa antropogenní činností*

*Stanovení zápoje a věku pro jednotlivé porostní vrstvy*

*Celková pokryvnost mechů*

*Celková pokryvnost kaprad'orostů*

*Celková pokryvnost travin*

*Celková pokryvnost bylin*

*Celková pokryvnost keříčkovitých bylin*

*Celková pokryvnost keřů*

*Pokryvnost jednotlivých druhů travin, bylin, mechů a kaprad'orostů*

*Pokryvnost jednotlivých druhů keřů na podploše*

*Výskyt potravy pro spárkatou zvěř, opad plodů a listů*

V této položce se vyskytuje opakovaně pokryvnost travin, bylin atd., i když je uvedena celková pokryvnost jednotlivých typů rostlin a dokonce podrobná pokryvnost jednotlivých rostlinných druhů.

*Přístupnost pro zvěř*

*Původ materiálu humusové vrstvy L (opad)*

*Mocnost nadložního humusu (vrstva F+H)*

*Humusová forma*

*Půdní typ*

*Hloubka prokořenění*

*Výskyt půdy hlubší než 30 cm*

*Výskyt epifytických lišejníků*

5) Obnova na podploše

Pokud je plocha tvořena jednou podplochou, pak obnova se zjišťuje v kruhu, v kterém se pohybuje měřič s přístrojem a zaměřuje stromy. Dochází tak z částečnému znehodnocení obnovy, pokud ne pro současné měření, pak částečně pro další měření. Mám na mysli různé osekávání nižších větví a zdupání obnovy. Bylo by dobré posunout tento kruh o pár metrů mimo střed.

*Přítomnost na podploše*  
*Původ obnovy*  
*Opatření na podporu vzniku přirozené obnovy*  
*Rozmísťování sazenic v kultuře nebo nárostu*  
*Forma smíšené dřevin v kultuře*  
*Faktory ovlivňující negativně obnovu*  
*Dřevina*  
*Výškové třídy obnovy*  
*Počet jedinců obnovy ve výškových třídách*  
*Věk dřeviny v obnově*  
*Ochranná opatření v obnově*  
*Poškození obnovy okusem a vytloukáním*  
*Poškození obnovy loupáním či ohryzem spárkatou zvěří*

6) *Ležící odumřelé dřevo*  
*Výskyt větví a těžebních zbytků*  
*Výskyt těžebních zbytků, vývrátů a ulomených kmenů tlustších než 7 cm*

7) *Pařezy*  
*Tloušťka pařezu*  
*Výška pařezu*  
*Stupeň rozkladu dřeva pařezu*

Měření na transektu:

8) *Inventarizace lesních cest*  
*Nadmořská výška lesní cesty*  
*Význam lesní cesty*  
*Kategorie lesní cesty*  
*Šířka koruny vozovky*  
*Druh povrchu vozovky*  
*Výskyt travního porostu na vozovce*  
*Spád cesty*  
*Stav náspejů*  
*Sesuvy a eroze na náspech cesty*  
*Stav odvodnění lesní cesty*

9) *Inventarizace potoků*  
*Šířka vodní hladiny potoku*  
*Stálost průtoku vody v potoku*  
*Spád toku*  
*Výskyt technických opatření pro hrazení bystřin*

10) *Inventarizace odvodňovacích zařízení*  
*Šířka vodní hladiny v odvodňovacím zařízení*  
*Stálost průtoku vody v odvodňovacím zařízení*

11) *Význačné body v terénu*  
*Druh bodu*

12) Inventarizace okrajů lesa  
*Hustota okraje lesa*  
*Dřeviny na okraji lesa*  
*Typ okraje lesa*  
*Výskyt a struktura pásů keřů na okraji lesa*

Z definice transektu, jako linie bez plochy, není možné vypočítat hustotu daného znaku, ale pouze procentuální zastoupení jednotlivých druhů výskytů.

### 3.6. Příklady výpočtů – srovnání metod výběru

Základem výpočtů jsou vzorce a principy uvedené v kapitole 2.4.

Strata neboli oblasti nemusí být souvislá území, mohou tedy být určeny kteroukoli vlastností. Smyslem je „zpřesnit“ výsledek výpočtem tzn. snížit relativní chybu resp. zúžit intervalový odhad. Logickým klíčem pro stratifikaci zásob je dřevina, věk resp. věkový stupeň nebo třída a nadmořská výška. Prvním příkladem je poststratifikace při výpočtu zásob v Jihočeském kraji.

Nejprve pro srovnání zásoba z výsledků šetření NIL ČR:

**Tabulka č. 25:** Zásoba dřeva ( $m^3/ha$ ) – Jihočeský kraj

Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
2287	2575	97,89133	374,11	252,00	-9,74	9,74	2,60

**Tabulka č.26:** Poststratifikace dle SLT pro výpočet zásoby ( $m^3/ha$ ) – Jihočeský kraj

SLT	Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
0C	1	1	0,05	346,86	0,00	nelze určit	nelze určit	
0G	30	34	1,48	317,65	203,66	-72,13	72,13	22,71
0K	33	36	1,51	329,98	192,26	-65,97	65,97	19,99
0M	11	14	0,58	232,44	171,03	-102,48	102,48	44,09
0O	2	3	0,10	472,39	133,47	-406,08	406,08	85,96
0P	16	18	0,73	379,09	222,61	-113,91	113,91	30,05
0Q	12	13	0,48	209,65	192,54	-121,10	121,10	57,76
0R	8	10	0,49	124,65	105,24	-79,36	79,36	63,67
0T	7	7	0,34	381,83	163,74	-163,57	163,57	42,84
0Z	1	1	0,05	40,35	0,00	nelze určit	nelze určit	
1G	4	4	0,14	387,33	220,07	-387,33	404,36	104,40
1L	7	7	0,25	420,20	189,66	-189,46	189,46	45,09
2C	2	2	0,08	395,78	118,48	-395,78	1505,48	380,39

SLT	Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
2F	1	1	0,05	195,38	0,00	nelze určit	nelze určit	
2H	5	7	0,14	159,46	192,98	-159,46	192,77	120,89
2I	2	2	0,04	490,90	98,19	-490,90	1247,68	254,16
2K	26	26	0,89	267,13	162,40	-66,90	66,90	25,04
2L	6	6	0,24	328,71	121,51	-139,69	139,69	42,50
2M	4	5	0,20	229,94	135,35	-187,90	187,90	81,72
2S	13	15	0,57	469,44	236,50	-135,56	135,56	28,88
3A	5	6	0,25	338,13	210,57	-242,07	242,07	71,59
3B	1	1	0,05	501,82	0,00	nelze určit	nelze určit	
3C	1	2	0,05	382,02	137,67	-382,02	1749,29	457,91
3D	2	4	0,09	384,97	300,13	-384,97	551,45	143,25
3H	33	39	1,21	389,93	283,83	-93,21	93,21	23,90
3I	34	41	1,46	332,56	204,29	-65,28	65,28	19,63
3K	121	150	5,32	305,18	229,11	-37,09	37,09	12,15
3L	12	12	0,43	289,89	235,52	-156,30	156,30	53,92
3M	9	10	0,35	192,56	110,34	-83,20	83,20	43,21
3N	3	3	0,10	314,36	237,66	-314,36	723,07	230,01
3O	16	20	0,72	348,53	239,79	-115,14	115,14	33,04
3P	13	16	0,60	375,62	188,07	-103,50	103,50	27,55
3Q	4	4	0,15	358,36	139,98	-257,19	257,19	71,77
3S	128	152	5,50	391,75	221,85	-35,67	35,67	9,11
3V	4	4	0,15	333,60	101,51	-186,51	186,51	55,91
3Z	1	1	0,05	394,11	0,00	nelze určit	nelze určit	
4A	1	2	0,08	60,60	82,34	-60,60	1046,21	1726,48
4B	17	20	0,73	300,24	210,90	-101,27	101,27	33,73
4C	2	2	0,10	247,52	34,18	-247,52	434,28	175,45
4G	10	11	0,52	368,67	243,01	-171,23	171,23	46,44
4H	14	17	0,59	341,85	264,34	-140,09	140,09	40,98
4I	26	27	1,12	351,97	195,89	-78,97	78,97	22,44
4K	144	154	5,84	364,79	207,65	-33,17	33,17	9,09
4M	4	5	0,15	150,60	159,98	-150,60	222,08	147,46
4N	5	5	0,25	373,19	187,21	-259,89	259,89	69,64
4O	45	51	1,89	381,98	249,22	-70,79	70,79	18,53
4P	116	126	4,60	351,32	220,22	-38,98	38,98	11,10
4Q	30	35	1,31	316,82	187,47	-65,34	65,34	20,62
4R	8	9	0,45	309,76	192,42	-156,88	156,88	50,65
4S	71	83	2,97	368,38	249,30	-54,77	54,77	14,87
4V	3	4	0,15	377,49	121,93	-224,02	224,02	59,35
5A	9	11	0,35	446,65	357,18	-251,67	251,67	56,35
5B	10	12	0,49	382,94	240,17	-159,38	159,38	41,62
5D	1	1	0,05	654,42	0,00	nelze určit	nelze určit	
5G	11	13	0,53	243,36	195,99	-123,27	123,27	50,65
5H	8	8	0,31	486,74	327,12	-292,36	292,36	60,06
5I	17	20	0,73	374,60	189,79	-91,13	91,13	24,33
5J	2	2	0,09	867,44	86,23	-867,44	1095,64	126,31
5K	249	275	10,26	369,15	223,08	-26,53	26,53	7,19
5L	7	7	0,30	329,54	315,20	-314,87	314,87	95,55
5M	8	8	0,39	377,65	95,96	-85,76	85,76	22,71

