



Milan Saniga, Stanislav Kucbel, Peter Jaloviar

**DISTURBANČNÝ REŽIM A TEMPORÁRNE ZMENY ZASTÚPENIA
DREVÍN – ICH VPLYV NA HRÚBKOVÚ ŠTRUKTÚRU VO VÝVOJOVOM
CYKLE BADÍNSKEHO A DOBROČSKÉHO PRALESA**

Autori:

prof. Ing. Milan Saniga, DrSc., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen

doc. Ing. Stanislav Kucbel, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen

doc. Ing. Peter Jaloviar, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa.
T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen

PodĎakovanie

Monografia bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy o spolupráci pri riešení projektu APVV-18-0195 „*Ekonomická optimalizácia modelov cieľového stavu prírody blízkych lesov*“ a vedeckým projektom VEGA 1/0385/20.

**DISTURBANČNÝ REŽIM A TEMPORÁRNE ZMENY ZASTÚPENIA DREVÍN –
ICH VPLYV NA HRÚBKOVÚ ŠTRUKTÚRU VO VÝVOJOVOM CYKLE BADÍNSKEHO
A DOBROČSKÉHO PRALESA**

Vedecká monografia

Recenzenti:

doc. Ing. I. Štefančík, CSc., NLC Zvolen,

Ing. R. Bruchánik, PhD., Lesy SR, š. p. B. Bystrica

I. vydanie v rozsahu 60 strán, AH 4,64, VH 4,71

Náklad: 100 výtlačkov

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Rok vydania: 2021

Grafická úprava: autori

Preklad do anglického jazyka: autori

Redakčná úprava: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene

Tlač: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene,

www.tuzvo.sk

Vydanie schválila Edičná rada TU vo Zvolene dňa 9. 2. 2021 číslo EP 12/2021 ako vedeckú monografiu pre Technickú univerzitu vo Zvolene. Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

© Technická univerzita vo Zvolene

© prof. Ing. Milan Saniga, DrSc., doc. Ing. Stanislav Kucbel, PhD., doc. Ing. Peter Jaloviar, PhD.

ISBN 978-80-228-3258-8

Všetky práva vyhradené. Žiadna časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.



Táto publikácia je vytlačaná na 100% PEFC certifikovanom papieri.

Obsah

1. Úvod	5
2. Problematika	6
3. Cieľ vedeckej monografie	11
4. Materiál a metodika	12
4.1 Objekty výskumu	12
4.2 Metodika výskumu.....	14
5. Výsledky	20
5.1 Dobročský prales	20
5.1.1 Hrúbková štruktúra.....	20
5.1.2 Veľkosť medzier v pralese a frekvencia ich výskytu vo väzbe k prirodzenej obnove a počtu odumretých stromov	25
5.2 Badínsky prales	29
5.2.1 Hrúbková štruktúra.....	29
5.2.2 Veľkosť medzier v pralese a frekvencia ich výskytu vo väzbe k prirodzenej obnove a počtu odumretých stromov	37
5.3 Porasty VŠLP v prestavbe na výberkový les a mozaikovú štruktúru.....	40
5.3.1 Bukový výberkový les	40
5.3.2 Mozaiková štruktúra	43
6. Diskusia	45
7. Záver	50
8. Summary	53
9. Literatúra	56

1. Úvod

Zmena klimatických pomerov, extrémne suchá, víchrice a kalamitné stavy niektorých druhov hmyzu sa stávajú v poslednom období významným faktorom, ktoré ovplyvňujú a do budúcnosti budú ovplyvňovať lesné ekosystémy. Rôzne bioklimatické modely prezentujú, že topenie polárneho ľadu Severného ľadového oceánu a Grónska bude významne väčšie. Tento fenomén bude mať za následok uvoľnenie väčšieho množstva studenej vody do Atlantického oceánu. Na základe doterajších meteorologických poznatkov namodelovaný klimatický stav prinesie podstatne menej vlhkosti z oceánu na európsky kontinent. Uvedená synoptická situácia bude spojená s menším množstvom ročných zrážok, privalovými zrážkami, priebehom periód sucha a disturbančných situácií, ktoré budú mať významný vplyv na ekologickú stabilitu lesov Slovenska. Napriek skutočnosti, že Slovensko má približne 75% lesných ekosystémov, ktoré sú tvorené autochtónnymi drevinami, jeho orografické oblasti, tvorené variabilným geologickým podložím sa budú musieť vyrovnat' s vyšším zrážkovým deficitom. Tento klimatický fenomén bude mať významný vplyv na fyziologické oslabenie lesných drevín, synergický atak biotických faktorov na ne, následne na ich ekologickú stabilitu lesov a trvalú udržateľnosť.

Lesné ekosystémy tvoria jeden zo základných stabilizátorov regulovania klimatického režimu nielen na Slovensku, ale aj vo svete. Doterajší prístup vo väčšine krajín k prírodným, resp. prirodzeným lesným ekosystémom je zameraný viac na produkciu dreva, ktorá bola a je spojená s modelom lesa vekových tried. Koncom 20. storočia začala lesnícka prax výrazne pociťovať vplyv meniacich sa klimatických podmienok, ktoré sú výsledkom hlavne skleníkového efektu. Extrémny priebeh počasia spojený hlavne so striedaním období extrémneho sucha, privalových zrážok a v určitých obdobiach extrémne silného vetra mal za následok významný vzostup podielu náhodnej ťažby. V takomto ekologickom prostredí sa lesné ekosystémy dostávajú do veľmi nepriaznivej situácie, ktorá spôsobuje ich zdravotné oslabenie s následkom významného zníženia ich ekologickej stability.

Pre zachovanie pôvodných lesných ekosystémov Slovenska bude potrebné prejsť v maximálnej možnej miere na pestovné metódy prírode blízkeho obhospodarovania lesa, ktoré využívajú, v optimálnej miere rešpektujú prírodné procesy – zákonitosti a formy ich prirodzenej štruktúry (KORPEL, SANIGA 1995). Formovanie štruktúry lesov na tejto pestovnej a ekologickej báze je spojené s modelmi lesa hrúbkových tried. Takýto spôsob hospodárenia je považovaný za účinné adaptačné opatrenie, ktoré vytvára predpoklady pre lepšiu štruktúru lesov ako ich reakciu na zmenu klímy, ktorá vo všeobecnosti zvyšuje ich odolnosť a regeneračnú schopnosť. Zároveň je opatrením zmierňujúcim zmenu klímy. Les hrúbkových tried má potenciál zabezpečiť trvalejší a vyrovnanější objemový prírastok ako bežné hospodárenie, a tým priaznivo ovplyvňovať bilanciu uhlíka (uhlíková ekonomika) a plnenie ostatných ekosystémových služieb lesa.

2. Problematika

V podmienkach prírodných opadavých lesov mierneho pásma bohatých na drevinovú skladbu je možné pozorovať striedanie dominancie tej ktorej drevice počas vývojového cyklu, ktorú FORCIER (1975) popísal ako klimaxovú mikrosukcesiu. Podobné poznatky zmeny dominancie drevín v lesnom ekosystéme na príklade buk a jaseň, ktoré sú vysvetľované rozdielnymi rastovými schopnosťami drevín a ich odlišnou toleranciou na svetlo sú prezentované v prácach EMBORG (1998) resp. EMBORG et al. (2000). Známa je aj dominancia určitej drevice v časovom rámci viacerých vývojových cyklov. Príčinou je významne odlišný fyzický vek drevín, čo znamená že drevice s podstatne vyšším fyzickým vekom sa dostáva do nasledujúceho vývojového cyklu pralesa. Ako príklad môže slúžiť drevicevé zloženie Badínskeho pralesa, kde ešte v 50. rokoch 20. storočia bol percentuálny objem hrubiny jedle významne vyšší ako je to v terajšom období. ZLATNÍK (1959) načrtol cyklické striedanie dominancie klimaxových drevín v rámci obdobia viacerých vývojových cyklov. Tento fenomén je v súčasnosti prezentovaný viacerými európskymi autormi v prírodných lesoch s drevicevým zložením jedľa-buk, charakterizovaný ako „fir decline“. Uvedená situácia je pripisovaná jednak narastajúcemu antropogénemu vplyvu na prírodné ekosystémy (VRŠKA et al. 2009) ako aj vplyvu zveri (SANIGA 1999a,b). Podobný vzťah sa ukazuje pri sledovaní porastovej dynamiky zmiešaných porastov tvorených viacerými drevicami (DOBROWOLSKA, VEBLEN 2008). PODLASKI (2004) špecifikuje určité odchýlky vývojového cyklu spôsobené zmenami v zastúpení a produkčných charakteristikách („decline of fir“) jedle ako porastotvornej drevice. Opisuje sériu sukcesných zmien v charakteristickom priebehu klasických vývojových štádií jedľovo-bukového pralesa. Kombináciu priamych sukcesných procesov a cyklických klimaxových potvrdzuje aj EMBORG et al. (2000) pri cyklickom striedaní dominancie drevín jaseň-buk v rámci klimaxu, so súčasným sukcesným znižovaním zastúpenia duba, v minulosti preferovaného antropogénnou činnosťou. Treba však podotknúť, uvedený lesný ekosystém nie je úplne ponechaný na prirodzený vývoj.

Z uvedeného vyplýva, že drevicevá skladba je aj napriek nemennosti stanovištných pomerov jav do určitej miery dynamický, čo značne komplikuje interpretáciu priebehu vývojového cyklu pralesa. V prípade drevín s rozdielnou toleranciou na svetlo alebo drevice, ktorá je na určitý vplyv biotického faktora riziková sa tento efekt môže prejavovať v zmene hrúbkovej štruktúry pralesa. Treba zdôrazniť, že samotný vývojový cyklus nie je možné jednoznačne charakterizovať časovo a priestorovo. Výrazný vplyv na zložitosť priebehu vývojového cyklu pralesa tvoreného viacerými drevicami je ich rôzny fyzický vek, čo znemožňuje jednoznačné paušálne stanovenie dĺžky vývojového cyklu pre konkrétny prales. S týmto poznatkom je potrebné kalkulovať pri transformačných procesoch hrúbkových štruktúr, ktoré by mali slúžiť ako modely lesa hrúbkových tried.

V prípade prírodných lesných ekosystémov Európy, hlavným disturbančným činiteľom, vyskytujúcim sa v časových intervaloch spravidla kratších ako je priemerná životnosť drevín, formujúcim priestorovú výstavbu porastu a tým vplývajúcim na dynamiku celého ekosystému je vietor (SPLECHTNA, GRATZER 2005; NAGEL et al. 2006). Stredne silné vetrové kalamity pochádzajúce z lokálnych búrok sú významnou zložkou disturbančného režimu zmiešaných prírodných lesov strednej a južnej Európy (NAGEL et al. 2006, 2007; NAGEL, SVOBODA 2008). V prevažnej miere ide o slabé až stredne silné disturbance s typickým lognormálnym

rozdelením početnosti porastových medzier v závislosti od ich veľkosti (POULSON, PLATT 1989; ZEIBIG et al. 2005). Odumieranie jedincov, či už dôsledkom endogénnych či exogénnych faktorov, resp. kombináciou ich vplyvu, nasledované prirodzenou regeneráciou a obsadzovaním medzier jedincami prirodzenej obnovy je považované za hlavný mechanizmus striedania generácií vývojového cyklu každého pralesa (WATT 1947). Základ je teória medzerovej dynamiky (KIMMINS 1997 *ex* YAMAMOTO 2000; BARNES et al. 1998). Medzera sa chápe ako priestor vzniknutý odumretím jedného alebo viacerých stromov hornej vrstvy porastu vplyvom prirodzenej disturbancie, ktorý je neskôr obsadzovaný ďalšími drevinami (WATT 1947; WHITMORE 1978). RUNKLE (1982) definoval dva typy medzier: tzv. otvorenú medzeru ako plochu priamo pod korunovým otvorom vzniknutým odumretím stromov a tzv. rozšírenú medzeru ako plochu otvorenej medzery plus plochu ku kmeňom stromov ohraničujúcich medzeru. V prípade otázky časového zapájania medzery s okolitou vegetáciou, veľa medzier sa zaplní jedincami novej generácie stromov vo vnútri medzery. Za uzavretú považuje RUNKLE (1982) medzeru, ktorej zmladenie je natoľko vyspelé, že zabraňuje pozorovaniu otvoru v korunovej klenbe. V poraste s výškou stromov 30–35 m odhaduje túto výšku novej generácie na 10–20 m. DRÖBLER (2006) považuje v niektorých prípadoch za vhodnejšie rozlišovanie medzery a uzavretej medzery podľa hrúbky zmladenia $d_{1,3}$ a stanovuje hornú hranicu hrúbky zmladenia v medzere na $d_{1,3}$ 7 cm, pretože je porovnateľná s inými autormi. Príliš malé medzery (do 5 m²) sa za medzery nepovažujú. Väčšina medzier je vyplnená nastupujúcou generáciou, ktorá stále dorastá a pozvoľne zaciľná plochu medzery. Dôležitým procesom uzatvárania medzier je aj laterálny rast vetiev stromov ohraničujúcich medzeru, ktorý je taktiež reakciou na uvoľnené zdroje. Význam tohto procesu stúpa hlavne v malých medzerách, kde môže predbiehať a tým úplne znemožňovať obnovu hlavne svetlomilnejších druhov drevín (RUNKLE 1992). Vo väčších medzerách laterálny rast výrazne znižuje ich pôvodnú plochu, čo spolu s miestnymi klimatickými podmienkami vysvetľuje stále vzácny výskyt cenných listnáčov (ZEIBIG et al. 2005).

Fyzikálne podmienky vo vnútri medzery sú v porovnaní s podmienkami pod klenbou lesa značne odlišné (POULSON, PLATT 1989). Rozdiely vo veľkosti medzier ovplyvňujú dynamiku regeneračných procesov hlavne cez zmeny svetelných podmienok (BROKAW 1985; CANHAM et al. 1990; ABE et al. 1995). So zväčšujúcou sa plochou medzery vzrastá pravdepodobnosť obnovy svetlomilných drevín. Percentuálny podiel plochy medzier v temperátnych lesoch z celkovej plochy prírodného lesa tvorí 5–31 %, priemerná veľkosť medzery sa pohybuje v rozpätí 30–140 m² (BROKAW 1985; YAMAMOTO 1992). V rozdelení medzier podľa veľkosti dominuje väčší počet malých medzier. Kým klasická teória sukcesie podľa MUELLER-DOMBOISA a ELLENBEGA (1974) predpokladá, že dreviny netolerujúce zatienenie by sa mali časom vytratiť z lesa a ten by mal byť nakoniec tvorený len druhmi tolerujúcimi zatienenie, teória medzerovej dynamiky pripúšťa aj druhú možnosť, a to prirodzenú regeneráciu slnných drevín v porastových medzerách. Menšie medzery tvorené priebežným, pomalým odumieraním stromov hornej vrstvy väčšinou vplyvom endogénnych procesov vedú k obnove tiež tolerujúcich drevín. Opakom sú medzery tvorené väčším počtom náhle odumretých stromov. Na prudké uvoľnenie zdrojov svetla, vlhkosti a živín silne reaguje prirodzená obnova svetlomilnejších drevín (RUNKLE 1990; LERTZMAN, KREBS 1991). Veľkosť medzier sa mení v závislosti od vývojového štádia pralesa (SPIES et al. 1990; YAMAMOTO, NISHIMURA

1999), všeobecne sú medzery menšieho rozsahu viac prítomné v skorších (mladších) vývojových štádiách a mladých porastoch. Použiteľné a hlavne porovnateľné údaje o medzerách v pralese sú rýchlosť s akou sa medzery tvoria, celková výmera medzier rôzneho veku, rozdelenie medzier podľa ich veľkostí, rýchlosť a mechanizmus uzatvárania medzier. Takéto porovnávacie ekosystémové štúdie sú obzvlášť hodnotné pre celkové pochopenie zmien v pralese a možnosti ich predvídania (RUNKLE 1992).

V poslednom období sú pri výskume medzier v rozľahlých lesných oblastiach používané letecké snímky a digitálne modely vegetačnej vrstvy. Výstupy z nich slúžia na výpočet podielu medzier, hustoty medzier a na rozdelenie medzier podľa veľkosti.

S medzerami teda úzko súvisí prirodzená obnova pralesa. Tá môže prebiehať len v tých miestach, v ktorých sa rozpadom alebo odumieraním jednotlivých zložiek starej generácie vytvárajú pre tento proces podmienky. Na prvý pohľad negatívny jav pre najstaršiu generáciu stromov sa nástupom novej generácie mení vzhľadom na prales ako dialektický celok na kladný – prospešný jav. Zánik jedinca, alebo živelnou pohromou postihnutá časť znamená uplatnenie novej základnej vývojovej fázy – fázy obnovy, a tým začatie priebehu celého nového vývojového cyklu podľa dlhodobých zákonitostí. Poškodenie sa tu neposudzuje hospodársko-ekonomickými kritériami, ale z hľadiska vývojových zákonitostí a trvalosti pralesovitého útvaru a zachovania typických znakov v širšom plošnom rozsahu a v dlhších časových úsekoch. Výkyvy zapríčinené vplyvom extrémnejších stavov abiotických faktorov sú v pralese samozrejmosťou, pretože zmeny a vývoj viacerých základných znakov a zložiek prebiehajú vlnovite (KORPEL 1989).

V oblastiach strednej a juhovýchodnej Európy v pralesoch tvorených prevažne bukom (*Fagus sylvatica* L.) sú typické miernejšie poškodenia, čoho dôsledkom sú menšie medzery s prirodzenou obnovou vyskytujúcou sa na malých plôškach. Táto maloplošná prirodzená obnova môže roky prežívať v zatienení (MLINŠEK 1986; BONČINA 2000).

Výskum štruktúry prírodných lesov s dominantným zastúpením buka potvrdil, že táto hrúbková štruktúra predstavuje jedinečný prírodný priestorovo plošný vývojový model. Okrem vertikálneho vyplnenia produkčného disponibilného priestoru pralesov drevinou buk, významným faktorom, ktorý rozhoduje o ich hrúbkovej štruktúre je relatívny plošný podiel porastových medzier. Výskum potvrdil, že štruktúra porastovým medzier, ktoré sú obnove zabezpečené je výrazne maloplošná. V skúmaných pralesoch prevládajú medzery do výmery 5 árov (SANIGA et al. 2014, 2018).

Analýza vplyvu vertikálneho gradientu na hrúbkové štruktúry vybraných typov prírodných lesov s dominantným zastúpením buka potvrdila, že vegetačný gradient nemá významný vplyv na priebeh hrúbkovej štruktúry prírodných lesov. Hrúbková štruktúra stromov skúmaných prírodných lesov bez prihliadnutia na vývojové štádium bola vyrovnávaná viacerými matematickými funkciami. Ich analýzou a overením sa na vyrovnanie rozdelenia hodnôt ako najvhodnejšia potvrdila bimodálna sedemparametrická Weibullova funkcia. Analýza dátových súborov potvrdila vplyv výškového gradientu a úživnosti stanovišťa na rozdielnu rastovú aktivitu buka (SANIGA et al. 2020). Táto priestorovo-plošná textúra skúmaných pralesov vytvára pre zistenú textúru typickú hrúbkovú štruktúru. Uvedené parametre s ohľadom na dĺžku vývojového cyklu bukových pralesov budú musieť byť pre obhospodarované listnaté lesy korigované, ale bude potrebné reálne s nimi počítať pri

vytváraní modelov lesa hrúbkových tried. Rozbor hrúbkových štruktúr skúmaných pralesov potvrdil, že na vyrovnanie rozdelenia hodnôt ich hrúbkových početností sa ako najvhodnejšia ukázala bimodálna sedemparametrická Weibullova funkcia (ZHANG et al. 2001; WESTPHAL et al. 2006), ktorou sa priebeh početností dal aproximovať s vysokou tesnosťou pomocou kombinácie dvoch rozdelení. Tieto zistenia korešpondujú s výsledkami autorov WESTPHAL et al. (2006) z deviatich pralesov juhovýchodnej Európy.

Kombinácia drevín s výrazne odlišnými ekologickými nárokmi niekedy komplikuje interpretáciu zákonitostí a rastových procesov pralesa a tým špecifikáciu priebehu vývojového cyklu. Rôzna tolerancia drevín na svetelné podmienky má za následok časovo a priestorovo odlišné spôsoby nástupu prirodzenej obnovy jednotlivých drevín (YAMAMOTO 2000; NAGEL et al. 2007; ROZENBERGAR et al. 2007). Nástup prirodzenej obnovy, ako podmienky striedania generácii pralesa je okrem už uvedených endogénnych faktorov do vysokej miery ovplyvňovaný aj faktormi exogénnymi, spomedzi ktorých jednoznačne dominuje vplyv zveri ako konzumenta prvého rádu. Jelenia zver, v zimnom aspekte horského prostredia, je viazaná potravne takmer výlučne na odhryz prirodzeného zmladenia, čím dokáže významnou mierou tlmieť nástup prirodzeného zmladenia, resp. jeho výškové odrastanie určitej dreviny. Týmto vplyvom sa, popri pôsobení prírodných epizodických disturbancií, radí k významným faktorom ovplyvňujúcim dynamiku prírodného lesa (TREMBLAY et al. 2007). Dynamika lesného ekosystému je vo všeobecnosti idealizovaná ako striedanie gradujúcich a degradujúcich štádií. Toto striedanie je zabezpečené tromi, do určitej miery navzáznymi procesmi. Za tieto procesy môžeme považovať rast stromov, vedúci k akumulácii objemu biomasy, ich následné odumieranie, chápané ako postupný úbytok živej biomasy v lesnom ekosystéme a v konečnom dôsledku regeneračné procesy, ktoré zabezpečujú prepojenie predošlých dvoch systémov, vlastné striedanie následných generácií prírodného lesa (LEIBUNDGUT 1959, 1982; PALUCH 2007). Výskumom zmiešaných lesov strednej Európy, ako bolo vyššie uvedené, sa zaoberal celý rad autorov (KORPEL 1995; SANIGA 1999a,b; JAWORSKI et al. 2002; PODLASKI 2004; SZWAGRZYK et al. 2006; PALUCH 2007; HOLEKSA et al. 2009; DIACI et al. 2011 a ďalší).

Poznatky o zmenách a zákonitostiach, ktoré determinujú vývojový cyklus prírodných lesov sa v maximálnej miere využívajú pri pestovných technológiách voľného pestovania lesa. Systémy sú založené na individuálnom, resp. hlúčikovom výbere (transformujú gap dynamiku). Výsledkom tohto postupu je štruktúra lesa, kde sa skupiny, resp. hlúčiky nárastov, mladín a ďalších rastových fáz, ktoré vznikli prirodzenou obnovou nepravidelne striedajú na ploche porastu. Uvedené pestovné koncepcie využívajú pôvodné drevinové zloženie lesných ekosystémov a podmienky na ich prirodzenú obnovu. Plocha spolu s vekom ako základnými ukazovateľmi časovej úpravy lesa vekových tried stráca na význame, prakticky sa nepoužíva. Voľný štýl pestovania lesa (*free-style silviculture*) neznamena svojvoľnú ťažbu v lese. Vývoj lesa sa cielene usmerňuje a kritériá ťažby majú presne svoje pravidlá. Zásady a princípy na formovanie jeho štruktúry využívajú poznatky o prírodných procesoch lesného ekosystému (prirodzenú obnovu, výškový rast, proces autoredukcie, rastovej diferenciácie) s cieľom zabezpečenia všetkých jeho funkcií. Uvedený prístup znamená opustiť schematické myslenie rúbaňového lesa, ktoré je determinované časovou a ťažbovou úpravou lesa vekových tried (SANIGA 2019). Pokusy o využitie poznatkov z výskumu pralesov pri tvorbe vybraných

ukazovateľov v prírode blízkom pestovaní lesa sú známe, napr. v otázkach stanovenia hraničnej plochy prirodzenej obnovy vo výberkovom lese (KORPEL, SANIGA 1995), resp. pri odvodení parametrov modelu vysokohorského smrekového lesa pre oblasť Oravských Beskýd z dlhodobých dátových setov výskumu smrekového pralesa NPR Babia hora (SANIGA 1999c).

3. Cieľ vedeckej monografie

Vedecká monografia rieši dve významné tematické oblasti výskumu lesa hrúbkových tried ako základného modelu pre prírodu blízke hospodárenie v lesoch Slovenska. Prvou sú otázky časovej zmeny hrúbkových štruktúr pralesov tvorených karpatskou zmesou drevín smrek, jedľa a buk (Dobročský prales), resp. drevinovej skladby buk, jedľa (Badínsky prales). Druhou oblasťou je analýza štruktúry plôch porastových medzier ako základu pre definovanie plošného rámca pre mozaikové zmiešané porasty, ktoré nebudú pestovne formované stromovou formou výberkového lesa. Predmetom rozboru sú dlhodobé dátové sety jadier oboch pralesov. Pre stanovenie textúry pralesov ako pomocného základu pre parametre modelu lesa hrúbkových tried sa použili údaje z dvoch trvalých výskumných plôch o výmere 5 ha (Badínsky prales) a 6,25 ha (Dobročský prales). Transformácia hrúbkových štruktúr pralesov sa porovnáva s hrúbkovou štruktúrou vybraných porastov lesov osobitného určenia na VŠLP, ktoré sú 25 rokov vo fáze prebudovy na výberkový les (dielec 513), resp. vo fáze prebudovy na mozaikovú štruktúru (dielce 512a, 514b). Fókus monografie je orientovaný na:

1. Analýzu hrúbkovej štruktúry jadrovej zóny Dobročského pralesa (výmera 49,88 ha) za obdobie rokov 1978–2015 vplyvom zmeny zastúpenia hlavných drevín smrek, jedľa, buk. Dátové súbory budú slúžiť na overenie možnosti transformácie tejto štruktúry pre model lesa hrúbkových tried (výberkový les, mozaiková štruktúra).

2. Analýzu hrúbkovej štruktúry jadrovej zóny Badínskeho pralesa (výmera 24,6 ha) za obdobie rokov 1977–2017 vplyvom zmeny zastúpenia drevín buk, jedľa. Dátové súbory budú slúžiť na overenie možnosti transformácie tejto štruktúry pre model lesa hrúbkových tried (výberkový les, mozaiková štruktúra).

3. Štruktúru porastových medzier v skúmaných pralesoch ako základu pre určenie plošných rámcov mozaikových porastov.

4. Analýzu hrúbkovej štruktúry bukových porastov VŠLP (dielce 513, 514b) a ich zmeny za obdobie 25 rokov pri uplatňovaní pestovných zásahov (jednotlivý, resp. hlúčikový výber) zameraných na prebudovu mozaikovej, resp. trvalo viacetážovej štruktúry.

5. Porovnanie transformačného modelu výberkového lesa odvodeného z Badínskeho pralesa so skutočným bukovým výberkovým lesom na VŠLP TU Zvolen (dielec 513, trvalé výskumné plochy 1 a 2).

4. Materiál a metodika

4.1 Objekty výskumu

NPR Badínsky prales patrí medzi najstaršie chránené územia na Slovensku. V roku 1913 zásluhou lesníka Karola Kána, zakladateľa ochrany prírody v Uhorsku došlo ku ochrane ukážok pralesov. Jeho publikácia "Zachovanie prírodných pamiatok" (A természeteki emlékek fentartása) vydaná v roku 1909 v Budapešti sa stala základnou koncepciou ochrany prírodných pamiatok vrátane pralesov. Východiskom bola už skôr začatá inventarizácia prírodných pamiatok. Na základe pokynu uhorského ministra pôdohospodárstva č. 95098 predložilo riaditeľstvo Banskobystrických štátnych lesov návrh na ochranu troch pralesov Kulisovo (terajší Badínsky prales), Gerauka (Dobročský prales) a Plachta (prales, ktorý dnes už neexistuje). Návrh bol schválený v roku 1913 výnosom ministerstva pôdohospodárstva č. 127.663I.B.I. 1913.

NPR Badínsky prales sa nachádza v juhovýchodnej časti Kremnických vrchov (48°41'N, 19°03'E). Topograficky zaberá územie severného až severovýchodného svahu doliny Badínskeho potoka, v nadmorskej výške 700–850 m. n. m. Plocha pralesa je 30,6 ha. V roku 1947 bola postihnutá veternou kalamitou časť pralesa o celkovej výmere 6,1 ha, na ktorej sa v súčasnosti nachádza prechodný les (SANIGA, RICHTER 2006). Výskum pralesa bol započatý od roku 1957. Výskum bol zameraný predovšetkým na popis štruktúry a dynamiky životného cyklu pralesa (KORPEL 1995; SANIGA 1999a). Klimaticky územie NPR spadá do chladného horského klimageografického typu s priemernou ročnou teplotou 5,3–5,8°C a ročným úhrnom zrážok od 850 do 950 mm. Geologické podložie je tvorené andezitovými konglomerátmi, na ktorých ležia lávové prúdy pyroxenického andezitu s brekciami. Pôdy sú minerálne bohaté, mierne kyslé s vysokým produkčným potenciálom. Prevažuje skupina hnedých pôd (kambizeme a andozeme). Časť pôd pozdĺž vodných tokov patrí k fluvizemiam (BUBLINEC, PICHLER 2001). Podľa Zlatníkovej typologickej školy (ZLATNÍK 1976) je NPR Badín tvorená z väčšej časti (70 %) skupinou lesných typov *Fagetum typicum*, 20 % plochy pralesa je tvorené slt. *Abieto-Fagetum nst.* Na ostatnej ploche sa vyskytujú *Fageto-Aceretum* a *Fraxineto-Alnetum* (KRIŽOVÁ 1995). Lesné spoločenstvo je tvorené prevažne bukcom lesným (*Fagus sylvatica* L.) a primiešanou drevinou jedľou bielou (*Abies alba* Mill.). Smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) v prirodzenom drevinovom zložení chýba. Z ostatných listnáčov sa vyskytujú javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.), brest horský (*Ulmus glabra* Huds.), sporadicky jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.). Na kalamitnej ploche, kde prebieha sukcesný vývoj sa nachádza hlavne rakyta (*Salix caprea* L.), osika (*Populus tremula* L.) a breza (*Betula verrucosa* Ehrhart). Zastúpenie jedle v posledných desaťročiach výrazne klesá. Podľa údajov KORPELA (1995) bolo zastúpenie drevín v celom pralese (s výnimkou kalamitnej plochy) v roku 1957 nasledovné: buk 53 %, jedľa 46 % a ostatné listnáče 1 %. Pri inventarizácii v roku 1987 bol podiel buka na úrovni 74 %, jedle 18 %, a ostatných listnáčov 8 %.

Dobročský prales bol za rezerváciu vyhlásený v roku 1913 s pôvodnou výmerou 49,88 ha označenou ako porast 68a. V súčasnosti je jeho výmera zväčšená na 101,82 ha. Prales sa nachádza v oblasti Slovenského Rudohoria, v geografickej skupine Klenovský Vepor (48°40'59"S, 19°40'44"V), v oblasti nízkotatransko-rudohorsko-branišských prahôr a nevápnovitých sedimentov (ZLATNÍK 1959). Patrí k povodiu rieky Hron. Najnižší bod

rezervácie je 720 m. n. m. a najvyšší 1000 m. n. m. Prevládajú expozície západné a severozápadné, sklony 10–20°. Prevažná časť rezervácie spadá do doliny Brôtovo a je pod správou štátnych lesov, odštepny závod Čierny Balog. Geologický útvar, na území ktorého leží rezervácia, sú prahory, ktoré sú hlavne v okolí Klenovského Vepra prestúpené sekundárnymi vyvreninami. Podložie tvoria stlačené granodiority, zbridličnaté granity a kemité diority. Granodiorit sa vyskytuje v juhozápadnej tretine územia. Reliéf terénu je tvorený pravidelnými, preliačenými alebo vypuklými svahmi po oboch stranách hlavného hrebeňa, závermi bočných údolíčok a bočnými hrebienkami schádzajúcimi obojstranne z hlavného hrebeňa.

Oblasť je humídna s priemernými ročnými úhrnmi zrážok 890–960 mm, vo vegetačnom období 515–600 mm. Na zrážky najbohatšie sú mesiace máj, jún, júl, za nimi nasleduje november a december, najchudobnejšie mesiace sú január, február a marec. Priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozpätí 4,5–5,1 °C. Najteplejšie mesiace sú jún, júl, august a najchladnejšie január a február. Z uvedených údajov vyplýva, že oblasť je vlhká a pomerne chladná. Na území pralesa sa vyskytujú hlavne kambizeme podzolové, veľmi kyslé a kyslé, piesočnato-hlinité a kambizeme typické nenasýtené, ktoré sú tiež piesočnato-hlinité a kyslé. Obe hnedé pôdy sú hlboké a majú veľmi priaznivý fyzikálny stav, sú kypré až veľmi kypré v A horizonte, kypré až mierne uľahnuté v B horizonte. Celkovo sú to produkčne priaznivé lesné pôdy. Glejová pôda moderová sa nachádza na nepatrnej výmere v bočných dolinkách, v juhozápadnej a severozápadnej časti. Nadložný humus má veľmi kyslú reakciu (pH 4–5), pričom vykazuje mullové a priaznivé moderové formy. Spoločenstvá rezervácie patria prevažne do 4. bukového a 5. jedľovobukového lesného vegetačného stupňa (ZLATNÍK 1959). Najrozšírenejšou skupinou lesných typov je (slt) *Abieto-Fagetum* (AF) a predstavuje až 68,8 % z celkovej výmery plochy pralesa.

Porast VŠLP v prestavbe na výberkovú štruktúru reprezentujú TVP 1 a TVP 2 v dieľci 513. Predmetom výskumu prestavby na mozaikovú štruktúru je ostatná časť dieľca 513 a dielec 514b. Dielec 513 má výmeru 7,72 ha, drevinové zloženie buk 65 %, dub zimný 13 %, hrab 4 %, smrek 10 %, jedľa 8 %. Podľa typologickej klasifikácie sa dielec nachádza na spodnej hranici 4. lvs. V dieľci boli založené v roku 1995 trvalé výskumné plochy (TVP) každá s výmerou 0,25 ha. Výskum na plochách je zameraný na overenie funkcie modelu bukového výberkového lesa. Plochy sú zaradené do skupiny lesných typov *Fagetum pauper* nižší stupeň. Viac ako 30 rokov bola na skúmaných plochách uplatňovaná akostná úrovňová prebierka, v poslednom období (20 rokov) výberková prebierka. Plochy sa nachádzajú v nadmorskej výške 530–540 m, geologické podložie je tvorené andezitom, prevláda hnedá lesná pôda (kambizem). Expozícia je juhozápadná, sklon 20–25 %. Na ostatnej ploche dieľca sa 25 rokov uplatňuje individuálny, resp. hlúčikový výber zameraný na vytvorenie mozaikových porastov. Dielec je vekove a výškove rozrôznený (10–110 rokov).

Dielec 514b má výmeru 2,23 ha. Drevinové zloženie je tvorené buk 70 %, dub zimný 18 %, hrab 4 % a jedľa 8 %. Súčasná zásoba na 1 ha vypočítaná v roku 2019 bola 421,2 m³.ha⁻¹. Nachádza sa v nadmorskej výške 540 až 560 m, geologické podložie je tvorené andezitom, prevláda hnedá lesná pôda (kambizem). Expozícia je juhozápadná, sklon 20–25 %. Na ploche dieľca sa 25 rokov uplatňuje individuálny, resp. hlúčikový výber zameraný na vytvorenie mozaikových porastov. Odoberanie porastovej zásoby za sledované obdobie bolo

uskutočnené trikrát so silou $50,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, $45,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a $42,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Dielec je vekove a výškove rozrôznený (10–110 rokov).

4.2 Metodika výskumu

Výskum zmeny drevinového zloženia Dobročského pralesa na základe počtu stromov a objemu bol vykonaný v jadrovej zóne pralesa (49,88 ha). V tejto zóne boli spriemerované všetky živé stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm. Priemerkovanie sa uskutočnilo v rokoch 1978, 1988, 1998 a 2015. Výskum drevinovej štruktúry Badínskeho pralesa (priemerkovanie na plno stromov s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 8 cm) sa uskutočnil v rokoch 1977, 1986, 1997, 2008 a 2017).