SLT	Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
5N	32	34	1,34	398,79	235,32	-83,34	83,34	20,90
5O	24	26	0,89	262,48	214,79	-88,48	88,48	33,71
5P	15	19	0,63	402,44	221,96	-109,91	109,91	27,31
5Q	2	2	0,05	283,65	87,64	-283,65	1113,55	392,58
5R	11	11	0,49	267,60	180,00	-126,83	126,83	47,39
5S	97	111	4,35	380,91	264,92	-50,06	50,06	13,14
5T	1	3	0,09	69,98	76,16	-69,98	231,71	331,11
5V	17	19	0,75	302,53	185,39	-91,81	91,81	30,35
5Y	1	1	0,50	0,00				
5Z	1	1	0,05	327,90	0,00	nelze určit	nelze určit	
6A	25	27	1,02	611,41	315,72	-127,27	127,27	20,82
6B	13	13	0,60	686,62	210,54	-132,42	132,42	19,29
6D	8	11	0,34	375,52	425,77	-300,00	300,00	79,89
6F	2	2	0,10	300,82	72,29	-300,82	918,59	305,36
6G	8	8	0,28	334,54	136,95	-122,40	122,40	36,59
6I	17	17	0,68	520,30	259,91	-137,74	137,74	26,47
6K	200	220	8,64	428,69	252,34	-33,61	33,61	7,84
6L	4	4	0,19	136,34	95,80	-136,34	176,02	129,10
6M	2	2	0,09	387,73	35,40	-387,73	449,74	115,99
6N	33	37	1,45	491,39	252,57	-85,37	85,37	17,37
6O	32	35	1,22	361,86	290,59	-101,28	101,28	27,99
6P	17	18	0,85	332,50	251,78	-128,84	128,84	38,75
6R	1	1	0,05	54,06	0,00	nelze určit	nelze určit	
6S	76	87	3,13	452,70	306,55	-65,71	65,71	14,52
6U	1	1	0,04	711,20	0,00	nelze určit	nelze určit	
6V	70	78	3,09	482,75	331,93	-75,32	75,32	15,60
6Y	5	6	0,25	320,68	193,58	-222,54	222,54	69,40
6Z	1	1	0,05	790,54	0,00	nelze určit	nelze určit	
7F	1	1	0,05	476,12	0,00	nelze určit	nelze určit	
7G	32	35	1,27	269,93	244,95	-85,37	85,37	31,63
7K	42	45	2,01	433,83	208,62	-63,38	63,38	14,61
7N	6	7	0,30	470,39	216,62	-216,39	216,39	46,00
7O	26	30	1,09	413,45	297,25	-112,89	112,89	27,30
7P	13	18	0,74	304,59	305,67	-156,41	156,41	51,35
7Q	1	1	0,05	449,16	0,00	nelze určit	nelze určit	
7R	7	7	0,25	250,25	158,18	-158,01	158,01	63,14
7S	14	14	0,70	470,34	262,84	-157,49	157,49	33,48
7T	1	1	0,05	158,02	0,00	nelze určit	nelze určit	
7V	10	11	0,44	298,46	285,20	-200,95	200,95	67,33
8G	3	3	0,10	468,71	174,77	-468,71	531,73	113,45
8K	12	14	0,54	340,77	238,95	-143,17	143,17	42,02
8R	2	2	0,10	228,66	175,08	-228,66	2224,58	972,87
8T	1	1	0,05	348,85	0,00	nelze určit	nelze určit	
8V	1	2	0,10	257,89	257,89	-257,89	3276,86	1270,62
8Y	1	1	0,05	103,38	0,00	nelze určit	nelze určit	
9R	2	2	0,10	14,28	5,26	-14,28	66,83	467,84
celkově				<b>373,3943</b>		<b>-9,20</b>	<b>9,20</b>	<b>2,46</b>

U SLT, jako stratifikátoru je chybou hlavně velké množství oblastí, které sdružují malé množství ploch. Možná pro větší množství dat by byl výsledek příznivější. Takto je výpočet základní (relativní chyba – 2,6 %) pouze o málo větší než při poststratifikaci (relativní chyba – 2,5 %)

Zásoba smrku v jihočeském kraji:

**Tabulka č.27:** Zásoba smrku ( $m^3/ha$ ) – Jihočeský kraj

Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
1878	2575	97,89	<b>225,88</b>	252,12	-9,74	9,74	<b>4,31</b>

**Tabulka č.28:** Poststratifikace dle lesních vegetačních stupňů (LVS) pro výpočet zásoby smrku ( $m^3/ha$ ) – Jihočeský kraj

LVS	Počet	Rozsah	Celk.plocha	Zásoba	Sm.odchyl.	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
2	28	50	1,63	<b>111,65</b>	172,93	-49,65	49,65	<b>44,46</b>
3	353	551	20,00	<b>155,12</b>	200,86	-16,82	16,82	<b>10,85</b>
4	442	657	25,20	<b>154,41</b>	197,04	-15,11	15,11	<b>9,78</b>
5	424	572	21,43	<b>214,77</b>	242,50	-19,93	19,93	<b>9,28</b>
6	510	609	23,80	<b>352,02</b>	293,15	-23,35	23,35	<b>6,63</b>
7	102	114	4,90	<b>343,06</b>	258,36	-48,15	48,15	<b>14,04</b>
8	19	22	0,94	<b>296,09</b>	237,95	-107,98	107,98	<b>36,47</b>
celkově				<b>225,88</b>		<b>-9,22</b>	<b>9,22</b>	<b>4,08</b>

Taktéž v tomto případě vede poststratifikace k zlepšení výsledku tj. zúžení intervalu spolehlivost a to ve větší míře nejen stratifikátorem – lesní vegetační stupeň (potažmo nadmořská výška), ale tím, že se zásoba počítá pro jednu dřevinu.

Porovnání výpočtu prostého výběru se skupinovým výběrem na příkladu poškození obnovy v Krušných horách.

Nejprve poškození dřevin – **prostý náhodný výběr:**

**Tabulka č. 29:** Poškození obnovy s výškou do 1,3m; dřevina jeřáb; Krušné hory

Počet	Rozsah	Poškozeno (%)	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
51	102	<b>50,00</b>	-10,07	10,07	20,13



### Skupinový výběr:

**Tabulka č. 30:** Poškození obnovy s výškou do 1,3m; dřevina jeřáb; Krušné hory

Počet	Poškozeno (%)	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
18	65,46	-17,38	17,38	26,56

Prostý náhodný výběr – poškození vypočítáno z hektarových počtů (v intervalu spolehlivosti resp. absolutní i relativní chybě se projeví nejen počet jedinců poškozených zvířít, ale počet lokalit na kterých proběhlo měření).

**Tabulka č. 31:** Poškození obnovy s výškou do 1,3m; dřevina jeřáb; Krušné hory

Poškozeno (%)	Směr.odchylna	Záp. chyba	Klad.chyba	Rel. chyba
50,00	82,53	-40,44	40,44	80,88

V těchto třech uvedených výpočtech (tabulkách) ač z různými výsledky není ani jeden zásadně chybný (s patřičným komentářem). Poškození obnovy se liší o 15,46 %, ale tyto údaje nerepresentují stejnou hodnotu. Pokud by na všech plochách pro měření obnovy byl stejný počet jedinců, pak i poškození by bylo ve všech třech případech stejné. Záleží na tom, co rozumíme pod poškozením obnovy.

V prvním případě jde poškození jedince – vyberu-li z populace náhodně jednoho jedince, s jakou pravděpodobností bude poškozen okusem? V druhém případě jde i o rozmístění a hustotu obnovy – přijdu-li v lese náhodně na nějaký bod, s jakou pravděpodobností tam naleznu jedince poškozeného okusem? Třetí případ je obměnou prvního s tím rozdílem, že zohledňuje to, že nebyl proveden náhodný výběr jedinců, ale ploch a těch bylo samozřejmě mnohem méně než jedinců.

Na první pohled je patrné, proč se dává přednost prostému výběru před skupinovým, i když není teoreticky správný. Proč není správný uvedu na teoretickém příkladu, bez výpočtu, protože ač jsem se snažila vybrat jednoduchý praktický příklad, není to z tabulek na první pohled patrné.

Máme-li 10 ploch z nich na 9 není žádné poškození a na jedné ploše stoprocentní poškození. Bude-li na zdravích devíti plochách po jednom jedinci tj. dohromady devět a na poškozené ploše pro jednoduchost také 9, je poškození počítané z počtu jedinců bez ohledu na skupinu 50 %, ale poškození obnovy ze skupin je pouze 10 %. Pokud bude poškození na všech plochách

víceméně rovnoměrné, pak se ani výsledky nebudou zásadně lišit. V tabulkách je řešen obdobný případ, kdy se ale počty jedinců obnovy na jednotlivých plochách neliší tak zásadně.

## **4. Využití stávajících dat pro další projekty**

Data naměřená v rámci prvního cyklu inventarizace nemusí sloužit jenom svému prvotnímu účelu tj. nezávislé šetření jako kontrolní nástroj státu. Dílčí výsledky lze aplikovat na jakékoliv územní celky a využít jich pro nadstavbové projekty.

Jako příklad mohu uvést projekty, na kterých jsem pracovala. Projekt Vliv zvěře na lesní ekosystém Krušných hor (součástí bylo vyhodnocení škod zvěří v oboře Fláje) a Výsledky inventarizace lesů ČR aplikovány na biotopy soustavy Natura 2000. Jako příklady své práce je zde uvedu částečně oba, protože se liší zásadně svým charakterem. Do prvního projektu vstupuje jediný územní celek a v druhém dílčí území biotopů Natura 2000.

### **4.1. Projekt Vliv zvěře na lesní ekosystém Krušných hor**

Podotýkám, že využití dat NIL ČR je pouze malou součástí daného projektu, ale bylo zásadní pro stanovení dynamiky poškození v dané lokalitě. Princip byl jednoduchý, využila se původní data NIL ČR a stejných plochách se změnila potřebná data (pouze data potřebná k výpočtům škod zvěří). Metodika zpracování dat byla použita z NIL ČR. Venkovní měření poškození zvěří se uskutečnilo po cca 5 letech a vyhodnocoval se vývoj. Na plochách NIL se tedy uskutečnila jakýsi omezený „2.cykklus“ (podrobněji k následném měření v kap. 5.).