Dobročský prales bol na základe hornej výšky rozdelený do troch vrstiev. Hornú výšku pralesa (h_0) sme určili ako jednoduchý aritmetický priemer výšok 10 % najhrubších živých stromov transektu na všetkých TVP (104 ks). Vypočítaná horná výška pralesa mala hodnotu 45,2 m. Na základe hornej výšky sa určili hraničné hodnoty výšok, podľa ktorých boli jedince zatriedované do jednotlivých vrstiev:

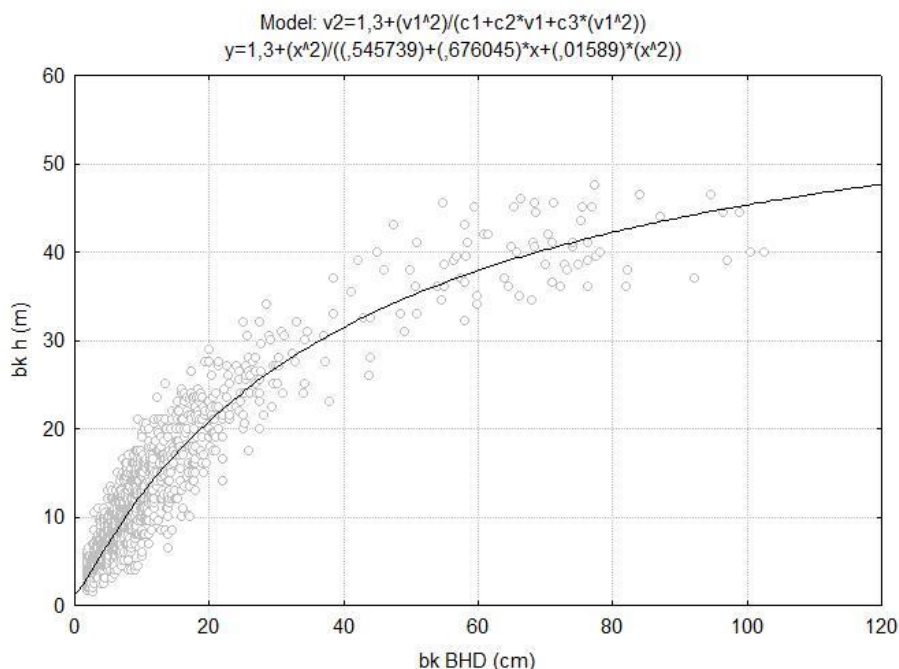
horná vrstva – výška stromu je väčšia ako $\frac{2}{3}$ hornej výšky porastu,

stredná vrstva – výška stromu sa pohybuje od $\frac{1}{3}$ do $\frac{2}{3}$ hornej výšky porastu,

dolná vrstva – výška stromu je menšia ako $\frac{1}{3}$ hornej výšky porastu.

Skutočné hodnoty boli nasledovné: dolná vrstva do 15,1 m, stredná vrstva od 15,2 do 30,2 m, horná vrstva od 30,3 m.

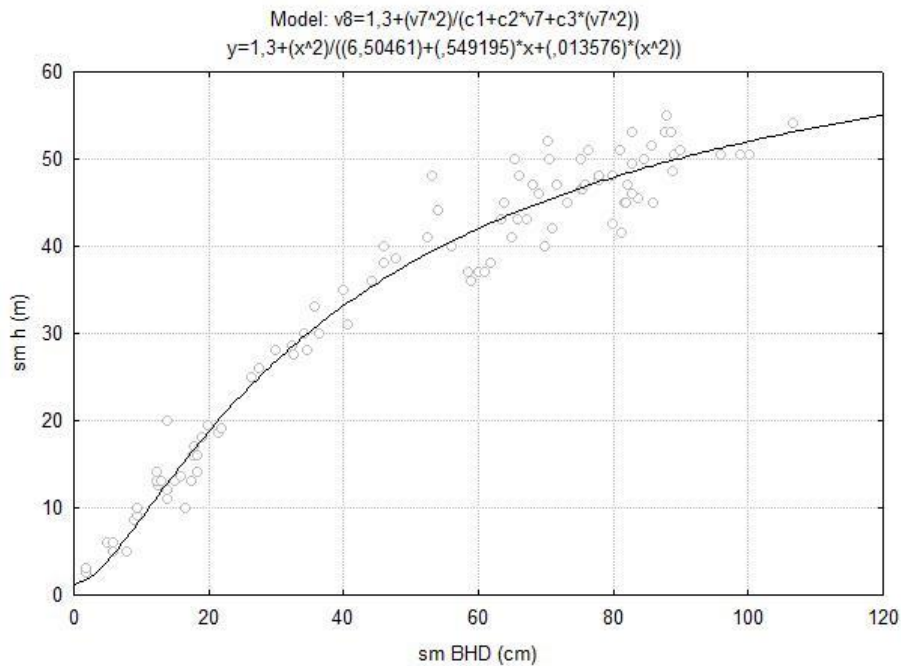
Na základe vyrovnaných výšok pre drevinu buk (obr.1) sme určili pre dolnú vrstvu hrúbkový stupeň $d_{1,3}$ 14 cm, pre strednú vrstvu horná hranica je hrúbkový stupeň $d_{1,3}$ 38 cm.



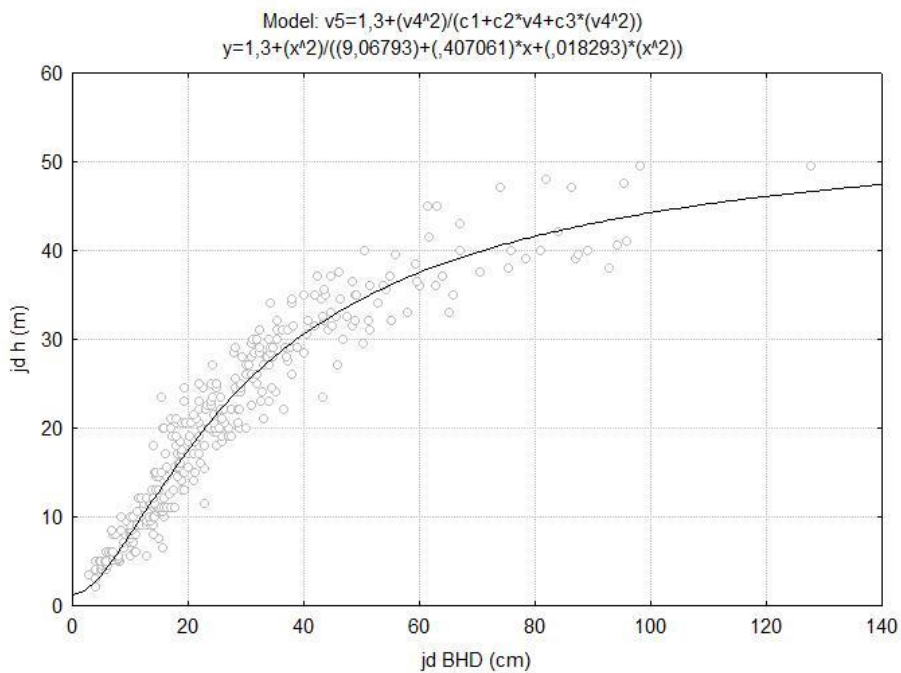
Obr.1: Závislosť medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou dreviny buk v Dobročskom pralese ($R^2=0,931$)

Fig.1: The relationship between diameter and height of beech in the virgin forest Dobroč ($R^2=0,931$)

Pre drevinu smrek bolo rozdelenie stromov na základe vyrovnaných výšok (obr.2) nasledovné: dolná vrstva $d_{1,3} = 14$ cm, stredná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 34$ cm. Pre jedľa to boli hranice: dolná vrstva $d_{1,3} = 18$ cm, stredná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 38$ cm (obr.3).



Obr.2: Závislosť medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou dreviny smrek v Dobročskom pralese ($R^2=0,966$)
 Fig.2: The relationship between diameter and height of spruce in the virgin forest Dobroč ($R^2=0.966$)

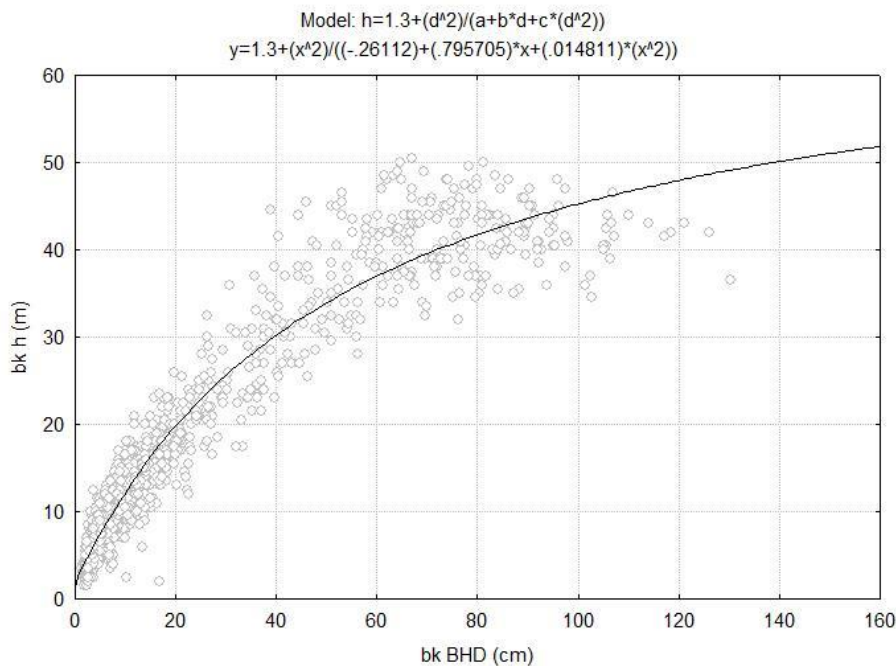


Obr.3: Závislosť medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou dreviny jedľa v Dobročskom pralese ($R^2=0,905$)
 Fig.3: The relationship between diameter and height of fir in the virgin forest Dobroč ($R^2=0,905$)

Rozbor závislostí medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou stromov pri jednotlivých drevinách na základe koeficientu determinácie, ktorý pri skúmaných troch drevinách potvrdil veľmi vysokú tesnosť s hodnotami R^2 viac ako 0,90.

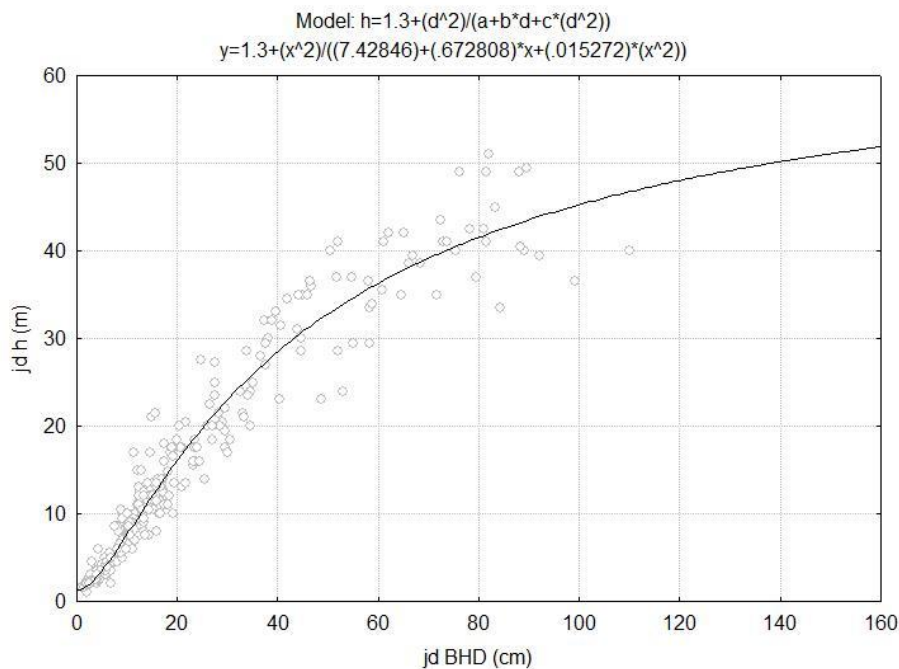
Badínsky prales bol na základe dátových súborov o hornej výške rozdelený do troch vrstiev. Hornú výšku pralesa (h_0) sme určili ako jednoduchý aritmetický priemer výšok 10% najhrubších živých stromov transektu na všetkých TVP (112 ks). Vypočítaná horná výška pralesa mala hodnotu 45,1 m. Na základe hornej výšky sa určili hraničné hodnoty výšok, podľa ktorých boli jedince zatriedňované do jednotlivých vrstiev: horná vrstva – nad 30 m, stredná vrstva – 15–30 m, dolná vrstva – do 15 m.

V hrúbkovom vyjadrení bola štruktúra vrstiev nasledovná: jedľa dolná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 18$ cm, stredná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 38$ cm, horná vrstva od hrúbky $d_{1,3} = 42$ cm (obr.5). Pre drevinu buk bola hrúbková štruktúra nasledovná: dolná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 14$ cm, stredná vrstva do hrúbky $d_{1,3} = 38$ cm, horná vrstva od hrúbky $d_{1,3} = 42$ cm. (obr.4).



Obr.4: Závislosť medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou dreviny buk v Badínskom pralese ($R^2=0,94$)

Fig.4: The relationship between diameter and height of beech in the virgin forest Badín ($R^2=0.94$)



Obr.5: Závislosť medzi hrúbkou $d_{1,3}$ a výškou dreviny jedľa v Badínskom pralese ($R^2=0,94$)

Fig.5: The relationship between diameter and height of fir in the virgin forest Badín ($R^2=0.94$)

Nakoľko sa jedná o drevinovú skladbu buk, jedľa a smrek (Dobročský prales), resp. drevinové zloženie buk, jedľa (Badínsky prales) pokúsili sme sa o matematický proces transformácie na výberkový les. Priebeh počtu stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch v jednotlivých rokoch merania v Dobročskom pralese bol vyrovnaný klesajúcou polynomicou funkciou s koeficientom determinácie $R^2 = 0,97$. Vysoká tesnosť korelácie potvrdila, že túto závislosť môžeme považovať za verifikantnú pri odvodení kvocienta geometrického radu. V prípade Badínskeho pralesa mala klesajúca polynomicá funkcia koeficient determinácie $R^2 = 0,85$ s hodnotou korelačného koeficienta $r = 0,92$. Postup odvodenia kvocienta geometrického radu pre model bukoveho výberkového lesa bol rovnaký ako v prípade Dobročského pralesa. Proces sa uskutočnil týmito krokmi:

- v prvom kroku bol so sumárnej klesajúcej početnosti hrúbkových štruktúr skúmaných pralesov vypočítaný priemerný kvocient geometrického radu (q),
- nakoľko cieľová hrúbka vo výberkovom lese kategórie hospodárskych lesov bude v rozpätí 58–60 cm a skutočné hrúbkové rozpätie v skúmaných pralesoch je viac-menej dvojnásobné, pre zachovanie dynamiky regeneračných procesov pri stanovenej cieľovej hrúbke bola hodnota jedincov v cieľovej hrúbke násobená koeficientom 2. Vynásobením počtu stromov v cieľovej hrúbke priemernou hodnotou q sa vypočítali počty stromov až po hrúbkový stupeň $d_{1,3} = 10$ cm (parameter A).

Pri drevinovom zložení Badínskeho pralesa, kde je dominantnou drevinou buk, priebeh hrúbkových početností bol okrem odvodenia modelu bukoveho výberkového lesa vyrovnaný Weibullovou funkciou. Pre praktickú verifikáciu bol model Weibullovej funkcie Badínskeho pralesa porovnaný s priebehom hrúbkovej štruktúry bukoveho porastu 514b a zostatkovej časti porastu 513 (7,22 ha) na VŠLP. Jedná sa o porasty, ktoré sú 25 rokov v prebudove na mozaikovú štruktúru. Uplatňuje sa tu individuálny, resp. hlúčikový výber.

Pre efekt vplyvu disturbančných procesov (tvorba a veľkosť porastových medzier) boli založené trvalé výskumné plochy (TVP) v Badínskom pralesi o výmere 5 ha s rozmermi 250 × 200 m a v Dobročskom pralesi o výmere 6,25 ha s rozmermi 250 × 250 m. Kvôli lepšej orientácii boli TVP zahustené sieťou rastrových plôch (RP) s rozmermi 50 × 50 m o výmere 0,25 ha. Následne boli analyzované porastové medzery podľa nasledovnej metodiky:

Plošné vylíšenie porastových medzier pomocou prístroja Field-Map bolo vykonané na celej TVP. Medzera je pre potreby tejto práce definovaná ako vertikálny priemet otvoru v porastovom zápoji, ktorý vznikol úbytkom jedného alebo viacerých jedincov hornej vrstvy. Pomocou výškových kriviek získaných meraním výšok jedincov porastu bola odvodená hraničná hrúbka stromu, ktorá zodpovedá 2/3 hornej výšky (h_0) porastu. Za jedince, vypadnutím ktorých medzera vznikla, sme považovali iba tie, ktoré presiahli hraničnú hrúbku reprezentujúcu 2/3 hornej výšky porastu. Z dôvodu podchytenia zmeny svetelných pomerov v poraste nachádzajúcom sa v blízkosti vertikálneho priemetu otvorenej medzery bola pri evidencii medzier meraná aj tzv. rozšírená medzera (*sensu* RUNKLE 1992). Rozšírená medzera je teda definovaná ako plocha ohraničená bázami kmeňov stromov tvoriaci hranicu otvorenej medzery (RUNKLE 1992). Otvorená a uzavretá medzera boli evidované iba v prípade, ak na pôdnom povrchu medzery bolo možné identifikovať zvyšky odumretých jedincov, ktorých odumretím medzera vznikla a následná generácia pralesa v medzere nedosiahla výšku 1/3 hornej výšky pralesa (h_0), tzn. kým nedosiahla výškové postavenie strednej vrstvy. V medzere boli evidované jedince obnovy podľa nasledovných výškových a hrúbkových kategórií:

- 1 cm–50 cm
- 51–100 cm
- 1,1 m–2 m
- 2,1m– $d_{1,3}1,9$ cm
- $d_{1,3} 2$ cm–3,9 cm
- $d_{1,3} 4$ cm–5,9 cm
- $d_{1,3} 6$ cm–7,9 cm

Jednou z úloh výskumu pre overenie koncepcie mozaikových porastov sú 2 trvalé výskumné plochy (TVP) o výmere 0,5 ha nachádzajúce sa v dieľci 514b na VŠLP Zvolen. Okrem podrobného merania na TVP v roku 1996 a v roku 2020 sa uskutočnilo priemerkovanie porastu naplno. Dielec s plochou 2,23 ha patrí do skupiny lesných typov (slt) *Fagetum pauper nst.* Nachádza sa v nadmorskej výške 620 až 640 m. Geologické podložie je andezit a prevládajúcim pôdnym typom hnedá lesná pôda (kambizem). Sklon je 10–15 %, prevláda západná expozícia. Dielec vznikol Gayerovým skupinovite clonným rubom. Pred zámerom vytvoriť mozaikovú štruktúru bol pestovne usmerňovaný akostnou úrovňovou prebierkou podľa Schädelina so silou 12–15 %. V roku 1996 bol v dieľci vykonaný výberkový rub so silou 65,2 m³.ha⁻¹, v roku 2005 hlúčikový výber so silou 56,2 m³.ha⁻¹. Posledný pestovný zásah bol vykonaný v roku 2013 so silou 51,2 m³.ha⁻¹. Pestovné opatrenia boli zamerané na zachovanie jednotlivého zmiešania duba, do novej generácie porastu, s cieľom vystupňovať ich ekonomické zhodnotenie a zachovať ich kontinuitu.