Nejprve se přepočítaly výsledky NIL na zájmové území, které nekopírovalo PLO 01, ale je vymezeno bývalými LHC na tomto území vyjma bývalého LHC Františkovy Lázně. V zásadě se dá těžiště škod zvěří rozdělit do dvou úkolů, poškození obnovy a poškození loupáním. V rámci posouzení škod na obnově byla provedeno celkové vyhodnocení obnovy a to včetně vymezení tzv. provozně využitelné obnovy.

V uvedené oblasti Krušných hor je celkem 577 ploch a 729 podploch z jejichž šetření vycházím.

**Tabulka č. 32: Poškození obnovy zvěří – Krušné hory:**

Druh	Počet /ha			Procento
	Hodnota	( - )	( + )	
Celková obnova	9873,50	-1916,61	1916,61	100,00
Poškození zvěří	3190,74	-621,75	621,75	32,32

V tabulce je uveden odhad náhodných veličin: počet jedinců obnovy na hektar a počet poškozených jedinců na hektar s vymezeným intervalem spolehlivosti na hladině  $\alpha=0,05$ . K porovnání nám poslouží přepočítaná relativní chyba, vypočítaná obdobně jako variační koeficient tj. vztahení absolutní chyby k průměru. U celkové obnovy je to 19,4 %.

**Tabulka č. 33: Obnova – Karlovarský kraj**

Druh	Počet /ha		
	Hodnota	( - )	( + )
Celková obnova	11078,06	-1707,19	1707,19

Relativní chyba ve smyslu předchozího textu u počtu jedinců obnovy na hektar pro Karlovarský kraj je 15,4 %.

**Tabulka č. 34: Obnova – ČR**

Druh	Počet /ha		
	Hodnota	( - )	( + )
Celková obnova	10854,43	- 447,02	447,02

Relativní chyba ve smyslu předchozího textu u počtu jedinců obnovy na hektar pro ČR je 4,1 %.

Porovnáním jednotlivých relativních chyb vidíme, že čím větší územní celek, tj. více zkušných ploch, tím menší relativní chyba tj. přesnější výsledek. Je ale pouze na zadavateli, jak přesné chce mít výsledky. Opakovaným měřením na stejných jednotkách se výsledky zpřesňují.

Vyhodnotíme-li poškození procentuálně pro skupinový výběr získáme pro nezávislá data:

**Tabulka č. 35:** Poškození obnovy v procentech – Krušné hory (nezávislá měření)

průměr	$S_x$	(-)	(+)	relat.chyba
32,32	97,40	-8,58	8,58	26,55

Vyhodnotíme-li poškození procentuálně, získáme pro závislá data:

**Tabulka č.36:** Poškození obnovy v procentech – Krušné hory (závislá data)

průměr	$S_x$	(-)	(+)	relat.chyba
32,31	39,57	-3,49	3,49	10,79

V tomto konkrétním případě je Pearsonův korelační koeficient roven 0,833, tudíž můžeme prohlásit data za závislá a relativní chyba odhadu poškození dřevin je tím snížena z 26,6 % na 10,8 %.

Další těžiště projektu bylo vymezení provozně využitelné obnovy ze struktury dat NIL a její poškození. Provozně využitelná obnova byla definována jako obnova na volné ploše a obnova pod porostem nad 80 let věku. Vycházelo se z požadavku vyčíslení škod, kde škody mimo provozně využitelnou obnovu nejsou ekonomickou újmou. Dá se tedy odlišit vliv zvěře na ekosystém a na hospodaření v lese.

#### **4.2. Posouzení škod způsobených zvěří v oboře Fláje**

Škody zvěří v oboře Fláje byly měřeny v rámci projektu Vliv zvěře na lesní ekosystém Krušných hor. Primárním cílem bylo zjistit, jak moc se liší zatížení ekosystému uvnitř obory určené pro zvěř na území celých Krušných hor. Uvádím ho zde proto, že v jeho rámci bylo provedeno zahuštění stávající sítě NIL ČR, aby výsledky byly průkaznější.

Vycházelo se z původních 9 bodů NIL v lese. Na těchto bodech je 12 podploch, z toho 6 s přítomností obnovy (při prvním měření – 5 podploch).

Kalkulace na potřebný počet ploch byla provedena z prvního měření, tedy měření NIL. Cílem bylo zúžit intervalový odhad natolik, aby se relativní chyba neblížila 100 %, což byl případ většiny měřených veličin obnovy. U loupání byla situace lepší, protože na daném území byly změřeny desítky stromů, což vedlo k lepším výsledkům.

Pro zlepšení výsledků bylo dodatečně změřeno 56 ploch obnovy (celkově tedy 64 ploch resp. 79 podploh a z toho 46 s obnovou) a 18 ploch pro loupání (celkově tedy 26 ploch). Dodatečné venkovní šetření bylo provedeno v roce 2007 (2 týdny).

Z výsledků je patrné, že došlo k výraznému snížení relativních chyb měřených veličin např. u přítomnosti obnovy na ploše z min. 70 % na min.26 %.

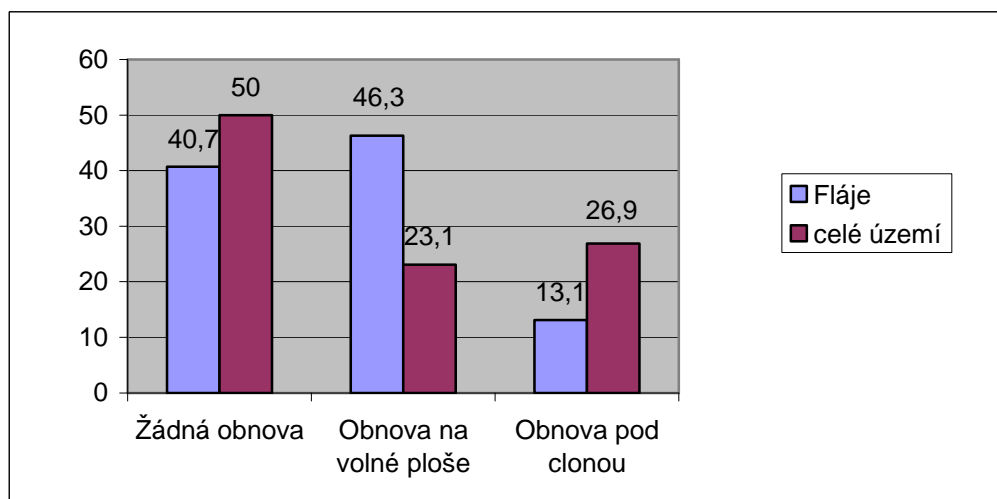
#### 4.2.1. Porovnání s celkovou oblastí Krušných hor

**Tabulka č. 37 : Přítomnost obnovy na podploše**

Podmínky	Fláje			celé území		
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Žádná obnova	40,7	-11,3	12,0	50,0	-4,2	4,2
Obnova na volné ploše	46,3	-11,6	11,8	23,1	-3,3	3,5
Obnova pod clonou	13,1	-7,1	10,6	26,9	-3,7	3,9
Celkem	100,0			100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

**Graf č. 9: Přítomnost obnovy na podploše (%)**



V oboře Fláje má vysoký podíl obnova na volné ploše 46,3 % oproti 23,1 % na celém území.

Obnovy pod clonou je 13,1 % a ploch bez obnovy 40,3 %.

**Tabulka č. 38: Původ obnovy – Fláje**

Podmínky	Původ	% plochy		
		Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Žádná obnova	Nehodnoceno	40,7	-11,3	12,0
Obnova na volné ploše	Přirozené zmlazení, umělé < 20 %	2,9	-2,6	7,3
Obnova na volné ploše	Přirozené dop. umělé 20 - 50 %	1,7	-1,7	7,6
Obnova na volné ploše	Umělá obnova, přiroz. < 20 %	41,6	-11,1	11,6
Obnova pod clonou	Přirozené zmlazení, umělé < 20 %	12,8	-7,2	11,2
Obnova pod clonou	Umělá obnova, přiroz. < 20 %	0,3	-0,3	1,4
Celkem		100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

**Tabulka č.39: Původ obnovy – celé území**

Podmínky	Původ	% plochy		
		Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Žádná obnova	Nehodnoceno	50,0	-4,2	4,2
Obnova na volné ploše	Přirozené zmlazení, umělé < 20 %	6,0	-1,7	2,0
Obnova na volné ploše	Přirozené dop. umělé 20 - 50 %	0,7	-0,5	1,1
Obnova na volné ploše	Umělá obnova, přiroz. 20 - 50 %	1,6	-0,9	1,5
Obnova na volné ploše	Umělá obnova, přiroz. < 20 %	14,8	-2,7	3,0
Obnova pod clonou	Přirozené zmlazení, umělé < 20 %	24,9	-3,6	3,8
Obnova pod clonou	Přirozené dop. umělé 20 - 50 %	0,2	-0,2	0,6
Obnova pod clonou	Umělá obnova, přiroz. 20 - 50 %	0,2	-0,2	0,9
Obnova pod clonou	Umělá obnova, přiroz. < 20 %	1,5	-0,8	1,4
Celkem		100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

Umělá obnova v oboře (41,9 %) zásadně převažuje nad přirozeným zmlazením (15,7 %). Na celém území Krušných hor je tomu naopak (umělá – 16,3 %, přirozená – 30,9 %).

**Tabulka č. 40: Výskyt dřevin v obnově**

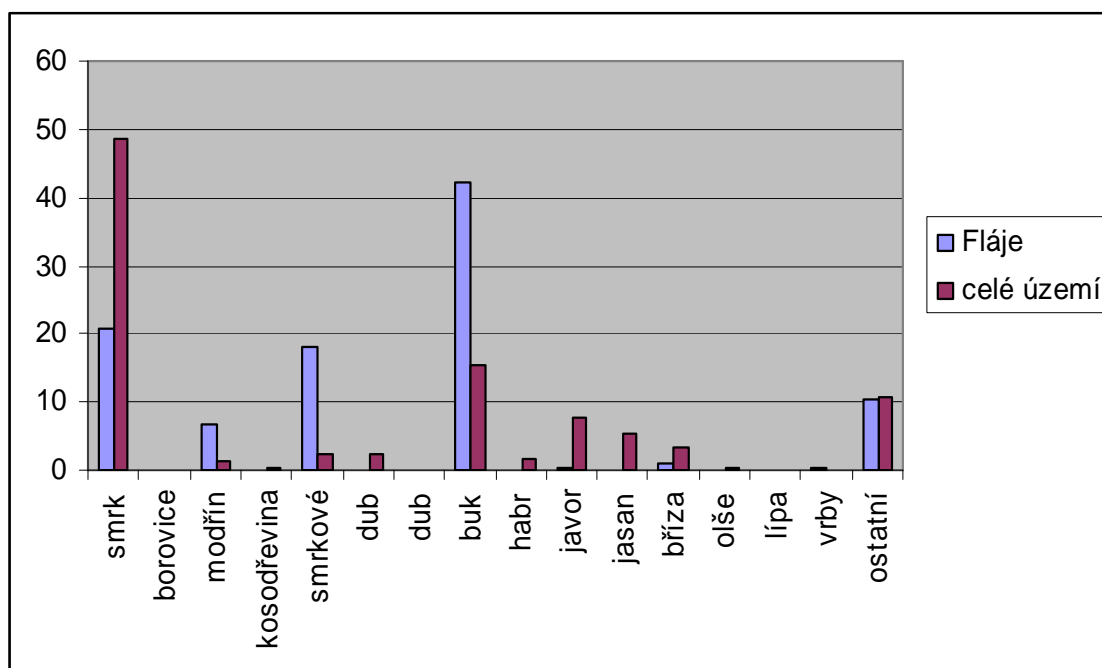
Druh	Fláje		celé území	
	Hodnota	Procento	Hodnota	Procento
smrk ztepilý	463,4	20,7	1452,2	48,5
borovice			4,5	0,1
modřín	151,1	6,8	44,6	1,5
kosodřevina			10,0	0,3
smrkové exoty	402,9	18,0	72,4	2,4
dub			68,0	2,3

Druh	Fláje		celé území	
	Hodnota	Procento	Hodnota	Procento
dub červený			2,2	0,1
buk	946,9	42,3	460,3	15,4
habr			51,3	1,7
javor	10,1	0,5	229,6	7,7
jasan			154,9	5,2
bříza	20,1	0,9	105,9	3,5
olše			11,1	0,4
lípa			3,3	0,1
vrby	10,1	0,5	1,1	0,0
ostatní listnaté	231,7	10,4	324,3	10,8
Celkem	2 236,2	100,0	2995,9	100,0

Kromě nižší druhové pestrosti se projevilo vysoké zastoupení smrkových exotů (18,0 %).

Vysoké procento buku v oboře je třeba brát s rezervou, protože je zastoupený velký počet jedinců buku, ale na malém množství ploch (stěžejní výskyt je kolem potoka). To se projeví vysokou relativní chybou (nad 100 %), což v tomto přehledu není vidět.

**Graf č. 10:** Porovnání výskytu druhů v obnově (%)





**Tabulka č. 41:** Počet jedinců ve výškových třídách obnovy Fláje

Výšková třída	Počet / ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
0,1 - 0,5 m	1 279,3	-1 279,3	1 333,1	57,2
0,5 - 1,3 m	685,0	-299,0	299,0	30,6
1,3 m do dbh 6,9 cm s k.	272,0	-166,1	166,1	12,2
Celkem	2 236,2			100,0

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

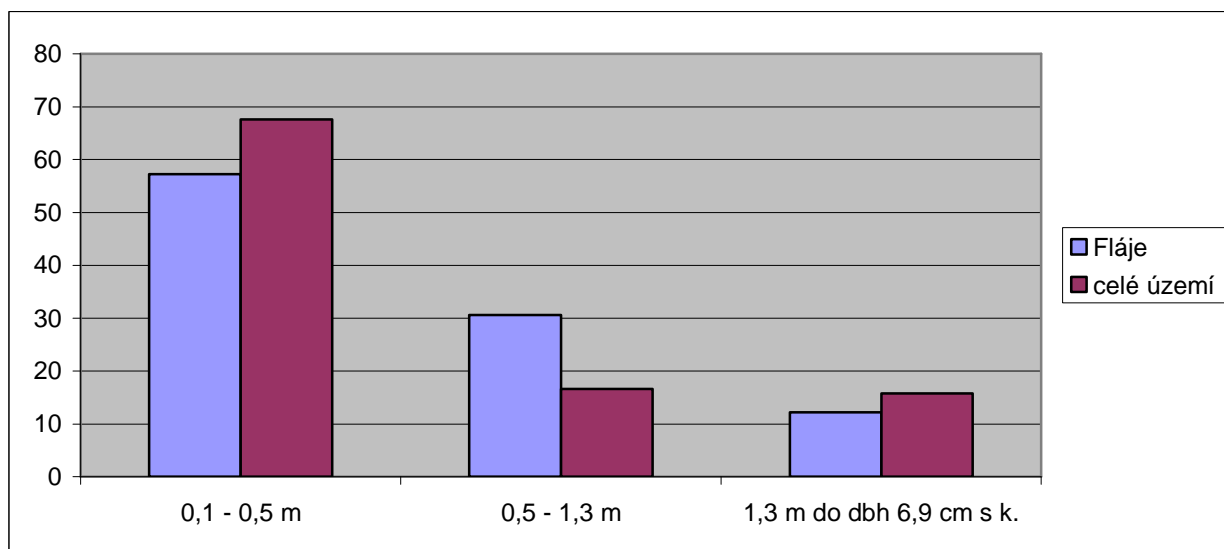
**Tabulka č. 42:** Počet jedinců ve výškových třídách obnovy – celé území

Výšková třída	Počet / ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
0,1 - 0,5 m	2 026,2	-527,7	527,7	67,6
0,5 - 1,3 m	497,1	-138,3	138,3	16,6
1,3 m do dbh 6,9 cm s k.	472,6	-106,8	106,8	15,8
Celkem	2 995,9			100,0

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

V první výškové třídě obnovy – obora Fláje se projevila opět vysoká podíl buku na málo zkusných plochách, který zvýšil razantně počty v této třídě, ale zvýšil také relativní chybu.

**Graf č. 11:** Porovnání počtů jedinců ve výškových třídách obnovy (%)



**Tabulka č.43: Ochranná opatření v obnově - Fláje**

Opatření	Počet jedinců na 1 ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
Žádná ochrana	1 853,4	-1 536,4	1 536,4	82,9
Nátěr, nástřik proti okusu	312,3	-227,3	227,3	14,0
Mechanická ochrana	70,5	-70,5	99,7	3,2
Celkem	2 236,2			100,0

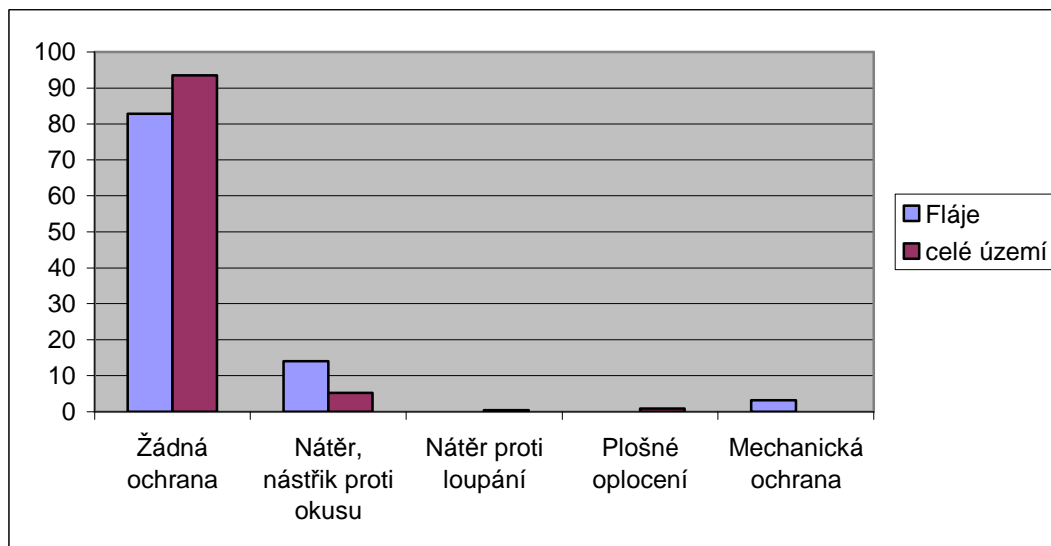
Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

**Tabulka č. 44: Ochranná opatření v obnově – celé území**

Opatření	Počet jedinců na 1 ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
Žádná ochrana	2 799,7	-602,4	602,4	93,5
Nátěr, nástřik proti okusu	157,1	-80,7	80,7	5,2
Nátěr proti loupání	13,4	-13,4	15,5	0,4
Plošné oplocení	25,6	-25,6	28,1	0,9
Celkem	2 995,9			100,0

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

Vyšší procento ochranných opatření v oboře 17,2 % oproti celému území 6,5 %.