Modelovým objektom prebudovy na bukový výberkový les je dielec 513, ktorý z hľadiska typologickej klasifikácie sa nachádza na začiatku 4. lvs. Štruktúra tohto lesa je rámcovo porovnaná s modelom výberkového lesa odvodeného z Badínskeho pralesa. Dielec je vekove

a výškove rozrôznený (10–110 rokov), viac ako 30 rokov tu bola uplatňovaná akostná úrovňová prebierka, v poslednom období (25 rokov) výberková prebierka, resp. výberkový rub. V dielci boli v roku 1995 založené 2 TVP, každá s výmerou 0,25 ha so zámerom prebudovy porastu na výberkový les. Plochy sa nachádzajú v nadmorskej výške 530–540 m, geologické podložie je tvorené andezitom, prevláda hnedá lesná pôda (kambizem). Expozícia je juhozápadná, sklon 20–25 %. Z hľadiska fytoecologickej charakteristiky dielca prevláda skupina lesných typov (slt) *Fagetum pauper nst.* Sklon porastu je 10–15 % so západnou expozíciou. S prihliadnutím na poznatky z literatúry (DITTMAR 1990; GEROLD, BIEHL 1992; SCHÜTZ 2001a) bol model bukového výberkového lesa nastavený na cieľovú hrúbku 54 cm so zásobovou úrovňou $270 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Dôvodom okrem iného bola skutočnosť, že sa jedná o rastové optimum buka s hornou výškou 33–34 m. Dielec vznikol Gayerovým skupinovite clonným rubom. Pred týmto zámerom bol pestovne usmerňovaný akostnou úrovňovou prebierkou podľa Schädelina so silou 16–18 % zo zásoby porastu. Od roku 1996 sa na TVP 1 uskutočnil výberkový rub so silou $71 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, druhý zásah v roku 2005 so silou $76 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tretí zásah bol vykonaný v roku 2018 so silou $66 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Na TVP 2 bol výberkový rub v roku 1996 so silou $67,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, v roku 2005 bola sila $66,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, v roku 2018 bola sila výberkového rubu na úrovni $51 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Na TVP boli založené tranzekty $10 \times 50 \text{ m}$, na ktorých sa zisťoval stav prirodzenej obnovy. Pre zistenie regeneračných procesov sa využili 1-árové plochy tranzektu, kde sa analyzoval stav prirodzenej obnovy v nasledovných kategóriách: jedince s výškou do 20 cm, jedince s výškou 21–50 cm, 51–130 cm, jedince s výškou nad 131 cm do hrúbky $d_{1,3}$ 2 cm, jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 2,1–4 cm, jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 4,1–8 cm. Ako bolo uvedené v predchádzajúcom odseku, dendrometrické údaje zo zostatkovej časti dielca (7,22 ha) boli použité pre overenie pestovnej koncepcie mozaikových porastov podobne ako dielec 514b.

5. Výsledky

5.1 Dobročský prales

5.1.1 Hrúbková štruktúra

Popri analýze hrúbkovej štruktúry pralesa a dynamike zmien účasti drevín bolo parciálnym cieľom rozboru vyplnenie produkčného disponibilného priestoru pralesa korunami stromov. Účasť drevín v produkčnom rastovom priestore pralesa prezentuje tab.1. Rozbor dátových súborov v jednotlivých rokoch merania potvrdil dominantné zastúpenie buka v dolnej vrstve. Jeho početnosť má stúpajúcu tendenciu od 69 ks.ha⁻¹ v roku 1978 na 134 ks.ha⁻¹ zistenú pri poslednom meraní. Významný pokles za sledované obdobie bol zaznamenaný pri drevinách jedľa a smrek. Pri oboch drevinách sa jednalo o dlhodobé narušenie dynamiky regeneračných procesov (fáza odrastania), ktoré je spôsobené vysokými stavmi jelenej zveri a odryzom jedincov s výškou viac ako 30 cm. Podobná tendencia sa potvrdila v strednej vrstve pralesa, pričom dynamika redukcie smreka a jedle nie je až taká významná. V hornej vrstve pralesa bol zaznamenaný mierny vzostup početnosti buka a významný pokles zastúpenia smreka z hodnoty 42 ks.ha⁻¹ v roku 1978 na 30 ks.ha⁻¹ v roku 2015. Uvedená redukcia bola spôsobená vplyvom lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.). Jedľa biela ako drevina s najdlhším fyzickým vekom zaznamenala nárast z hodnoty 34 ks.ha⁻¹ na hodnotu 43 ks.ha⁻¹. Podobné poznatky sa zistili aj v hodnotách kruhovej základne jednotlivých drevín.

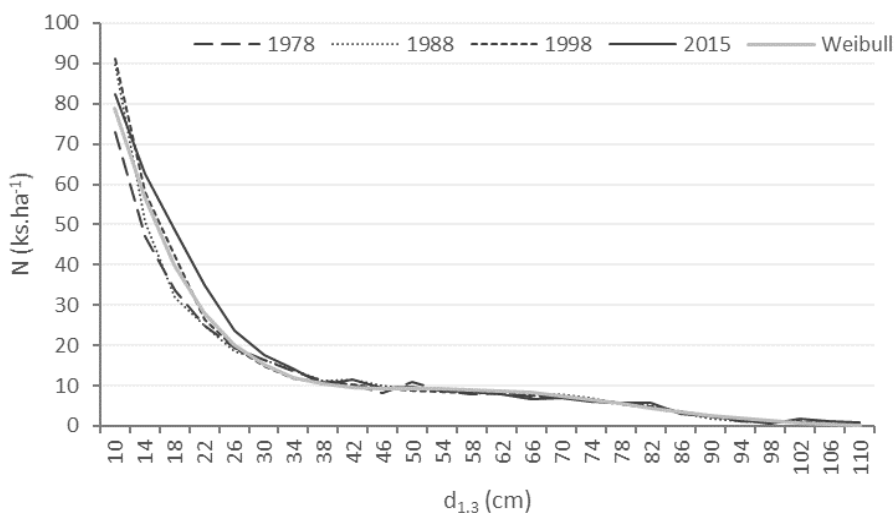
Tab.1: Zastúpenie drevín podľa výškových vrstiev a rokov merania

Tab.1: Representation of tree species according to height layers and measurement years

Vrstva ¹ / rok merania ²	N (ks.ha ⁻¹)					G (m ² .ha ⁻¹)				
	bk ⁷	sm ⁸	jd ⁹	ost ¹⁰	spolu ⁶	bk ⁷	sm ⁸	jd ⁹	ost ¹⁰	spolu ⁶
Dolná³										
1978	69	20	46	2	136	0,7	0,2	0,8	0,0	1,7
1988	105	13	33	2	153	1,1	0,1	0,6	0,0	1,8
1998	127	6	23	2	159	1,3	0,1	0,4	0,0	1,9
2015	134	4	10	2	150	1,5	0,1	0,2	0,0	1,7
Stredná⁴										
1978	21	25	49	3	99	0,9	1,3	3,2	0,2	5,6
1988	32	23	42	4	101	1,4	1,3	2,9	0,2	5,7
1998	56	20	33	4	113	2,4	1,0	2,3	0,2	5,9
2015	97	15	27	3	142	4,3	0,8	1,8	0,2	7,2
Horná⁵										
1978	21	42	34	3	100	6,7	12,4	12,9	1,1	33,1
1988	22	44	34	4	104	7,6	13,2	12,5	1,2	34,4
1998	24	38	36	3	101	8,6	12,0	13,2	1,2	35,0
2015	26	30	43	3	102	9,7	9,6	15,1	1,2	35,5
Spolu⁶										
1978	111	87	129	8	335	8,3	13,9	16,9	1,3	40,5
1988	159	80	110	9	358	10,1	14,6	15,9	1,4	41,9
1998	207	64	93	9	373	12,3	13,1	15,9	1,5	42,7
2015	257	49	79	9	395	15,4	10,5	17,1	1,4	44,4

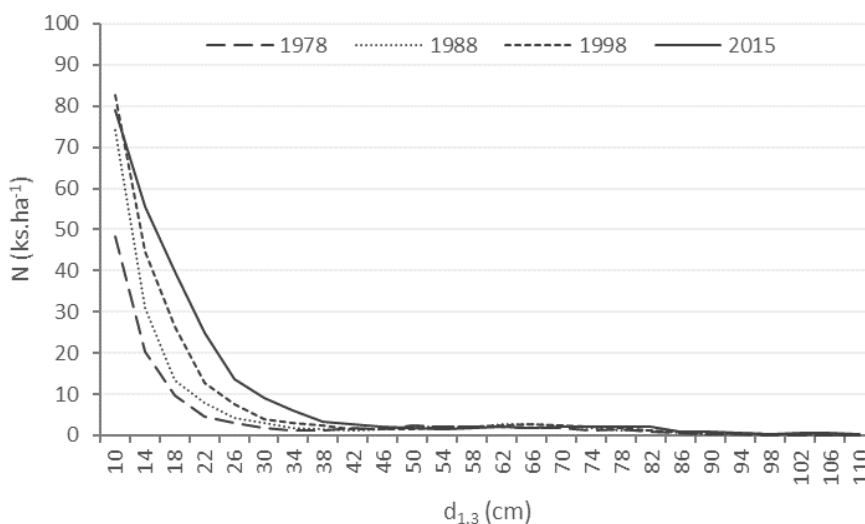
1-layer, 2-year of inventory, 3-lower, 4-middle, 5-upper, 6-total, 7-beech, 8-spruce, 9-fir, 10-others

Rozbor celkovej hrúbkovej štruktúry pralesa a jej zmeny za sledované obdobie prezentuje obr.6. Hrúbkový profil predstavuje klesajúcu početnosť s najväčšími rozdielmi v prvých troch hrúbkových stupňoch. V prvom hrúbkovom stupni je diskrepancia v rozpätí od 48 ks.ha⁻¹ do 83 ks.ha⁻¹. Za sledované obdobie došlo v prvých štyroch hrúbkových stupňoch k významnému nárastu. Na zvýšení hodnôt v tomto hrúbkovom rozpätí sa podieľa hlavne buk. Hrúbková štruktúra pralesa vykazuje prvky stabilnosti a jeho drevinové zloženie vytvára predpoklady pre kreovanie modelu výberkového lesa. Účasť drevín na celkovej hrúbkovej štruktúre pralesa prezentujú obr.7–9.



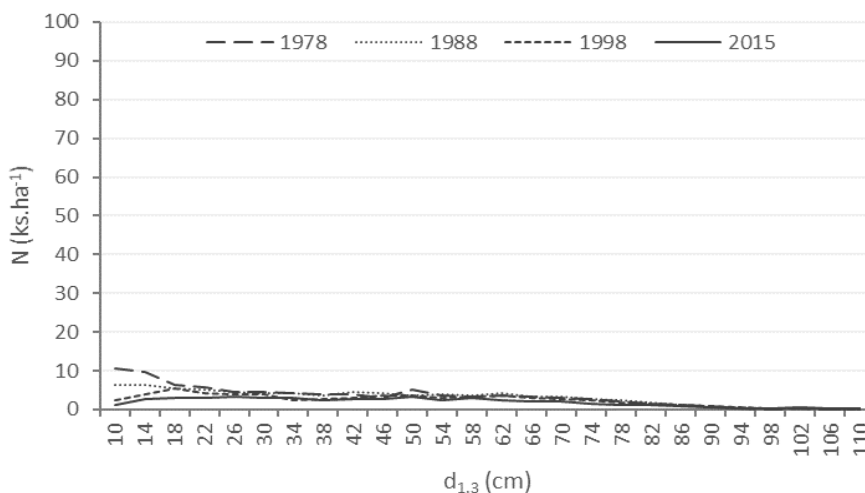
Obr.6: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry drevinovej skladby buk-jedľa-smrek v Dobročskom pralesi za obdobie 1978–2015

Fig.6: Temporal change in diameter structure of the tree species composition beech-fir-spruce in the virgin forest Dobroč for period 1978–2015



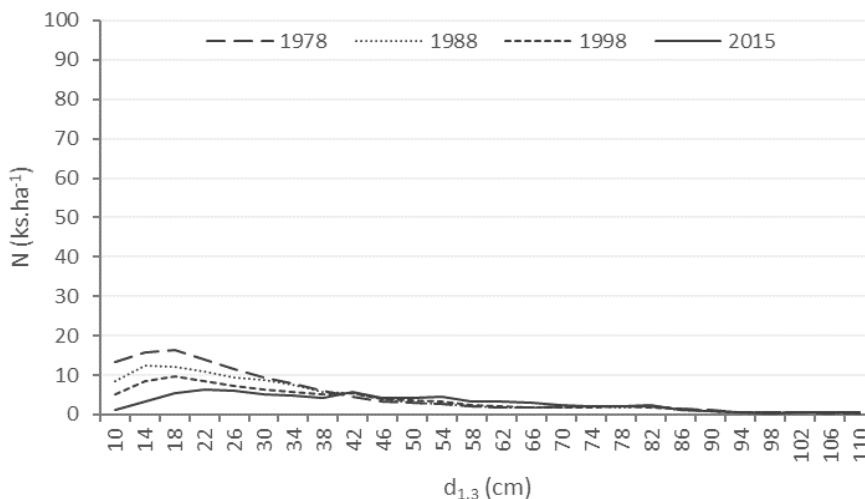
Obr.7: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry buka v Dobročskom pralesi za obdobie 1978–2015

Fig.7: Temporal change in diameter structure of beech in virgin forest Dobroč for period 1978–2015



Obr.8: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry smreka v Dobročskom pralesi za obdobie 1978–2015
 Fig.8: Temporal change in diameter structure of spruce in virgin forest Dobroč for period 1978–2015

Hrúbková štruktúra smreka (obr.8) má okrem merania z roku 1978 jemné ľavostranné rozdelenie. Dôvodom je jeho regeneračná porucha spôsobená zverou, ktorá v poslednom 30-ročnom období nezabezpečuje pravidelný presun jedincov do prvého hrúbkového stupňa.



Obr.9: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry jedle v Dobročskom pralesi za obdobie 1978–2015
 Fig.9: Temporal change in diameter structure of fir in virgin forest Dobroč for period 1978–2015

Pri drevine jedľa je táto tendencia ešte výraznejšia (obr.9). V prvom až treťom hrúbkovom stupni bol za sledované obdobie zaznamenaný ešte výraznejší pokles jedincov. Pri analýze pralesa ako celku sa za celé sledované obdobie potvrdil priebeh klesajúcej hrúbkovej početnosti (obr.6). Tento priebeh je vďaka buku stabilný. Z rozboru štruktúry je možné odvodiť model výberkového lesa pre skúmanú drevinovú skladbu (obr.10). Vypočítaný pokles podielu sumárneho počtu stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch za celé sledované obdobie vygeneroval priemerný kvocient geometrického radu $q = 1,3$. Pri metodologickom predpoklade rámcovej konečnej hrúbky pralesa cca. $d_{1,3} = 110$ cm a stanovení cieľovej hrúbky výberkového lesa na hodnotu $d_{1,3} = 58$ cm, predstavuje tento

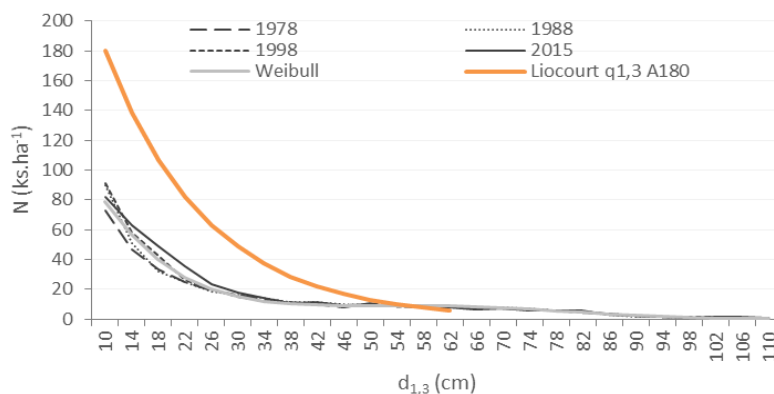
parameter približne polovicu hrúbkového rozpätia štruktúry vývojového cyklu skúmaného pralesa. Hraničná hodnota hrúbky v pralesoch pri štandardnom klimatickom režime bez výrazných disturbančných udalostí na úrovni patch dynamiky, je determinovaná mortalitou najhrubších stromov drevín, ktoré tvoria ich štruktúru. Pri stanovení cieľovej hrúbky výberkového lesa na hranicu polovičného hrúbkového rozpätia pralesa budeme uvažovať s dvojnásobným počtom stromov v prvom hrúbkovom stupni ako je to v prípade hrúbkovej štruktúry pralesa t.z. v sume 180 ks.ha⁻¹. Model je kreovaný s hodnotou q = 1,3 a cieľovou hrúbkou d_{1,3} = 58 cm. Vypočítaný typ modelu výberkového lesa je prezentovaný v tab.2 a obr.10. Pri cieľovej hrúbke 58 cm model uvažuje s celkovým počtom stromov 754 ks.ha⁻¹, kruhovou základňou 35,6 m².ha⁻¹ a modelovým objemom hrubiny 457 m³.ha⁻¹. Model reprezentuje drevinovú štruktúru s dominantným zastúpením buka, väčšou prímiesou jedle a menšou smreka (obr.10).

Tab.2: Odvođený model výberkového lesa pre drevinové zloženie smrek, jedľa a buk

Tab.2: Derived model of selection forest for tree species composition of spruce, fir and beech

Hrúbková trieda (cm) ¹	V _i m ³	Liocourt ks.ha ⁻¹ q = 1,3, A = 180	G m ² .ha ⁻¹	V m ³ .ha ⁻¹
10	0,04	180	1,4	7,5
14	0,11	138	2,1	15,2
18	0,22	107	2,7	23,3
22	0,38	82	3,1	30,8
26	0,59	63	3,3	37,0
30	0,86	48	3,4	41,7
34	1,20	37	3,4	44,6
38	1,60	29	3,3	46,0
42	2,08	22	3,1	45,9
46	2,64	17	2,8	44,8
50	3,28	13	2,6	42,8
54	4,00	10	2,3	40,2
58	4,81	8	2,0	37,2
spolu ²	-	754	35,6	457,0

1-diameter class, 2-total



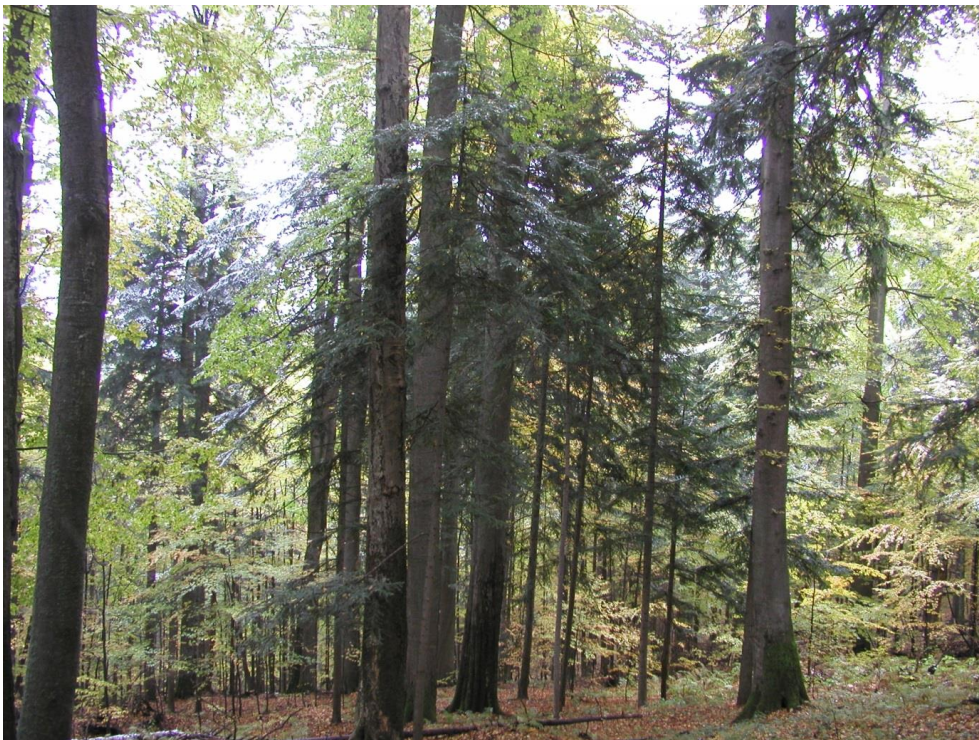
Obr.10: Model výberkového lesa odvođený z hrúbkovej štruktúry Dobročského pralesa

Fig.10: The model of selection forest derived from diameter structure of virgin forest Dobroč

Textúra pralesa je variabilná nielen z pohľadu štruktúry porastových medzier, ktorá bude prezentovaná v nasledujúcej kapitole, ale aj v účasti a hrúbkovej štruktúre drevín na jeho ploche (obr.11–13).



Obr.11: Výberková štruktúra bukovej skupiny v Dobročskom pralese (foto: Saniga)
Fig.11: Selection structure of a beech group in virgin forest Dobroč (photo: Saniga)



Obr.12: Výberková štruktúra drevín smrek, jedľa a buk v Dobročskom pralese – vzor pre model výberkového lesa (foto: Saniga)
Fig.12: Selection structure of spruce, fir and beech in virgin forest Dobroč – pattern for the selection forest model (photo: Saniga)



Obr.13: Skupina buka vzniknutá pred 15 rokmi odumretím a vyvrátením jedle (gap dynamika) (foto: Saniga)

Fig.13: Group of beech trees formed 15 years ago by dying and uprooting of fir (gap dynamics) (photo: Saniga)

5.1.2 Veľkosť medzier v pralese a frekvencia ich výskytu vo väzbe k prirodzenej obnove a počtu odumretých stromov

Rozborom plošnej štruktúry porastových medzier pralesea, ktorý sa získal analýzou TVP sa zistilo, že otvorené medzery tvoria 18,03 % a rozšírené medzery 38,94% výmery plochy. Viac ako polovica výmery TVP (61,06 %) predstavuje štruktúru zapojeného pralesea (tab.3).

Tab.3: Zastúpenie otvorených a rozšírených medzier a zapojeného porastu na TVP

Tab.3: Proportion of canopy gaps, expanded gaps and closed canopies in PRP

		otvorené medzery ¹	rozšírené medzery ²	zapojený porast ³
podiel	%	18,0	38,9	61,1

¹canopy gap, ²expanded gap, ³closed canopy

Z hľadiska plošnej štruktúry bolo na TVP zistených 43 medzier s variačným rozpätím od 22,4 m² do 1060,9 m². Táto textúra medzier v pralesi vznikla odumretím 2 až 4 stromov. Medzery, ktoré svojou plochou presahovali za hranice TVP, neboli použité k výpočtu početnosti medzier, použili sa len k vyjadreniu percentuálneho zastúpenia medzier na ploche pralesa.



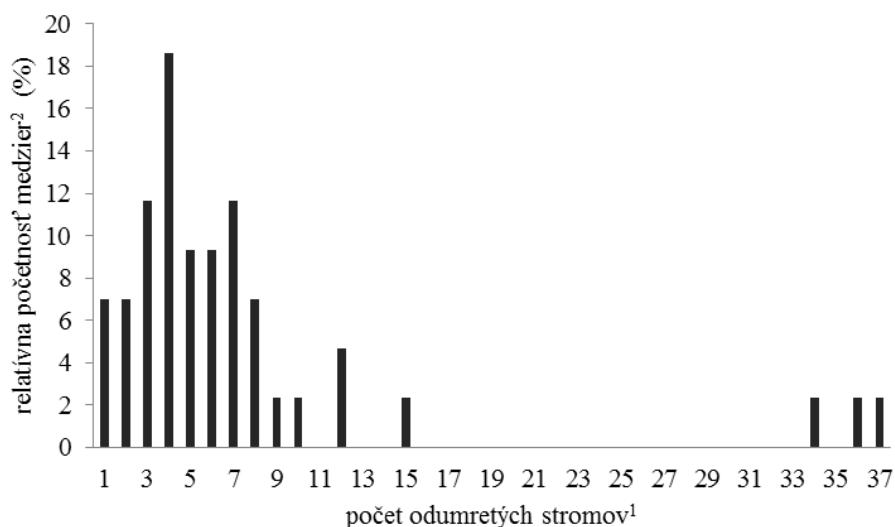
Obr.14: Frekvencia výskytu otvorených medzier vo vzťahu k ich veľkosti

Fig.14: Frequency of canopy gaps according to size classes (¹gap size, ²gap frequency)

Analýza štruktúry medzier podľa kategórií veľkosti potvrdila ich maloplošný charakter. Výsledky výskumu ukázali, že 90,2 % celkového počtu porastových medzier je koncentrovaných v prvých 5 veľkostných triedach t.z. od 50 do 300 m² (obr.14). Najväčší podiel (30,2 %) majú medzery s plochou 50–100 m². Rovnaký podiel (18,6 %) majú triedy vo veľkostnej kategórii 5–50 m² a 100–150 m² a to 18,6 %. Porastové medzery s plošným rozpätím 150–200 m² majú relatívny podiel 14,0 %. Medzery s väčšou plochou ako 250 m² sa na ploche vyskytovali sporadicky a tvorili podiel menej ako 5 %. Medzery do 300 m² tvoria s počtu medzier až 90,7 %, no z plochy medzier predstavujú hodnotu 60,1 %.

Rozbor štruktúry porastových medzier (plošnej textúry) Dobročského pralesa potvrdil jej maloplošný charakter. Mortalita stromov je pozvoľná, medzery mali prevažne eliptický, resp. nepravidelný kruhový tvar a boli pokryté následnou generáciou pralesa. Tento prírodný režim vytvárania medzier s malými plošnými výmerami vytvára predpoklady kontinuálneho vývoja s nástupom prirodzenej obnovy prakticky všetkých drevín. Frekvencia výskytu otvorených medzier vo väzbe k počtu odumretých stromov a prirodzenej obnove má podobný priebeh. Analýza počtu odumretých stromov, ktoré sa podieľajú na tvorbe medzier potvrdila, že takmer 60,5 % medzier je tvorených odumretím 3–7 stromov (obr.15). Najväčší podiel majú medzery so štyrmi mŕtvymi stromami, približne 18,6 %. Odumretím jedného alebo dvoch

stromov vzniklo 14,0 % medzier. Rozbor počtu odumretých stromov potvrdil, dynamiku pomalého odumierania menšieho počtu stromov a následne tvorbu veľkostne menších porastových medzier. Odumretie väčších skupín stromov v počte 8–15 ks je zriedkavejšie, na tvorbe medzier sa podieľa len 18,6 %. Počtom ojedinelá je existencia veľkých medzier, ktoré vznikli odumretím 34–37 stromov, predstavujú hodnotu 4,7 % počtu medzier, no ich výmera je relatívne veľká. Jednalo sa hlavne o drevinu smrek, kde jedince odumreli a vytvorili medzeru synergiou efektu vetra a lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.).



Obr.15: Frekvencia výskytu medzier vo vzťahu k počtu odumretých stromov, ktoré ju vytvorili

Fig.15: Gap frequency according to number of gapmakers per gap (¹number of gapmakers per gap, ²gap frequency)

Z výsledkov rozboru nekromasy vyplýva, že medzery sú prevažne tvorené odumretím 1–7 ks jedle a smreka. Výrazná dominancia jedle súvisí s jej prirodzeným dožívaním, ale hlavne s jej dlhou dobou rozkladu. V rámci odumretých jedincov v jednotlivých medzerách bolo zistených niekoľko stupňov rozkladu, čo poukazuje na postupné vznikanie a rozširovanie medzier a tiež na vyšší vek medzier.

Otvorené medzery, ktoré zaberajú približne 18,03 % výmery vytvárajú vhodné podmienky pre klíčenie, ujímanie a odrastanie jedincov obnovy hlavne buka. Zapojená prirodzená obnova v medzerách predstavuje 11,8 % výmery TVP. Celkovo zapojená obnova vrátane kontaktnej zóny stojacich stromov v pralese má hodnotu 14,9 % výmery TVP. Tento 3,1 % rozdiel je tvorený predovšetkým drevinou buk, ktorý sa nachádza vo vyšších vývojových kategóriách. Uvedené plochy obnovy pod zapojeným pralesom pravdepodobne vznikli opätovným zavretím medzier a schopnosťou buka prežívať v dokonalom zápoji pralesa (tab.4).

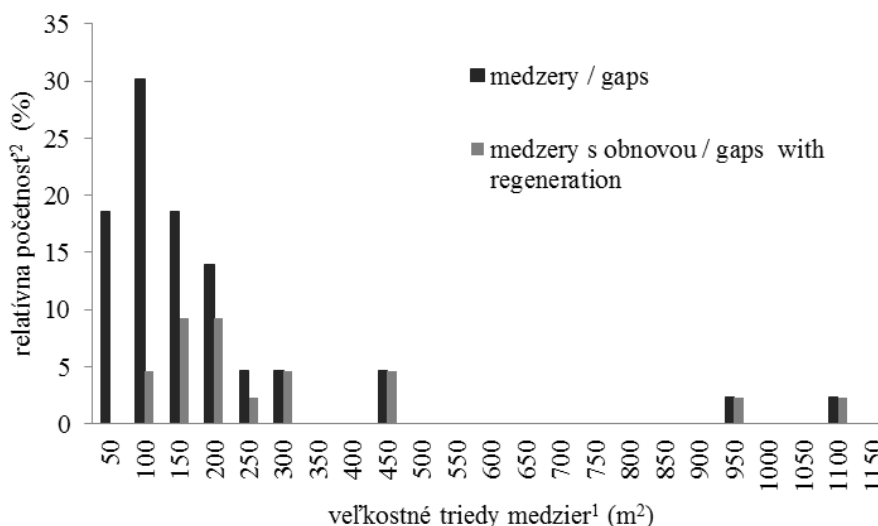
Tab.4: Zastúpenie otvorených medzier, zapojenej obnovy a zapojenej obnovy v medzerách na TVP

Tab.4: Proportion of canopy gaps, closed regeneration and closed regeneration in canopy gaps in PRP

	otvorené medzery ¹	zapojená obnova ²	zapojená obnova v medzerách ³
podiel	18,0	14,9	11,8
%	18,0	14,9	11,8

¹canopy gaps, ²closed canopy of regeneration, ³closed canopy of regeneration in canopy gaps

Napriek vysokej relatívnej početnosti medzier vo veľkosti hlúčika (do 100 m²), ktorá predstavuje 48,8 %, len v menej ako v 5 % sa vyskytuje prirodzená obnova v plošnej forme (obr.16). Väčšia časť prirodzenej obnovy sa vyskytuje v medzerách s veľkosťou malých skupín (100–200 m²), ktoré predstavujú podiel 51,2 % z počtu medzier. Ich plošný podiel vzhľadom na rastúcu plochu medzier je však oveľa významnejší. Z uvedeného vyplýva, že prevládajúcou plošnou formou obnovy je skupinová s dominujúcou veľkosťou medzier do 300 m². Tento typ štruktúry pralesa vytvára predpoklady a podklady pre modelovanie lesov podobných drevinových štruktúr smerom ku trvalo viac etážovým porastom.



Obr.16: Frekvencia výskytu prirodzenej obnovy v plošnej forme v otvorených medzerách
Fig.16: Frequency of closed regeneration in canopy gaps (¹gap size, ²gap frequency)

Informácie o zastúpení vývojových kategórií a druhov drevín zapojenej prirodzenej obnovy pri jej plošnej forme sú prezentované v tab.5.

Tab.5: Prirodzená obnova v plošnej forme podľa vývojových kategórií a druhu drevín
Tab.5: Closed regeneration according to developmental categories and tree species

kategória ²	drevina ¹			spolu ⁶	
	buk ³ m ² .ha ⁻¹	jvh ⁴ m ² .ha ⁻¹	js ⁵ m ² .ha ⁻¹	m ² .ha ⁻¹	%
0 cm–50 cm	0,0	106,8	89,3	196,1	13,1
51 cm–1 m	0,0	17,9	101,6	119,5	8,0
1,1 m–2 m	0,0	10,1	14,8	24,9	1,7
2,1 m–d _{1,3} 1,9 cm	508,2	0,0	0,0	508,2	34,0
d _{1,3} 2 cm–3,9 cm	406,9	0,0	0,0	406,9	27,2
d _{1,3} 4 cm–5,9 cm	94,6	0,0	0,0	94,6	6,3
d _{1,3} 6 cm–7,9 cm	144,4	0,0	0,0	144,4	9,7
spolu	1154,0	134,8	205,7	1494,4	100,0
%	77,2	9,0	13,8	100,0	-

¹tree species, ²category, ³beech, ⁴sycamora maple, ⁵ash, ⁶all

V mladších vývojových kategóriách od výšky 1 m do hrúbky $d_{1,3}$ 2 cm prevažujú svetlomilnejšie cenné listnáče javor horský a jaseň štíhly, pričom k nim pristupujú aj javor mliečny, jarabina vtáčia, brest horský a samozrejme buk lesný. Tento stav je priamym prejavom zlepšených svetelných pomerov v medzere. S rastúcim vekom medzery, so zvyšovaním clonenia a celkovým zhoršovaním podmienok prostredia v medzere sa v procesoch autoredukcie dostáva do popredia buk, ktorý je v daných podmienkach kompetične silnejší. V starších vývojových kategóriách prirodzenej obnovy od 2,1 m po $d_{1,3}$ 7,9 cm je jasná jeho dominancia, pričom prevláda až na 77,2 % plochy zapojenej prirodzenej obnovy. Tento jav, v ktorom sa dominancia cenných listnáčov v prirodzenej obnove postupne zmení na dominanciu buka označujú viacerí autori ako proces mikrosukcesie. Smrek a jedľa zapojené plochy prirodzenej obnovy nevytvárajú vôbec.