**Graf č. 12: Ochranná opatření v obnově (%)****Tabulka č. 45: Celkové poškození obnovy zvěří**

Druh	Fláje		celé území	
	Hodnota	Procento	Hodnota	Procento
Celková obnova	2236	100	2996	100
Poškození zvěří	1148	51	834	28

Poškození obnovy okusem je procentuálně v oboře větší než na celém území Krušných hor.

**Tabulka č. 46:** Počet jedinců na 1 ha poškozených zvěří - Fláje

Druh a rozsah poškození	Počet / ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
Terminál s jedním okusem	473	-412	412	41,2
Terminál s vícenásobným okusem	574	-234	234	50,0
Loupání do 1/8 obvodu kmene	20	-20	40	1,8
Loupání nad 1/8 obvodu kmene	60	-60	74	5,3
Vytloukání + vícenásobný okus	20	-20	28	1,8
Celkem	1 148			100,0

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

**Tabulka č. 47:** Počet jedinců na 1 ha poškozených zvěří

Druh a rozsah poškození	Počet / ha			Procento
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.	
Terminál s jedním okusem	239	-130	130	28,6
Terminál s vícenásobným okusem	502	-193	193	60,2
Vytloukání	9	-7	7	1,1
Loupání do 1/8 obvodu kmene	18	-12	12	2,1
Loupání nad 1/8 obvodu kmene	51	-28	28	6,1
Vytloukání + jeden okus	2	-2	3	0,3
Vytloukání + loupání do 1/8 obv. kmene	4	-4	9	0,5
Vytloukání + loupání nad 1/8 obv. kmene	9	-9	10	1,1
Celkem	834			100,0

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

Nejvíce je obnova zatížena opakovaným okusem terminálu 50,0 % a jedním okusem 41,2 %. U celého území převažoval terminál s vícenásobným okusem 60,2 % nad jedním okusem 28,6 %.

**Tabulka č. 48:** Intenzita poškození, stromy s výč. tloušťkou 12 cm a více - Fláje

Intenzita poškození	% jedinců		
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Kmen stromu není poškozen	51,4	-5,4	5,4
Poškození do 1/8 obvodu kmene	10,1	-3,0	3,7
Poškození nad 1/8 obvodu kmene	38,5	-5,1	5,3
Celkem	100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

Relativní chyba při hladině spolehlivosti  $\alpha=0,05$  je 10,5 %.

**Tabulka č. 49: Intenzita poškození – celé území**

Intenzita poškození	% jedinců		
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Kmen stromu není poškozen	64,7	-0,9	0,9
Poškození do 1/8 obvodu kmene	7,1	-0,5	0,5
Poškození nad 1/8 obvodu kmene	28,2	-0,8	0,8
Celkem	100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

V oblasti obory je celkově více poškozených stromů loupáním než na celkovém území a to více jak o 10 %.

**Tabulka č. 50: Stáří poškození - Fláje**

Stáří poškození	% jedinců		
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Nové poškození	1,2	-1,0	3,0
Staré poškození	91,7	-5,2	3,7
Opakované poškození	7,1	-3,4	5,0
Celkem	100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

**Tabulka č. 51: Stáří poškození – celé území**

Stáří poškození	% jedinců		
	Hodnota	záp.ch.	klad.ch.
Nové poškození	0,9	-0,3	0,3
Staré poškození	82,9	-1,2	1,2
Opakované poškození	16,3	-1,1	1,2
Celkem	100,0		

Pozn.: položka "Celkem" je součtem nezaokrouhlených hodnot.

Procentuelně je méně opakovaného poškození loupáním v oboře, ale naopak více nového poškození. To je tvořeno malým procentem, protože se jedná o loupání z předcházející sezóny, tedy cca 1 roku.

#### 4.2.2. Dynamika škod zvěří v oboře Fláje

Tato kapitola by svým charakterem patřila do kapitoly 5., protože se jedná o opakované měření. Je ale součástí projektu v oboře Fláje, proto ji uvádím zde.

Je zajímavé, že pokud vyjdeme pouze z původních devíti bodů NIL a srovnáme první a druhé měření, zjistíme razantní zvýšení poškození obnovy z původních 19 % (v roce 2002) na 58 % (v roce 2006).

**Tabulka č. 52:** Poškození obnovy – obora Fláje – z 9 bodů NIL

průměr	směr_odch	(-)	(+)
0,583333	0,517883058	-0,29301	0,29301454

Vyhodnocením rozšířeného měření dostaneme následující výsledky:

**Tabulka č.53:** Poškození obnovy – obora Fláje – rozšířené šetření

průměr	směr_odch	(-)	(+)
0,513514	0,703263667	-0,15508	0,155078905

Z uvedených tabulek je patrné, že původní hodnota poškození, tedy 58 %, leží v intervalu spolehlivosti podrobnějšího měření.

### 4.3. Výsledky inventarizace lesů ČR aplikovány na biotopy soustavy Natura 2000

O tomto projektu se zmíním pouze okrajově. Protnutím digitalizované mapy biotopů Natury 2000 a bodů NIL ČR vznikl překryv. Kde jednotlivým bodům byl přiřazen daný druh biotopu. Na základě této informace se provedla stratifikace dat podle položky biotop a byly vyhodnoceny jednotlivé oblasti (strata) zvlášť. Jelikož nebyl požadavek na výsledné hodnoty, zůstalo u dílčích výsledků, ale přepočítáním na celek by měly vyjít přesnější výsledky než z prosté sumarizace a zprůměrování všech ploch. Vycházím-li z definice biotopu, pak by se měl tento projevit jako dobrý stratifikátor zvláště pro vlastnosti fytoocenologické, které jsou pro biotop určující.

Jako ukázkou uvádím odhad částečný odhad ploch biotopů na kontinentální části.

**Tabulka č. 54:** Přehled sumarizace biotopů a v nich ležících bodů NIL

BIOTOP	Plocha z grafiky	%	Plocha z podkladů AOPK	%	Počet ploch NIL	%
L1	2834,2142	0,2068	3929,7012	0,3022	12	0,1973
L10.1	939,1646	0,0685	1810,9434	0,1393	5	0,0822
L10.2	2961,6812	0,2161	4285,3529	0,3296	14	0,2302

BIOTOP	Plocha z grafiky	%	Plocha z podkladů AOPK	%	Počet ploch NIL	%
L10.3	56,2475	0,0041	61,8540	0,0048	1	0,0164
L10.4	752,0505	0,0549	1125,6563	0,0866	4	0,0658
L2.1	560,9489	0,0409	1075,6715	0,0827	1	0,0164
L2.2A	20633,2148	1,5052	27807,2522	2,1387	65	1,0687
L2.2B	35755,4918	2,6084	48838,2762	3,7563	113	1,8579

Pozn.: Uvedena pouze část tabulky

V rámci tohoto projektu byla řešena i otázka přesnosti určitých charakteristik na jednotlivých biotopech soustavy Natura 2000 v Panonské oblasti.

Pro zjišťování průniku bodů sítě NIL ČR byly využity podklady získané od AOPK. Biotopy se s inventarizačními body potkaly ve 161 případech. Tudíž bylo získáno 161 ploch pro přípravu následného měření ve 21 biotopech.

Pro plánování počtu ploch se téměř nedají využít biotopy, do kterých padlo méně než 5 ploch. Proto byla kalkulace provedena pouze u biotopů, které mají větší počet ploch.

Spolu s tímto dokumentem budou dodány soubory tabulek k jednotlivým biotopům.

K jednotlivým charakteristikám jsou vždy uvedeny 2 tabulky. První je statistický přehled za dané plochy a druhá je tabulka kalkulace pro zpřesnění na uvedené procentuální chyby. Pokud se charakteristika týká stromů nebo podploch, byl proveden přepočítání na celé plochy.

Uvedené počty ploch nejsou absolutní z těchto důvodů:

- ❖ počty ploch pro kalkulaci jsou malé
- ❖ biotop s plochou se na mapě mohly protnout, ale v terénu jsou posunuty (není zjištěna přesnost digitální mapy biotopů a nebyly použity posunuté středy

ploch podle měření GPS v terénu, ale ideální body) – při malém počtu ploch pak vzniká velká odchylka.

- ❖ během měření může přibývat vícero položek a procenta u kvalitativních charakteristik se změní a přesnost se „sníží“
- ❖ převody podploch a ploch nejsou ideální

Přesto jsou uvedené počty ploch dobrým vodítkem pro plánování následných měření. I když u většiny biotopů by mělo být ještě před začátkem měření provedeno doplňkové měření pro kalkulaci.

Jako ideální pro zjištění ploch se jeví charakteristiky stromů, tj. četnosti stromů nad 12 cm, edafická kategorie a půdní charakteristiky. Nelze se zaměřit na zpřesňování např. všech druhů dřevin, ale všech, které mají zastoupení např. nad 50 % event. 30 %. Jako úplně nevyhovující se jeví charakteristika přirozenosti lesního porostu (i vzhledem k definici v metodice NIL).

Všechny výpočty jsou prováděny na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ . Tento stupeň významnosti je používán pro účely vyhodnocení NIL ČR. Pokud by stačila „nižší úroveň“ výsledků, byl by počet ploch nižší. Závisí na zvyklostech v daném oboru nebo následné použitelnosti dat. Příklad viz. Tabulka 43.

**Tabulka č. 55:** Příklad jak se mění počty ploch se změnou  $\alpha$

kod1	popis1	$\alpha$			
		0,05	0,1	0,15	0,2
100	lesy hospodářské	15	9	6	5
		33	20	14	11
		59	36	26	19
		132	81	58	44
1000	lesy zvl. urč., s rekreační funkcí	367	226	160	121
		826	508	361	272
		1468	902	642	484
		3304	2030	1444	1089

Do konečné kalkulace je třeba zvážit řadu faktorů, z nichž procentická chyba je pouze jedním z vodítek. Další jsou:

- ❖ časová náročnost prací a s tím související finanční náklady
- ❖ účel výsledku
- ❖ periodičita měření (důležitější je sledování dynamiky daného biotopu) než statický jednorázový popis atd.