Výskum v pralese potvrdil vysoký podiel medzier vo veľkosti hlúčika (do 100 m²), ktorá predstavuje 48,8 %. Napriek vhodnému kľúčnemu lôžku a priaznivým ekologickým podmienkam pre klíčenie, ujímanie a prežívanie semenáčikov buka a jedle sa výskyt prirodzenej obnovy v plošnej forme zistil len na 5 % plochy hlúčikov (obr.16). Väčšia časť prirodzenej obnovy sa vyskytuje v medzerách s veľkosťou malých skupín (100–200 m²), ktoré predstavujú podiel 51,2 % z počtu medzier. Ich plošný podiel vzhľadom na rastúcu plochu medzier je však oveľa významnejší. Z uvedeného vyplýva, že prevládajúcou plošnou formou obnovy je maloplošná skupinová s dominujúcou veľkosťou medzier do 300 m². Striedanie generácií pralesa prebieha maloplošnou formou s dominanciou obnovovanej plochy do 5 árov. Transformáciou tohto ukazovateľa pre plošné vylíšenie mozaikových skupín v bukových porastoch s rubnou dobou 110 rokov môžeme uvažovať s ich maximálnou výmerou 10 árov.

5.2 Badínsky prales

5.2.1 Hrúbková štruktúra

Dynamiku zmeny zastúpenia drevín (početnosť a kruhová základňa) v jednotlivých vrstvách pralesa za obdobie rokov 1977 až 2017 charakterizuje tab.6. Pri hodnotení účasti drevín vo vrstvách pralesa (ks.ha⁻¹) možno konštatovať zmeny pri jednotlivých drevinách. Jedľa biela zaznamenala mierny pokles vo všetkých vrstvách pralesa. Pri buku bol zaznamenaný významný vzostup hlavne v dolnej a strednej vrstve pralesa. Pri ostatných drevinách (javor horský, brest horský) bol zaznamenaný mierny pokles v dolnej a strednej vrstve pralesa. Pri hodnotení kruhovej základne bola pri jedli zistená vyrovnanosť v dolnej vrstve, ktorá oscillovala okolo hodnoty 0,3 m².ha⁻¹, v strednej a hornej vrstve bol zistený pokles. Rozbor ukazovateľov potvrdil postupný ústup jedle bielej a zvyšovanie zastúpenia buka v Badínskom pralese.

Rozbor celkovej hrúbkovej štruktúry pralesa a jej zmeny za sledované obdobie prezentuje obr.17. Podobne ako v Dobročskom prales hrúbkový profil predstavuje klesajúcu početnosť s najväčšími rozdielmi v prvých troch hrúbkových stupňoch. V prvom hrúbkovom stupni je diskrepancia v rozpätí od 52 ks.ha⁻¹ do 158 ks.ha⁻¹. Za sledované obdobie došlo v prvých štyroch hrúbkových stupňoch ku významnému nárastu počtu stromov. Na zvýšení hodnôt v tomto hrúbkovom rozpätí sa podieľa hlavne buk. Hrúbková štruktúra pralesa aj pri

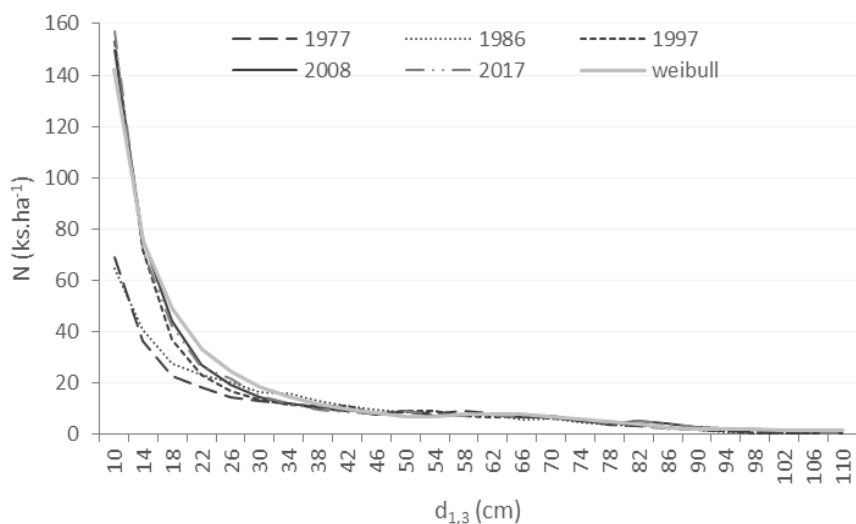
postupnom poklese jedle vykazuje prvky stabilnosti a jeho drevinové zloženie vytvára predpoklady pre kreovanie modelu výberkového lesa, resp. mozaikovej štruktúry pre obhospodarované lesy podobného drevinového zloženia. Účasť drevín na celkovej hrúbkovej štruktúre pralesa prezentujú obr.18–19.

Tab. 6: Zastúpenie drevín podľa výškových vrstiev a rokov merania

Tab. 6: Representation of tree species according to height layers and years of measurement

Vrstva ¹ / rok ²	N (ks.ha ⁻¹)				G (m ² .ha ⁻¹)			
	bk ⁷	jd ⁸	ost ⁹	spolu ⁶	bk ⁷	jd ⁸	ost ⁹	spolu ⁶
Dolná³								
1977	75	28	9	112	0,8	0,4	0,1	1,3
1986	86	19	6	111	0,9	0,3	0,1	1,3
1997	202	20	6	228	2,1	0,3	0,1	2,5
2008	198	20	13	231	2,0	0,3	0,1	2,4
2017	206	19	8	233	2,1	0,3	0,1	2,5
Stredná⁴								
1977	53	15	17	85	3,1	1,0	0,9	5,0
1986	79	18	15	112	4,5	1,3	0,9	6,7
1997	86	11	13	110	4,3	0,7	0,8	5,8
2008	102	10	10	122	5,1	0,7	0,6	6,4
2017	102	10	10	122	5,1	0,6	0,5	6,2
Horná⁵								
1977	65	20	3	88	20,3	7,4	0,5	28,2
1986	64	18	5	87	20,9	6,0	0,9	27,8
1997	73	11	6	90	25,1	3,5	1,3	29,9
2008	74	13	8	95	28,1	4,4	1,8	34,3
2017	75	13	7	95	28,8	4,6	1,8	35,2
Spolu⁶								
1977	193	63	29	285	24,2	8,8	1,5	34,5
1986	229	55	26	310	26,3	7,6	1,9	35,8
1997	361	42	25	428	31,5	4,5	2,2	38,2
2008	374	43	31	448	35,2	5,4	2,5	43,1
2017	383	42	25	450	36,0	5,5	2,4	43,9

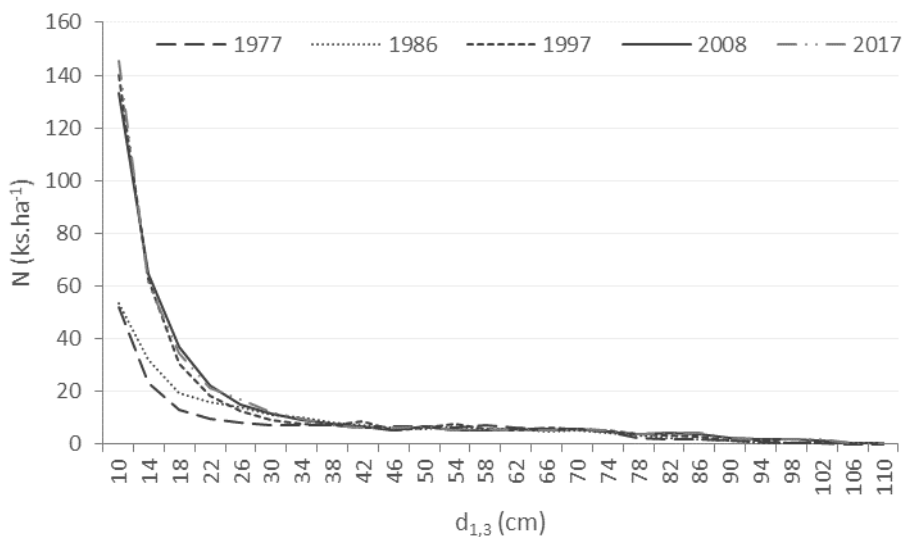
1- layer, 2- year of inventory, 3- lower, 4- middle, 5-upper, 6-total, 7-beech, 8-fir, 9-others



Obr.17: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry drevinovej skladby buk-jedľa v Badínskom pralese za obdobie 1977–2017

Fig.17: Temporal change in diameter structure of the tree species composition beech-fir in virgin forest Badin for period 1977–2017

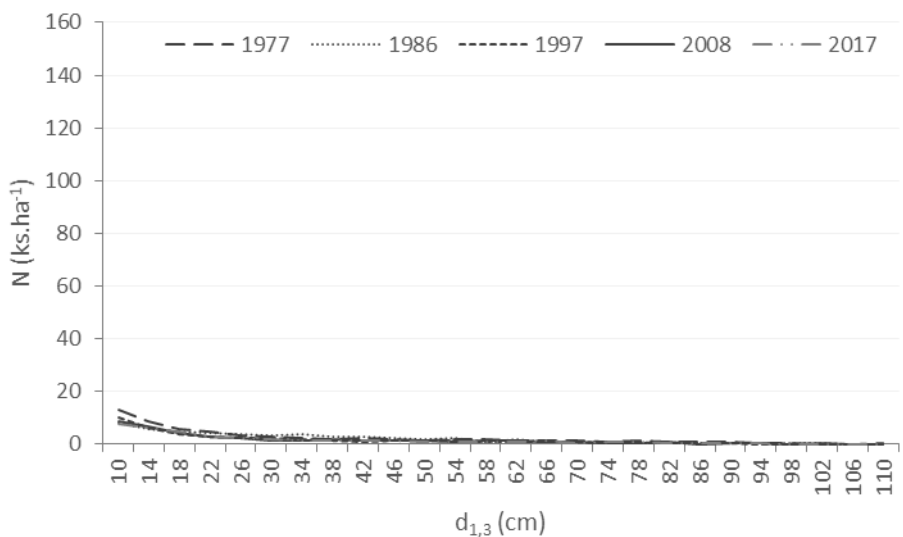
Pri hodnotení dreveny buk, ktorá tvorí skelet pralesa sa potvrdil klesajúci priebeh hrúbkovej štruktúry. Významný vzostup počtu stromov na 1 ha sa potvrdil, tak ako bolo konštatované pri polygóne sumárnych početností v hrúbkových stupňoch 10–18 cm (obr.18).



Obr.18: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry dreveny buk v Badínskom pralese za obdobie 1977–2017

Fig.18: Temporal change in diameter structure of beech in virgin forest Badín for period 1977–2017

Pri drevene jedľa (obr.19) je badateľný klesajúci priebeh hrúbkových početností a jej pokles v prvých troch hrúbkových stupňoch.



Obr.19: Temporárna zmena hrúbkovej štruktúry jedle v Badínskom pralese za obdobie 1977–2017

Fig.19: Temporal change in diameter structure of fir in virgin forest Badín for period 1977–2017

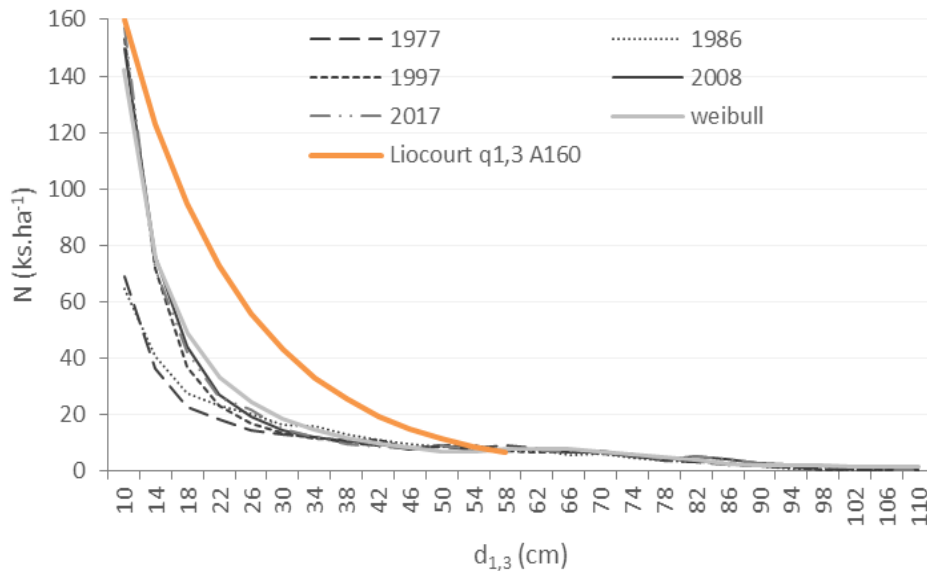
Metodologicky rovnakým postupom bol odvodený model výberkového lesa z tohto pralesa (tab.7, obr.20). Ako prihladáme na dominantnú drevinu buk a jej cieľovú hrúbku $d_{1,3}$ 50 cm výskum potvrdil, že pri bukových výberkových lesoch by optimálna zásoba mala byť v rozpätí $300\text{--}320\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tab.7: Odvodený model výberkového lesa pre drevinové zloženie buk

Tab.7: Derived model of selection forest for tree species composition of beech

Hrúbková trieda (cm) ¹	Liocourt $\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$ $q = 1,3, A = 160$	G $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$	V $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$
10	160	1,3	6,5
14	123	1,9	13,0
18	95	2,4	19,8
22	73	2,8	26,1
26	56	3,0	31,4
30	43	3,0	35,4
34	33	3,0	38,0
38	25	2,9	39,3
42	20	2,7	39,4
46	15	2,5	38,5
50	12	2,3	36,9
Spolu ²	658	27,8	324,3

1 – diameter class, 2 – total



Obr.20: Model výberkového lesa odvodený z hrúbkovej štruktúry Badínského pralesa

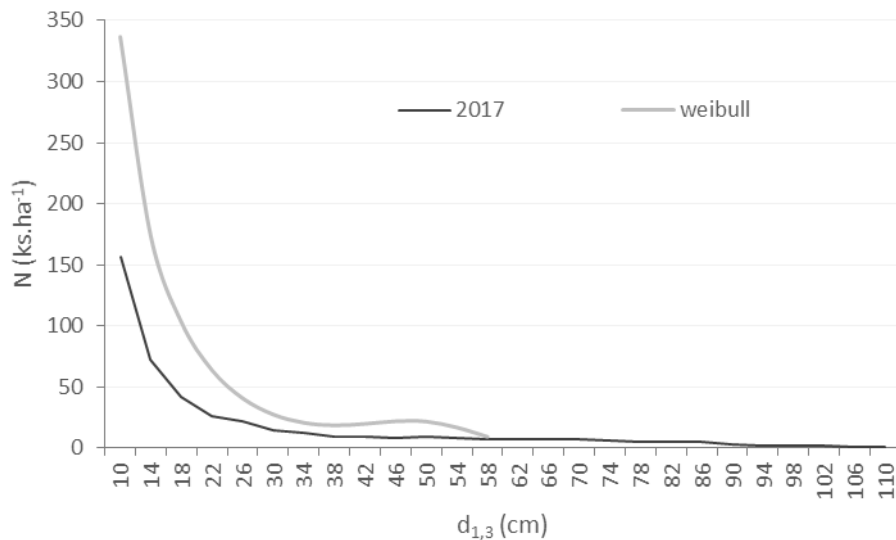
Fig.20: The model of selection forest derived from diameter structure of virgin forest Badín

Získanú hrúbkovú štruktúru pralesa sme rovnakým metodologickým postupom transformovali pomocou Weibullovej funkcie (tab.8, obr.21). Pri cieľovej hrúbke porastu $d_{1,3} = 58$ cm (vek najstarších skupín mozaiky 120 rokov) model vykazuje optimálnu zásobu $446 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, s kruhovou základňou $35,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Vzor reprezentuje skupina v pralesi (obr.23).

Tab.8: Model mozaikovej štruktúry bukového lesa odvodený pomocou Weibullovej funkcie
Tab.8: Model of the mosaic structure of a beech forest derived using the Weibull function

Hrúbková trieda ¹	Weibull ks.ha ⁻¹	G m ² .ha ⁻¹	V m ³ .ha ⁻¹
10	337	2,6	13,6
14	173	2,7	18,3
18	103	2,6	21,5
22	64	2,4	22,8
26	41	2,2	22,8
30	27	1,9	22,5
34	21	1,9	23,7
38	19	2,1	28,6
42	20	2,7	39,7
46	22	3,6	55,9
50	22	4,3	68,9
54	17	3,8	65,2
58	9	2,4	42,8
spolu ²	873	35,3	446,3

1 – diameter class, 2 – total



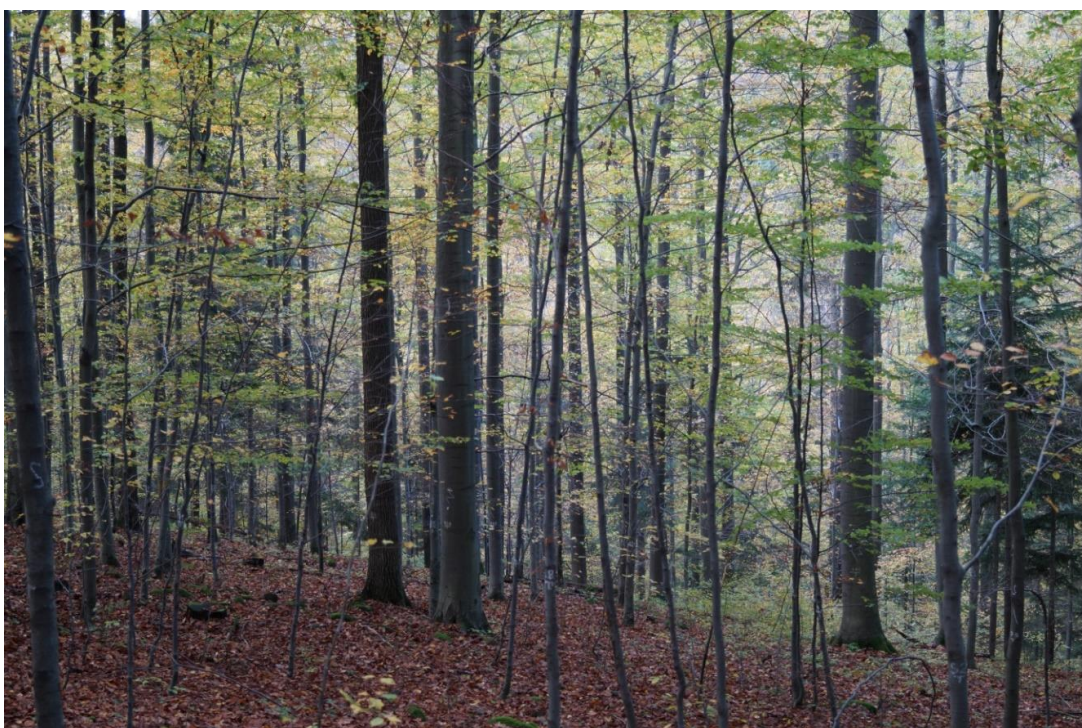
Obr.21: Model hrúbkovej štruktúry mozaikového lesa s dominantným zastúpením buka odvodený Weibullovou funkciou

Fig.21: Model of diameter structure of a mosaic forest with dominance of beech derived by the Weibull function

Typickú výberkovú a mozaikovú štruktúru Badínskeho pralesa prezentujú obr.22 a obr.24.