## 5. Opakovaná měření a návrhy zlepšení pro 2. cyklus inventarizace v ČR

### 5.1. Opakované měření

Opakování inventarizace lesů má nespornou výhodu oproti jednomu cyklu.

Ve většině států, kde se inventarizace provedla, se počítá s jejím opakováním. Buď je inventarizace permanentní, tj. každý rok se změří část zkusných ploch a vyhodnocuje se průběžně (např. ve Švédsku), nebo vždy po určité době se inventarizace opakuje (např. Německo). Opakované měření probíhá na permanentních nebo dočasných (jednorázových) plochách popřípadě na jejich kombinaci (viz. Švédsko).

Z teoretického hlediska závisí výběr starých nebo nových zkusných ploch (popř. kombinace) na druhu zamýšleného odhadu. U základního průměru  $\bar{Y}$  můžeme chtít stanovit stav při posledním šetření, změnu od minulého šetření nebo průměrný stav z hodnot  $\bar{Y}$  dvou či více časových proměn.

Při odhadu **současného stavu** se dosáhne stejné vydatnosti jak ponecháním téhož výběrového souboru, tak uskutečněním nového výběru.

Pro odhad **změny** je nejlepší ponechat stávající výběrový soubor, protože lze předpokládat téměř vždy kladnou korelaci, pak rozptyl je ve tvaru:

$$S^2 = S_1^2 + S_2^2 - 2RS_1S_2$$

$S_1^2$  a  $S_2^2$  rozptyl prvního a druhého měření

$R$  je základní korelační koeficient.

Kdyby odhad změny byl uskutečněn na dvou nezávislých výběrech, pak by měl tvar:

$$S^2 = S_1^2 + S_2^2,$$

který je na první pohled větší.

Při odhadu **průměrného stavu ze současného i minulých šetření** je naopak výhodnější vyměnit celý výběrový soubor. Což je také patrné na první pohled, pro srovnání uvádím.

Při ponechání souboru:

$$S^2 = \frac{1}{4}(S_1^2 + S_2^2 + 2RS_1S_2)$$

Při výměně celého výběrového souboru:

$$S^2 = \frac{1}{4}(S_1^2 + S_2^2)$$

### 5.1.1. Výpočet změny hektarových počtů obnovy při opakovaném šetření v Krušných horách

Opět použiji data z opakovaného měření na Krušných horách. Šetření bylo provedeno na stejném výběrovém souboru.

**Tabulka č. 56:** Opakované měření –Krušné hory – obnova, počet kusů na ha

	původní měření	nové měření
průměr	9786,69	2995,86
počet	714	714
rozptyl	690067378,33	68095986,68
sm.odchylka	26269,13	8252,03
var.koef (%)	10,05	10,31

**Tabulka č.57:** Opakované měření - rozdíl –Krušné hory – obnova, počet kusů na ha

	závislá měření (R=0,57155)	nezávislá měření
rozdíl	6790,83	6790,83
rozptyl	510371487,79	758163365,00
sm.odchylka	22591,40	27534,77
var.koef (%)	<b>12,45</b>	<b>15,17</b>

Na Krušných horách došlo k značnému poklesu obnovy. Z výsledků je zřejmé, že v daném případě je výhodné posuzovat rozdíl obou měření s ohledem na jejich závislost, i když korelace není nijak vysoká.

Odhlédnuto od teoretického výpočtu je zajímavé, jak velký pokles u obnovy nastal během 5 let. Kombinací meteorologických a lesnických poznatků bylo zjištěno, že extrémně vysoké hodnoty obnovy v letech 2001 a 2002 byly zapříčiněny souhrou semenného roku a dobrých klimatických podmínek.

Naopak extrémně nízké hodnoty naměřené v letech 2006 a 2007 způsobilo několik nepříznivých suchých předcházejících let.

Na tomto případu se jasně ukázalo, že jediné měření je často nedostatečné a zavádějící a změny v lesních ekosystémech probíhají rychleji, než by se mohlo zdát.

## 5.2. Zlepšení odhadu výsledků použitím předchozího měření

Výsledky prvního šetření lze také využít ke **zlepšení odhadu výsledků** druhého šetření, a to doplněním nových prvků dle následujícího postupu.

V prvním šetření vybráno  $n$  prvků, v druhém  $m$  prvků z prvního měření a  $u=n-m$  prvků dodatečně vybraných. U prvního měření označíme průměr  $\bar{X}$  a u druhého  $\bar{Y}$ . Předpokladem je stejný rozptyl u obou měření.

Pro společné prvky platí:  $\bar{y}_m + (\bar{x} - \bar{x}_m)$

$$\frac{1}{m} S^2 \left[ 1 + \left( 1 - \frac{m}{n} \right) (1 - 2R) \right] = \frac{1}{W_m}$$

Pro dodatečně vybrané:  $\bar{y}_u$   $\frac{1}{u} S^2 = \frac{1}{W_u}$

Dohromady pak:

$$est\bar{Y} = \frac{(est_u\bar{Y})W_u + (est_m\bar{Y})W_m}{W_u + W_m} = \frac{\bar{y}_u W_u + [\bar{y}_m + (\bar{x} - \bar{x}_m)]W_m}{W_u + W_m}$$

$$D^2(est\bar{Y}) = \frac{1}{W_u + W_m} = \frac{S^2}{n} \frac{1 + (1 - 2R)\frac{u}{n}}{1 + (1 - 2R)\frac{u^2}{n^2}}$$

Pro stanovení podílu  $\frac{u}{n}$  minimalizující rozptyl platí:

$$\frac{u}{n} = \frac{1}{1 + \sqrt{2(1-R)}} \quad \text{neboli} \quad \frac{m}{n} = \frac{\sqrt{2(1-R)}}{1 + \sqrt{2(1-R)}}$$

Při  $R=0,5$  je třeba vyměnit přesně polovinu výběrových jednotek a rozptyl bude stejný jako u plně nezávislých šetření. Se stoupajícím  $R$  stoupá i optimální podíl vyměněných prvků, zpočátku jen pomalu, s  $R>0,9$  pak velmi rychle.

### 5.2.1. Částečná výměna výběrového souboru – praktický příklad

Jako příklad bylo použito šetření v oboře Fláje, protože je k dispozici jak opakované měření, tak i nová měření, která můžeme využít jako dodatečně změřené jednotky. Jedná se o dost malý počet měření, ale jako data modelová postačí.

Základní výběrovou jednotkou je obnovní kruh. Příkladovou veličinou počet kusů obnovy na 1 ha. Jako nová měření byly náhodně vybrány 4 nově změřené plochy, ve třech různých variantách (viz. nové měření 1 – 3).

**Tabulka č. 58:** *Příklad – částečné nahrazení výběrových jednotek*

plocha	staré měření	nové měření	nové měření 1	nové měření 2	nové měření 3
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	795,77	795,77	795,77	795,77
3	1591,55	2387,32	2387,32	2387,32	2387,32
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	3183,10	3978,87	3978,87	3978,87	3978,87
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	795,77	795,77	795,77	795,77
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	795,77	795,77			
10	0,00	0,00			
11	795,77	0,00			
12	6366,20	795,77			
13			1591,55	0,00	795,77
14			0,00	0,00	0,00
15			2387,32	0,00	795,77
16			0,00	5570,42	795,77
<b>počet prvků</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>průměr</b>	<b>1061,03</b>	<b>795,77</b>	<b>994,72</b>	<b>1028,96</b>	<b>667,71</b>
<b>rozptyl</b>	<b>3722785,91</b>	<b>1496790,21</b>	<b>120715,16</b>	<b>166882,33</b>	<b>32527,94</b>
<b>variační koeficient</b>	<b>0,52</b>	<b>0,44</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>	<b>0,27</b>

Staré měření je měřeno jako měření NIL ČR. Nové měření bylo změřeno v rámci projektu Vliv zvěře na lesní ekosystém Krušných hor a doplňková měření (tj. plochy 13 –16) jsou z téhož projektu pro vyhodnocení škod zvěří v oboře Fláje. Korelační koeficient  $R=0,96$ .

Použitím vzorce pro stanovení podílu nově vybraných ploch, respektive ponechaných ploch, pro minimalizaci rozptylu průměru:

$$\frac{u}{n} = 0,801496 \quad \text{resp.} \quad \frac{m}{n} = 0,198504 .$$

Nejvhodnější pro minimalizaci rozptylu odhadu průměru by bylo ponechání 20 % původních ploch a zbytek tj. 80 % by měl být nahrazen novými.

### **5.3. Rozšíření dosavadního měření**

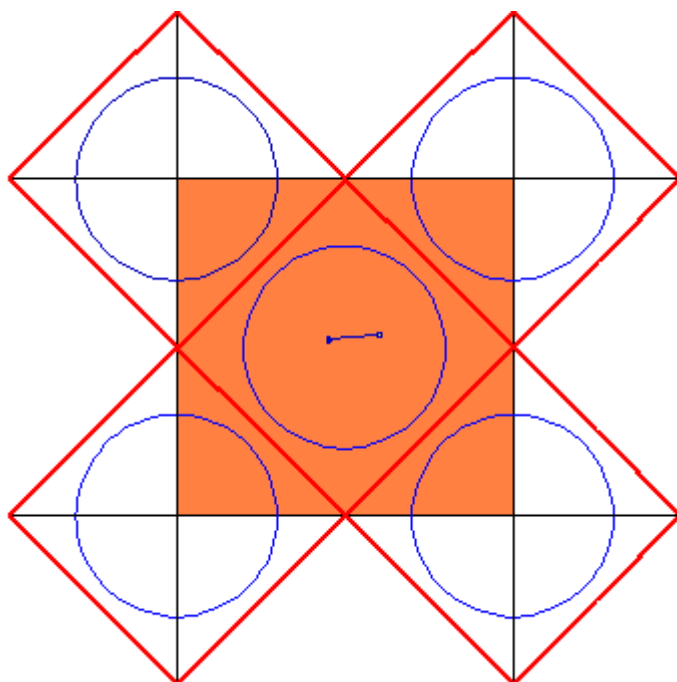
#### **5.3.1. Schématické doplnění**

Schématické doplnění stávající sítě se může provést mnoha způsoby, z nichž dvě varianty jsou nejmarkantnější, a to doplnění dvojplochy v inventarizačním čtverci a rozdělení plochy na menší čtverce (vychází z původní sítě, viz obr. 1).