Obr.22: Výberková štruktúra bukovej skupiny v Badínskom pralese (foto: Saniga)
Fig.22: Selection structure of a group of beech trees in virgin forest Badín (photo Saniga)

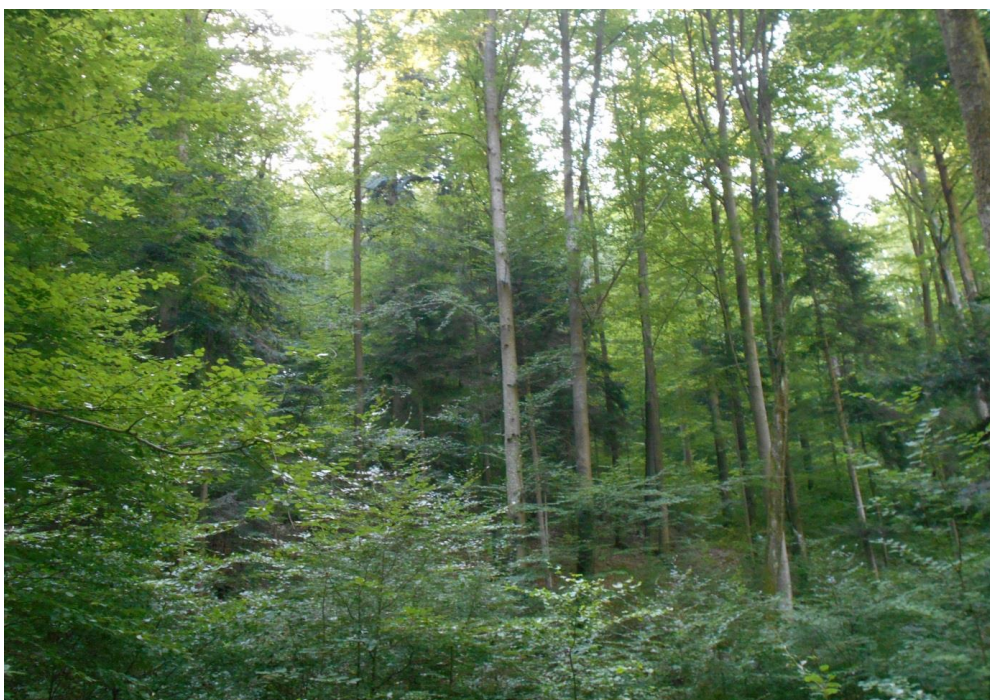


Obr.23: Bukový výberkový les na TVP 1 v dielci 513 (foto: Saniga)
Fig.23: Beech selection forest on PRP 1 in compartment 513 (photo: Saniga)



Obr.24: Mozaiková štruktúra v bukovej časti Badínskeho pralesa (foto: Saniga)

Fig.24: Mosaic structure in a beech-dominated part in virgin forest Badín (photo: Saniga)



Obr.25: Mozaiková štruktúra dielca 513 na VŠLP TU Zvolen (foto: Saniga)

Fig.25: Mosaic structure of compartment 513 at University Forest Enterprise TU Zvolen (photo: Saniga)

4.2.2 Veľkosť medzier v pralese a frekvencia ich výskytu vo väzbe k prirodzenej obnove a počtu odumretých stromov

Úvodom analýzy výsledkov treba podotknúť, že analyzovaná TVP bola založená v skupine lesných typov *Fagetum typicum*, kde jedľa tvorí prirodzenú primiešanú drevinu. Informáciu o drevinovej štruktúre dáva tabuľka 9. Základnou drevinou, ktorá je nositeľom štruktúry pralesa je buk lesný. Jeho podiel sa pohybuje v rozpätí od 73,8 % v počte jedincov na 1 ha po 86,9 % z objemu hrubiny. Zastúpenie jedle má vyrovnané hodnoty okolo 10 %. Ostatné dreviny (brest horský, javor horský, jaseň štíhly) sa na objeme hrubiny podieľajú 4,1 %, v počte stromov na 1 ha až 15,6 %. Príčinou vyššieho počtu sú ekologické podmienky pralesa pre tieto dreviny, ktoré sú tolerantné na svetlo. Priemerný objem hrubiny prepočítaný na 1 ha bol zistený 793,7 m³. Hlavnou drevinou, ktorá sa najviac podieľa na tomto ukazovateli produkcie je buk. Medzery v pralese vznikli odumretím (stojace mŕtve stromy), resp. odumretím a vyvrátením (ležiaca nekromasa). Dominantnými drevinami stojacej odumretej hmoty sú jedľa a buk, ktorých sumárny podiel je 80 % z počtu a 94,1 % z objemu hrubiny. Ich celkový objem je 33,6 m³.ha⁻¹. Významne väčší je objem ležiaceho mŕtveho dreva. Jedľa spolu s bukom tvoria 149,2 m³.ha⁻¹. Celkovo možno konštatovať, že objem mŕtveho dreva v pralese tvorí približne 20 % celkového množstva bio- a nekromasy, resp. 23 % z objemu biomasy.

Tab.9: Základné charakteristiky živých stromov a nekromasy na výskumnej ploche

Tab.9: Basic dendrometrical parameters of living trees and necromass on researched plot

Drevina <i>Tree species</i>	Počet stromov ⁸		Zásoba ⁹		Kruhová základňa ¹⁰	
	ks.ha ⁻¹	%	m ³ .ha ⁻¹	%	m ² .ha ⁻¹	%
Živé stromy ¹ (d _{1,3} > 8 cm)						
Buk ⁴	291	73,8	690,0	86,9	34,7	82,0
Jedľa ⁵	42	10,6	71,6	9,0	4,8	11,4
Ostatné ⁶	61	15,6	32,1	4,1	2,8	6,6
Spolu ⁷	394	100,0	793,7	100,0	42,3	100,0
Stojaca nekromasa ²						
Buk ⁴	8	40,0	17,3	48,5	2,8	51,9
Jedľa ⁵	8	40,0	16,3	45,6	2,2	40,7
Ostatné ⁶	4	20,0	2,1	5,9	0,4	7,4
Spolu ⁷	20	100,0	35,7	100,0	5,4	100,0
Ležiaca nekromasa ³						
Buk ⁴	54	55,7	103,1	62,9	-	-
Jedľa ⁵	26	26,8	46,1	28,2	-	-
Ostatné ⁶	17	17,5	14,6	8,9	-	-
Spolu ⁷	97	100,0	163,8	100,0	-	-

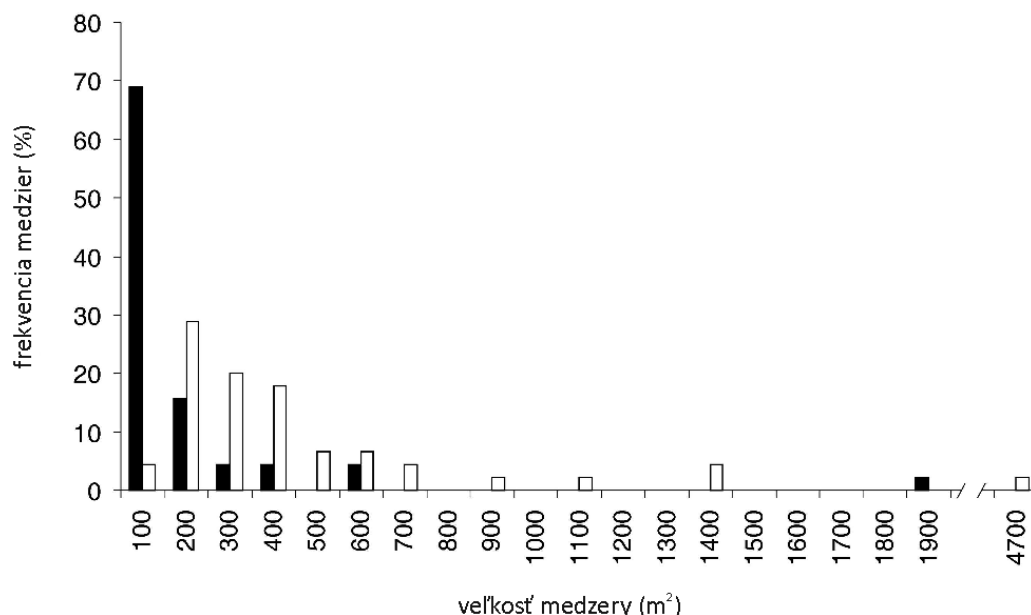
1 - living trees, 2 - snags, 3 - logs, 4 - beech, 5 - fir, 6 - others, 7 - total, 8 - tree numbers, 9 - volume of biomass, 10 - basal area

Rozbor štruktúry medzier podľa ich veľkosti je charakterizovaný na obr.26. Analýza v Badínskome pralese potvrdila, že prevládajú medzery s plochou do 2,5 áru (45 %). Prales má celkovo maloplošnú štruktúru medzier, nakoľko skoro 80 % ich počtu je v plošnom rozpätí do 5 árov. Extrémom v štruktúre medzier je medzera s veľkosťou 46 árov. Jedná sa o homogénnu časť tvorenú bukom, ktorá bola pred vznikom v štádiu optima. Nutrične bohatá

a hlboká pôda (kambizem), veľké výšky a malé koruny stromov na tejto ploche vytvorili predpoklady rizika jej rozpadu. Dôvod bol plytký koreňový systém buka, ktorý bol dôsledkom malých korún a živinovej bohatosti pôdy. Malé koruny, ktoré boli formované veľkou hustotou jedincov v priebehu štádia dorastania mali za následok vysoko položené ťažisko stromov, ktoré spolu s povrchovým koreňovým systémom buka znižovali statickú stabilitu tejto časti pralesa proti vetru, ktorý spôsobil tento veľkoplošný rozpad.

V zmysle doterajších poznatkov sa na tvorbe medzier podieľajú stromy hornej vrstvy s hrúbkou $d_{1,3}$ viac ako 30 cm. Vo väzbe na túto príčinnú súvislosť bola analyzovaná účasť drevín na tomto procese. Určujúcou drevinou, ktorá sa podieľa na vytváraní medzier je drevina buk. Z celkového počtu 208 ks odumretých a ležiacich stromov tvorí táto drevina 129 ks, t.j. 62 %. Jedľa sa podieľala na vytváraní medzier 67 kusmi jedincov na 1 ha, t.z. 32,2 %.

V pralese prevládajú medzery s veľkosťou do 1 ára, ktoré na počte reprezentujú skoro 70 %, pričom ich plošný podiel je menší ako 5 % (obr.26). Pokiaľ hodnotíme celkovú plošnú štruktúru medzier v Baďínskom pralesi prevláda maloplošná textúra s dominantnou veľkosťou medzier do 2 árov (84 %).

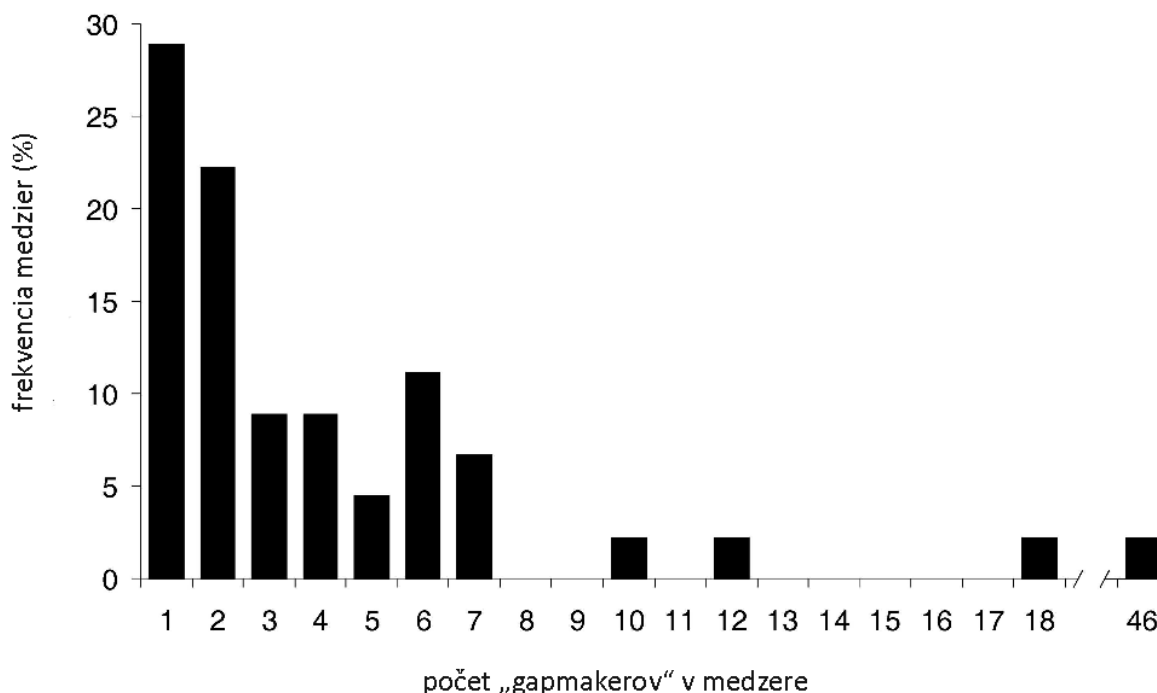


Obr.26: Štruktúra medzier a ich podiel podľa veľkosti

Fig.26: Canopy gap structure and their relative share according to size (x axis – gap area (m²), y axis – relative frequency (%))

Pri hodnotení počtu odumretých stromov na tvorbe medzery je informačná hodnota charakteristická obr.27. Výskum potvrdil, že až 51 % medzier bolo vytvorených odumretím 1–2 stromov z hornej vrstvy pralesa. Skoro 40 % medzier v pralesi vytvorilo odumretie 3–7 stromov. Rozbor štruktúry poukázal, že prales napriek skutočnosti, že parametre stromov buka sú s ohľadom na pedologické a ekologické podmienky pre ich stabilitu menej priaznivé má pomerne vysokú ekologickú stabilitu. Proces tvorby a štruktúra porastových medzier má charakter výraznej maloplošnosti. Tvorba a štruktúra medzier, ich plošný podiel bude slúžiť

pri nastavení parametrov modelu mozaikovej štruktúry bukových lesov hlavne v slt *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum*.

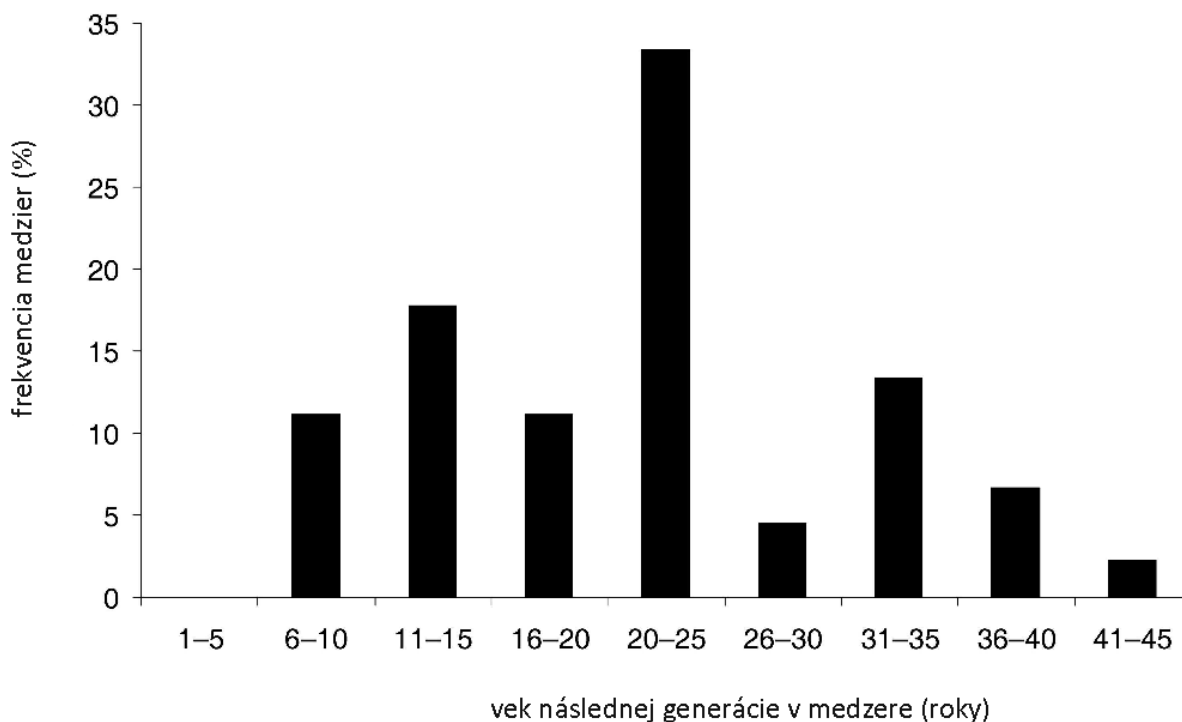


Obr.27: Štruktúra počtu (ks) „gapmakerov“ podieľajúcich sa na tvorbe medzery

Fig.27: Structure of gapmakers participating on the canopy gaps creation (x axis – numbers of gapmakers creating the canopy gap (pcs), y axis – relative gap frequency (%))

Rozbor vekovej štruktúry následnej generácie pralesa v medzerách má určitú výpovednú hodnotu o dynamike nástupu prirodzenej obnovy a jej vekovej rozrôznenosti. Pre priebežné stanovenie veku následnej generácie pralesa v medzerách bol aproximovaný vek jedincov (x) s ich výškou. Korelačný koeficient $r_{xy} = 0,75$ potvrdil, že sa jedná o stredne tesnú koreláciu. Na druhej strane $r^2 = 0,564$ poukazuje na skutočnosť, že na výškovom raste jedincov v medzere sa okrem vektoru času podieľajú ďalšie nami neuvažované faktory a to podielom 44 %, čo je pomerne veľa. Z ďalších faktorov, s ktorými sme neuvažovali je to predovšetkým svojou konkurenciou existujúca (stará) generácia pralesa, heterogénnosť pôdnych vlastností, ekologické podmienky v medzere a iné. Vek následnej generácie v medzere nie je vekom vzniku medzery. Na základe predchádzajúceho výskumu bolo zistené, že v miestach väčšieho svetlostného pôžitku v zapojenom pralesi sa sporadicky objavuje prirodzené zmladenie, ktoré sa buď zachová (jeho životnosť pri nezmenených podmienkach je 4–5 rokov) za predpokladu že v rámci tohto obdobia vznikne medzera, alebo pri zahustení korunového priestoru zanikne. S prihliadnutím na tento poznatok a stredne tesnú závislosť medzi vekom následnej generácie buka a jeho výškou je tento vzťah pre stanovenie veku následnej generácie, resp. medzier len číslo orientačné. Uvedená závislosť podáva informáciu aj o približnom veku zániku porastovej medzery, t.z. prechod jedincov do strednej vrstvy pralesa. Tento vek sa pohybuje medzi 45.–55. rokom. Z pohľadu vektoru času vznik medzier je charakterizovaný obr.28. Z frekvencie vekovej štruktúry je zrejmé, že medzery vznikajú plynulo a vyrovnané. Vyššia

hodnota môže byť spôsobená extrémnosťou počasia v príslušnom období. Aj tento proces poukazuje na vysokú ekologickú stabilitu pralesa.