Doplnění ploch do původního čtverce může mít různou podobu umístění dalších zkusných ploch do čtverce s původními, do kříže, na transekt mimo atd. Výsledky by pak mohly být počítány jako výběr v blocích (cluster sampling). K výpočtu zpřesnění takového výběru není dostatek podkladů, protože současné vyhodnocení probíhá na jiném principu. Obecně se dá říci, že by byl méně přesný než druhý způsob. Jedná se vlastně o rozšíření výběru v druhém stupni o další dvě jednotky.

Dá se říci, že druhý způsob se sám nabízí. Jedná se o rozšíření výběru v prvním stupni. V původním inventarizačním čtverci je umístěna dvojice ploch, tzv. dvojplocha. Všechny možné body, které se mohou stát středy inventarizačních ploch, se nachází v kruhu o poloměru 600m. Celé území se dá rozdělit do menších čtverců s plochou  $2\text{km}^2$  a stranou čtverce druhou odmocninou ze dvou, tj. 1414,2136m.

**Obrázek č. 4:** Schéma doplnění sítě NIL, původní síť představuje plný čtverec



Tuto jednoduchou variantu je možné modifikovat i pro případ, že nepožadujeme právě dvojnásobek ploch, ale pouze poměrnou část. Pak bychom v původní síti vybrali pouze jeden roh, dva nebo tři, podle toho, kolik ploch je třeba k zpřesnění.

#### **Intenzita výběru**

V čtverci 200 ha jsou vybrány 2 plochy o výměře 0,05, tj. celkem 0,1. Výsledná intenzita výběru je 0,05%, tedy dvojnásobná oproti NIL 1.cyklu.

#### **Výhody schématického doplnění:**

- + zpřesňují se všechny měřené a zjišťované veličiny
- + využívání dat pro SSL (jako jediný původní zdroj dat ÚHÚL)
- + práce by se v podstatě nelišila od prací při NIL – odpadá zapracování a školení pracovníků
- + využití lidského i materiálního potenciálu z NIL

### **Nevýhody schématického zahuštění:**

- zpřesňují se i veličiny, u nichž již při NIL bylo dosaženo dostatečné přesnosti (mohou se z biometrického měření vyloučit)
- z uvedených metod má relativně nejvyšší náklady

### **5.3.2. Doplnění sítě rovnoměrně na jednotlivých vystratifikovaných územních celcích**

Při stratifikaci se dělí populace na homogennější celky, než je celá populace. Má smysl tehdy, pokud je menší než variabilita mezi jednotkami jednoho „stratu“ v celkovém souboru, pak je odhad základních parametrů proveden efektivněji než odhad základních parametrů bez stratifikace. K určení vystratifikovaných celků mohou sloužit předem známé informace o populaci.

Pomocná veličina, podle které se stratifikace provádí, musí mít úzký vztah k cílové veličině, která je pro nás prioritou. Takovou pomocnou veličinou může být lesní typ, věková třída atd. Rozsah a velikost vystratifikovaných populací musí být předem známá a relativně přesně zjištělná.

Pokud budeme chtít stratifikovat území ČR, jako nejmarkantnější kritérium pro stratifikaci se jeví rozdělení území podle Přírodních lesních oblastí, souborů lesních typů, nadmořské výšky, věku porostů.

Stratifikace lze používat hlavně pro konkrétní zájmová území, např. šetření biotopů pro AOPK. Základním předpokladem je přesné vytyčení území a požadovaná přesnost výsledků.

Potom dle teorie kap.2.4.2. můžeme jednotlivé oblasti přepočítat na celonárodní úroveň.

Výhody:

- + je možno získat lepší dílčí výsledky v oblastech, které nás přednostně zajímají např. národní parky, určité biotopy atd.
- + ušetří se náklady v oblastech, které nás až tak nezajímají
- + lepší se celkový odhad výsledků

### **5.3.3. Dvoufázová inventarizace**

Dvoufázovým výběrem (podrobněji viz. kapitola 2.4.5.) můžeme také ušetřit mnoho nákladů. První fázi zvolíme větší počet bodů (např. stejně jako při schématickém doplněném výběru viz kap.5.3.1, které můžeme vyhodnotit na základě satelitních snímků v kombinaci s mapovými díly LHP nebo OPRL.

Ve druhé fázi vybereme body, které změříme v terénu, a podle zjištěného vztahu mezi výběrovými jednotkami obou fází můžeme výsledky přepočítat i na výběrové jednotky první fáze.

Pokud finance budou přibližně stejné jako u prvního cyklu, tj. mohly by se přeměřit všechny body měřené v prvním cyklu, pak je možno první fázi rozšířit. Pokud bude k dispozici méně peněz, je možno změřit část ploch prvního cyklu a výsledek přepočítat na všechny výběrové jednotky prvního cyklu.

### **5.4. Další cyklus Národní inventarizace lesů**

Osud dalšího cyklu Národní inventarizace lesů je nejistý v tom směru, že zatím není podpořen legislativně. Vycházím proto z prvotního návrhu při plánování 1. cyklu a to, že se bude inventarizace opakovat cyklicky po 10 letech. Jisté je, že odpadne část počátečních nákladů pro pořízení přístrojového vybavení, neodpadnou ale náklady na obměnu přístrojů a softwaru, takže s žádnou zásadní úsporou oproti prvnímu cyklu nelze počítat.

Určitou úsporu by mohlo představovat lepší využití satelitních a leteckých snímků, pro účely NIL. V 1.cyklu byly použity pouze pro orientaci v terénu a pro zjištění plošné výměry lesa. Ve světě se běžně využívá satelitních nebo leteckých snímků pro první fázi inventarizaci lesů. (Stejně tak lze jako první fázi využít přepočítaná data z 1.cyklu v případě razantního omezení venkovních prací, což by ovšem byla škoda.)

V 1. cyklu byly zafixovány všechny plochy jako permanentní. Stálo by za úvahu zachovat systém permanentních ploch s tím, že část těchto permanentních ploch by se v následném cyklu neměřila, ale změřily by se dočasné zkusné plochy. Tím by se zlepšil tzn. zpřesnil výsledek druhého cyklu a současně by se zachovaly výhody měření na permanentních plochách. Ještě lepší variantou by bylo zachovat měření z 1.cyklu a doplnit je o dočasné



(jednorázové) zkusné plochy např. schématicky viz. kap. 5.3.1., nebo pouze v určitých oblastech. V tomto by se mohla uplatnit stratifikace: vymežit oblasti (územně nebo charakterově), kde chceme podrobnější měření a v těch pak změřit navíc dočasné zkusné plochy. Jestli by tyto oblasti zůstávaly stále stejné nebo se měnily by záleželo na aktuální situaci v době měření.

## 6. Závěr

Při optimalizaci zkusných ploch stojí v protikladu dvě základní skutečnosti – náklady a „přesnost“. Čím lepší výsledek (přesnost výsledku tj. lepší odhad výsledku – užší intervalový odhad) tím větší náklady a naopak. Charakter zkusné plochy je pak kompromisem těchto dvou vlastností - parametrizace nákladové křivky.

V současné době se vzhledem k používaným technologiím všeobecně prosadily kruhové zkusné plochy. Pro Národní inventarizaci lesů se tyto kruhové plochy dále dělí na podplochy, které ale nesplňují svým charakterem vlastnosti základní jednotky pro výběr, což stěžuje jejich statistické zpracování resp. správně teoreticky podložené zpracování.

Na zkusných plochách se uplatňují různé typy náhodných výběrů. Nejčastěji uplatňovaný je výběr skupinový, protože pro biometrická měření (která jsou základem a hlavní příčinou šetření) je plocha vlastně skupinou stromů. V praxi se často skupinový výběr nahrazuje prostým náhodným výběrem, což je jistě chyba. I dvojplocha je svým charakterem skupina, ale jak jsem ukázala v této práci, můžeme na hladině spolehlivosti  $\alpha = 0,05$  prohlásit plochy za nezávislé.

Dále jsem se zabývala velikostí zkusné plochy. Velikost plochy je jednotná, bez ohledu na podmínky a hustotu porostu. Ověřením průměrných výčetních tloušťek čtyř základních dřevin jsem došla k závěru, že pro převládající dřeviny např. pro Karlovarský kraj smrk ztepilý, by bylo možné zkusnou plochu zmenšit tj. snížit počet změřených stromů na ploše. Pro ostatní dřeviny platí totéž ovšem s jinými poloměry tj. počty stromů.

Hustota stromů na ploše by měla být všude stejná, ovšem z mé práce vyplývá, že ve středu plochy se nachází velmi málo stromů. Tj. subjektivně se střed posouval. Také na okraji zkusné plochy vzniká menší, ale znatelný pokles hustoty stromů. Na okraji zkusné plochy se stromy vždy zaměřovali několikrát, aby se předešlo chybnému zařazení středu stromu do plochy, ale také chybnému vyřazení stromu z plochy. Je tedy možné, že po několika rozdílných měření, měli pracovníci tendenci spíše tyto stromy vyřazovat, ať již subjektivně (to je ulehčit si práci) nebo podvědomě.

Národní inventarizace lesů v České republice, využívá k měření v terénu nejmodernější technické vybavení – terénní počítač, laserový dálkoměr, elektronickou buzolu, elektronickou průměrku, GPS a jiné. Pomocí těchto přístrojů se podařilo získat velké množství dat, které by bez nich vůbec nebylo možné v tak krátkém čase získat. Měří se od biometrických veličin, přes ekosystém po poškození. Vzhledem k rozsahu prací po celém území ČR je to unikátní databáze údajů. Vzhledem k objemu výsledků a rutinnímu zpracování dat pro ČR, kraje, PLO a okresy chybí „hledání souvislostí“, tedy využití dat pro různé další účely. Některé příklady uvádím ve své práci, nejen jako využití stávající databáze (Škody zvěří na Krušných horách), ale i jako základní bázi pro další rozšířené měření (Škody zvěří v oboře Fláje).

Na Krušných horách se využilo původní databáze NIL a doplnilo se měření provedené po 3 letech. Z naměřených hodnot a zpracovaných výsledků je nejzajímavější jak za tak krátkou dobu rapidně ubyl průměrný počet jedinců obnovy na hektar. Z původních 9787 jedinců na hektar na 2996 jedinců na hektar. Zdůvodněno je v původním projektu semennými roky a srážkovým úhrnem, já vyvozují závěr, že jeden cyklus inventarizace dává statické výsledky a teprve opakovaná měření (další cykly Národní inventarizace lesů) ozřejmí dynamiku lesních ekosystémů.

V oboře Fláje bylo úkolem optimalizovat zkusné plochy pro rozšířené měření. Z původní 9 nepostačujících bodů, se rozšířilo měření na 64 ploch pro obnovu a 26 ploch pro loupání, podle metodiky uvedené v kapitole 2. Výsledky s porovnáním ke Krušným horám jsou uvedeny v textu. Podobný úkol, ovšem pouze v teoretické rovině je zpracován v kapitole 3.4., kde uvádím přehledy počtů ploch, které by bylo třeba doměřit, aby jsme získali určité zpřesnění výsledků.

Matematicko-statistické metody si u nás v lesnictví obtížně hledají svou cestu. Vedle Lesních hospodářských plánů, Plánů péče a Oblastních plánů rozvoje lesa stále přetrvává k inventarizačním metodám nedůvěra. Jejich výhodnou je ale rychlost, objektivnost a poměrně velká přesnost, takže se v budoucnu budou uplatňovat stále více. Na celostátní úrovni bude prováděna Národní inventarizace lesů, na nižších úrovních se s těmito metodami setkáme v samostatných projektech i v provozních inventarizacích.

## 7. Použitá literatura

**Akça, A.:** *Waldinventur*. Cuvillier Verlag, Göttingen, 1.vydání, ISBN 3-89588-931-8 , **1997** , (De)

*Baden-Württemberg im Spiegel der Bundeswaldinventur*. Forst und Holz, Nr.13, 10.Juli **1992**, (De)

**Becker, J.:** *Entwicklung von Modellen zur Erfassung der Zustandes der Schutzfunktionen von Wäldern im Rahmen von Inventuren*, Abteilung für Forstliche Biometrie Universität Freiburg, **1996**, (De)

**Böckmann, Th., Saborowski, J., Dahm, St.:** *Die Weiterentwicklung der Betriebsinventur in Niedersachsen*. Forst und Holz, Nr.8, 25.4.**1998**, (De)

**Burk, R.:** *Kategoriale Datenanalyse unter komplexem Design*. Mitteilungen der Abteilung für forstliche Biometrie 91-5, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, **1991**, (De)

**Cochran, W.G. :** *Sampling techniques*. 3 rd. ed., John Wiley&Sons., 428 s., **1977**, (Eng)

**Čermák, V. , Vrabc, M. :** *Teorie výběrových šetření (Část 1.)*. VŠE v Praze, Fakulta informatiky a statistiky, 146 s., ISBN 80-7079-191-8, **1999**, (Cz)

**Čermák, V. , Vrabc, M. :** *Teorie výběrových šetření (Část 3.)*. VŠE v Praze, Fakulta informatiky a statistiky, 108 s., ISBN 80-245-0003-5, **1999**, (Cz)

**Dahm, S.:** *Bundeswaldinventur – Auswertungsmodelle und Vorschläge zur Effektivitätssteigerung*. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, 144 s., **1995**, (De)

*Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping (International Workshop)*. European Forest Institute Joensuu, Finland, 455 s., 13th-15th June **1994**, (Eng)

**De Vries, P.:** *Sampling Theory for Forest Inventory*, Springer Verlag, 399 s., **1986**, (Eng.)

*Die zweite Bundeswaldinventur – BWI 2: das wichtigste in Kürze, zu den Bundeswaldinventur-Erhebungen 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988.* Bonn, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung, und Landwirtschaft, 87 s., **2004** (De)

**Hušek, R., Lauber J.:** *Simulační modely.* SNTL, 346 s., **1987**, (Cz)

*Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat.* Brandýs nad Labem, ÚHÚL, 136 s., **2003**, (Cz)

*Inventarizace lesů, Pracovní postupy (Kancelářské práce, Venkovní práce).* Brandýs nad Labem, ÚHÚL, 90 s., (interní materiál ÚHÚL), **2003**, (Cz)

**Köhler, W., Schachte, G., Voleske, P. :** *Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler.* Springer-Lehrbuch, 3.Auflage, 301 s., ISBN 3-540-42947-6, **2002**, (De)

**Meloun, M., Militký, J. :** *Statistická analýza experimentálních dat.* 2.vydání, Academia, 953 s., ISBN 80-200-1254-0, **2004**, (Cz)

*Metodika terénního šetření Národní inventarizace lesů České republiky.* IFER- Ústav pro výzkum lesních ekosystémů s.r.o., 70 s., **2000**, (Cz)

Nařízení vlády č.193/2000 Sb., (Cz)

Anweisung zur Betriebsinventur. Niedersächsisches Forstplanungsamt, Stand 1, April **2001**, (De)

**Martin, P.-G.:** *Inferenzstatistische Analyse von Kategorialdaten bei Clusterstichproben.* Mitteilungen der Abteilung für Forstliche Biometrie 93-3, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, 135 s., **1993**

**Norhdurft, A., Saborowski, J.:** *Permanenz und Repräsentativität von Probeflächen bei dynamischer Stratifizierung.* 12.Tagung und Internationale Biometrische Gesellschaft Deutsche Region, Göttingen 29.9.-1.10.**1999**, (De)

**Potts, M. D. a kol.:** *Sampling Biodiversity: Effect of Plot Shape.* Harvard University, **2001**, (Eng)

**Reif, J. :** *Metody matematické statistiky.* ZČU v Plzni, 286 s., ISBN 80-7082-593-6, **2002**, (Cz)

**Saborowski, J.:** *Schätzung von Varianz und Konfidenzintervallen aus mehrstufigen Stichproben am Beispiel von Lufrbildwaldschadensinventur.* Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Sauerländer's Verlag Frankfurt a.M., **1990**, (De)

**Saborowski, J. :** *Stichprobeverfahren der Waldinventur,*. Skriptum Georg-August-Universität in Göttingen, Institut für Forstliche Biometrie und Informatik an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. **1997**, (De)

**Saborowski, J., Šmelko, Š.:***Zur Auswertung von Stichprobeninventuren mit Variablen Probeflächengrößen.* AFJZ, 45, 30.3.**1999**, (De)

**Scheuber, M.:** *Inventur und Monitoring von Galeriewäldern in Zentralbrasilien.* Mitteilungen der Abteilung für Forstliche Biometrie 98/1, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, 174 s., **1998**, (De)

**Schöpfer W.:** *Zur Genauigkeit terrestrischer Waldschadensinventuren.* Der Forst- und Holzwirt, 40, s. 221-224, **1985**, (De)

**Starke, J.:** *Kontrollstichproben in Niedersachsen.* Forst und Holz, Nr.13, s.331-341, **1989**, (De)

*Sweizerisches Landesforstinventar (Anleitung für die Feldaufnahme der Erhebung 2004-2007), (De)*

**Šmelko, Š.:** *Dendrometria.* Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 1.vydání, 399 s. ISBN 80-228-0962-4, **2000**, (Sk)

**Šmelko, Š. a kol:** *Meranie lesa a dreva.* ÚVVP LVH SR Zvolen, 239 s. ISBN 80-89100-14-7, **2003**, (Sk)

**Traub, B.:** *Methoden zur quantitativen Charakterisierung von Waldflächenstrukturen.* Mitteilung der Abteilung für Forstliche Biometrie 97-1, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, **1997**, (De)

**Ústav hospodářské úpravy lesů Brandýs nad Labem:** *Národní inventarizace lesů v České republice 2001 – 2004 (Úvod, metody, výsledky)*. vydal ÚHÚL Brandýs n. L., 1.vydání, 224 s., ISBN 978-80-7084-587-5, **2007**, (Cz)

**de Vries, P.G.:** *Sampling Theory for Forest Inventory*. Springer-Verlag Belin Heidelberg, 395 s., ISBN 3-540-17066-9, **1986**, (Eng)

**Zach, J.:** *Inventarizace lesů v České republice. Soubor matematicko-statistických vyhodnocovacích metod*. (interní materiál ÚHÚL), 233 s., **2004**, (Cz)

**Zöhler, R.:** *Forstinventur*. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin, 207 s., ISBN 3-490-10816-7, **1980**, (De)

**Internetové stránky:**

[www.waldwissen.net](http://www.waldwissen.net)

[www.ncrs.fs.fed.us/4801/regional-programs/Inventory/](http://www.ncrs.fs.fed.us/4801/regional-programs/Inventory/)

[www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de)

[www.bfw.ac.at](http://www.bfw.ac.at)

[www.uhul.cz](http://www.uhul.cz)

<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/nfi.htm>

<http://www.iufro.org/science/divisions/division-4/40000/40200/en/>

<http://www.wzw.tum.de/waldinventur/>