Obr.28: Štruktúra veku prirodzenej obnovy a jej percentuálny podiel

Fig.28: Age structure of natural regeneration and their relative share (x axis – age of a new generation, y axis – relative gap frequency (%))

Analýza v Badínskom pralesi potvrdila prevládajúcu štruktúru medzier s plochou do 2,5 ára, ktoré predstavujú relatívny podiel 45 %. Prales má celkovo maloplošnú štruktúru medzier, nakoľko skoro 80 % ich počtu je v plošnom rozpätí do 5 árov. Výskum potvrdil, že až 51 % medzier bolo vytvorených odumretím 1–2 stromov hornej vrstvy pralesa. Z hľadiska ich vekovej štruktúry bolo zistené, že medzery vznikajú plynulo a časovo vyrovnané.

5.3 Porasty VŠLP v prestavbe na výberkový les a mozaikovú štruktúru

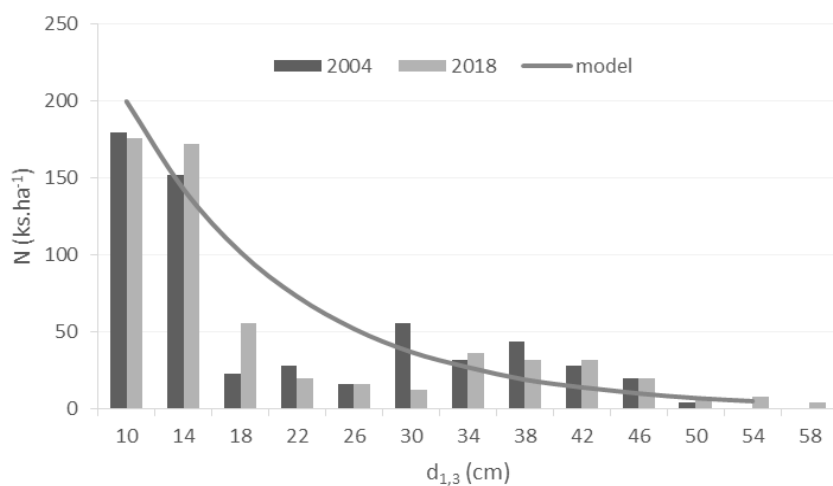
5.3.1 Bukový výberkový les

Modelovými objektami prebudovy na bukový výberkový les sú v dielci 513 dve TVP s výmerou 0,50 ha. Na ostatnej ploche dielca sa uskutočňuje prestavba na mozaikovú štruktúru. Dielec formovaný svojím pestovným zámerom zameraným na maximálne využitie prírodných procesov využíva poznatky získané z výskumu textúry a hrúbkových štruktúr Badínskeho pralesa. V oboch štruktúrach výberkových lesov možno konštatovať dobrú dynamiku presunu jedincov v ich dolnej vrstve (obr.29–31). Efekt výberkových rubov za obdobie 14 rokov mierne zredukoval hornú vrstvu, kde bol výber zameraný hlavne na stromy, ktoré dosiahli hrúbku nad 54 cm. Väčšia sila výberkového rubu na TVP 1 znamenala väčšiu redukciu stromov v hornej vrstve a plynulejší prechod a vyplňovanie strednej vrstvy. Na TVP 2 bol výber spomalený slabším prechodom stromov hornej vrstvy do cieľovej hrúbky podľa navrhnutého modelu.



Obr.29: Bukový les v záverečnej fáze prestavby na výberkovú štruktúru na TVP 2 (dielec 513) (foto: Saniga)

Fig.29: Beech forest in the final phase of conversion to the selection structure in PRP 2 (compartment 513) (photo: Saniga)

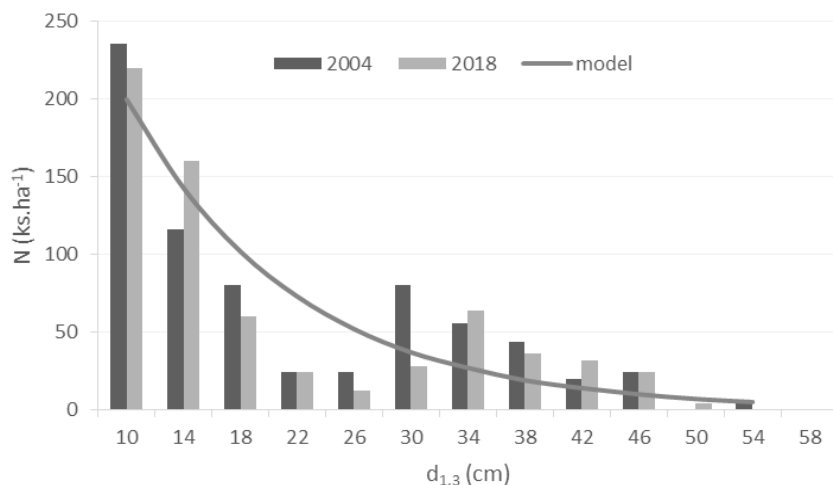


Obr.30: Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobie rokov 2004–2018 na TVP 1

Fig.30: Change of diameter structure of selection forest in PRP 1 during the period 2004–2018

Pri hodnotení zásobovej úrovne porastu na TVP 1 možno konštatovať, že napriek odobratiu porastovej zásoby v roku 1996 sa zásoba výberkového lesa v roku 2004 zvýšila na skoro $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a v roku 2012 až na $343,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Toto zvýšenie zásobovej úrovne sa prejavilo napriek skutočnosti realizácie výberkového rubu so silou $76 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 2005.

Posledný výberkový rub bol uskutočnený v roku 2019 so silou $68 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Experiment potvrdzuje, že ročný objemový prírastok v poraste je vyšší ako bol pri založení TVP.



Obr.31: Zmena hrúbkovej štruktúry výberkového lesa za obdobie rokov 2004–2018 na TVP 2

Fig.31: Change of diameter structure of selection forest in PRP 2 during the period 2004–2018

Na TVP 2, kde objem hrubiny v roku 2004 činil $353,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ sa napriek výberkovému rubu v roku 2005 nepatrne zvýšil na hodnotu $344,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Koncentrácia objemu hrubiny je hlavne v hrúbkovom stupni 34–38 cm. Posledný výberkový rub bol uskutočnený v roku 2019 so silou $64 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Rozbor produkčných ukazovateľov v roku 2012 potvrdil, že prírastkové schopnosti bukového výberkového lesa v tejto skupine lesných typov sú na úrovni $7\text{--}8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ celkového bežného ročného objemového prírastku.

Stav prirodzenej obnovy na oboch TVP charakterizuje tabuľka 10. Informačná hodnota regeneračných procesov poukazuje na dve závažné skutočnosti. Prvou je vysoký podiel jedincov buka vo výškovej kategórii do 20 cm. Táto hodnota, ktorá sa na oboch sledovaných plochách pohybuje v rozpätí od $55\,200 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $83\,600 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ je výsledkom semennej úrody z roku 2010. Pokiaľ hodnotíme výškový presun do kategórii dolnej vrstvy (kategória prirodzenej obnovy s hrúbkou $d_{1,3} 2\text{--}8 \text{ cm}$), vyšší podiel bol zaznamenaný na TVP 1. Nakoľko TVP sú vedľa seba, súvisí to s nižším stupňom clonenia stromov hornej vrstvy.

Tab.10: Štruktúra prirodzenej obnovy na skúmaných TVP v roku 2019 (početnosť v $\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Tab.10: Structure of natural regeneration in the investigated PRP's in 2019 (density in $\text{tree} \cdot \text{ha}^{-1}$)

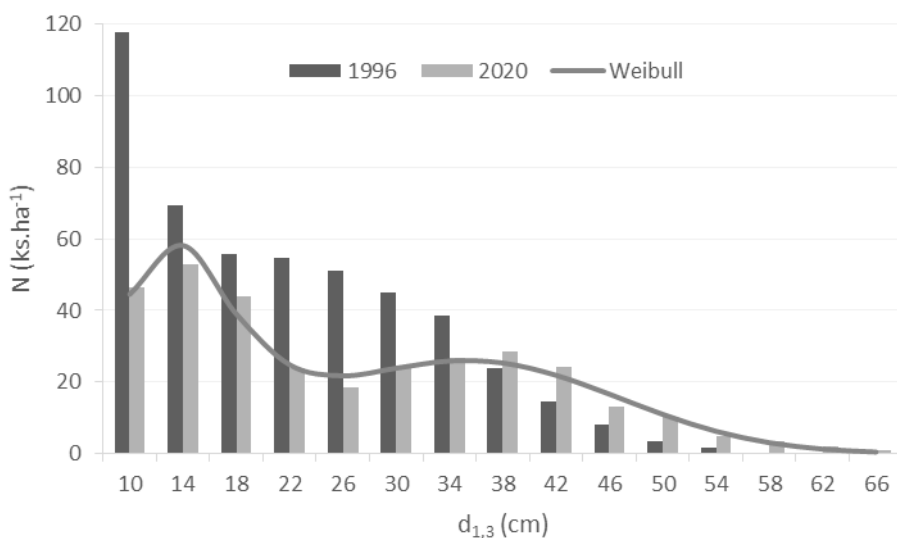
kategória ¹	TVP 1				TVP 2					
	bk ³	jd ⁴	spolu ²	%	bk ³	jd ⁴	sm ⁵	db ⁶	spolu ²	%
0–20 cm	55200	200	55400	93,2	83600	400	100	600	84700	96,5
21–50 cm	2400		2400	4,0	1900				1900	2,2
51–80 cm	800		800	1,3	600				600	0,7
81–130 cm	200		200	0,3	200				200	0,2
131– $d_{1,3} 2 \text{ cm}$	300		300	0,5	100				100	0,1
2,1–4 cm	84		84	0,1	36				36	0,0
4,1–8 cm	260		260	0,4	224	4		4	232	0,3
Spolu ²	59244	200	59444	100,0	86660	404	100	604	87768	100,0

1–natural regeneration categories, 2–together, 3–European beech, 4–silver fir, 5–Norway spruce, 6–sessile oak

5.3.2 Mozaiková štruktúra

Dielec 513

Na ostatnej ploche dielca 513 sa od roku 2000 uskutočňuje prebudova na mozaikovú štruktúru. Do roku 2000 bol celý dielec pestovne formovaný akostnou úrovňovou prebierkou podľa Schädela (do roku 1990), za decénium (1990–2000) sa v dielci použila štrukturalizačná prebierka, ktorá významne zmenila štruktúru nasmerovanú na výberkový les (obr.32). Nakoľko VŠLP TU Zvolen je lesné laboratórium pre študentov hlavne Lesníckej fakulty, zámerom bolo vytvoriť celý dielec s výberkovou štruktúrou, čo sa podarilo na jeho menšej časti. V snahe mať na druhej strane čo najviac porastov s prevahou buka, ktoré sú v prestavbe na mozaikovú štruktúru, zostatková časť dielca bola od roku 2000 pestovne formovaná zásadami tvorby mozaikovej štruktúry, čo potvrdzuje obr.31. Dielec je rozdelený zväznicou a pracovnými poľami (šírka 40–50 m), svojou dĺžkou vytvára dobré podmienky pre ekologicky šetrnú ťažbu a približovanie. Za sledované obdobie bol na ostatnej časti porastu uskutočňovaný jednotlivý, resp. hlúčikový výber. Zámerom bola podpora vystupňovania kvality buka, odstránenie smreka ako nepôvodnej dreviny, zachovanie duba zimného a jedle do druhej generácie porastu. Priebeh hrúbkovej štruktúry porastu zistený v roku 2020 potvrdzuje postupný prechod porastu na mozaikový model lesa (Weibullova funkcia). Súčasná zásoba porastu je na úrovni $394 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a celkový bežný ročný objemový prírastok sa pohybuje v rozpätí $7,7\text{--}8,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Za obdobie posledných 10 rokov bola z porastu odobratá porastová zásoba na úrovni $974 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.



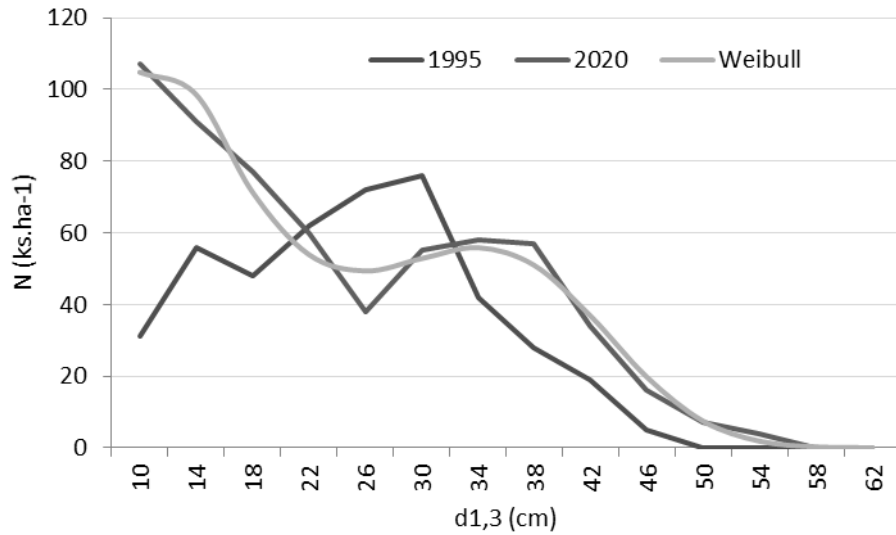
Obr.32: Zmena hrúbkovej štruktúry na ostatnej časti dielca 513 za obdobie 25 rokov

Fig.32: Change in diameter structure in the rest of compartment 513 during the period of 25 years

Dielec 514b

V dielci sa od roku 1995 uskutočňoval podľa stanovenej pestovnej koncepcie individuálny, resp. hlúčikový výber zameraný na vystupňovanie kvalitovej štruktúry buka, zlepšenie prírastkových schopností duba s nerovnomernou silou na ploche porastu. Cieľom výberu bolo vystupňovanie hodnotovej produkcie na elitných stromoch buka, zabezpečenie jedincov duba zimného a jedle bielej so zámerom ich ponechania do druhej generácie porastu a postupné vytvorenie mozaikovej štruktúry (obr.33). Na začiatku prestavby mal porast

ľavostranne asymetrické rozdelenie hrúbkových početností. Za sledované obdobie (25 rokov) sa hrúbková štruktúra významne zmenila na dvoivrcholové a pomerne tesne koinciduje s Weibullovým hrúbkovým rozdelením. Súčasná zásoba porastu je na úrovni $381 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a celkový bežný ročný objemový prírastok sa pohybuje v rozpätí $7,7\text{--}8,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Za obdobie posledných 10 rokov bola z porastu odobratá porastová zásoba na úrovni $104,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.



Obr.33: Zmena hrúbkovej štruktúry v dielci 514b za obdobie 25 rokov

Fig.33: Change in diameter structure in compartment 514b during the period of 25 years

6. Diskusia

Vybrané poznatky získané výskumom textúry a hrúbkovej štruktúry Dobročského a Badínskeho pralesa sú zamerané na transformáciu a tvorbu pestovných modelov trvalo udržateľného lesného hospodárstva. Trvalo udržateľný les musí spĺňať dve základné požiadavky. Jednou je vysoká ekologická stabilita a druhou je jeho existencia na každej (minimálnej) ploche v každom okamihu v rôznej fáze jeho rastu. V podstate spočíva v dlhodobom uplatňovaní pestovných koncepcií prírode blízkeho lesného hospodárstva. Základom je sofistikovaná biologická racionalizácia, ktorá sa dosahuje cez rešpektovanie rastových väzieb medzi pôvodnými drevinami v lese a využívaním vývojových, resp. rastových procesov týchto drevín. Trvalo udržateľné lesné hospodárstvo je založené na poznaní podstaty a vlastností lesného ekosystému ako stabilizovaného celku, pričom nevynakladá živú prácu a finančné prostriedky na to, čo môže les vykonať sám – sofistikovaná lesná ekonomika. Lesný hospodár musí v čo najväčšej miere nechať pôsobiť vnútorné sily a zdroje lesa pri ich primeranom, minimálne nutnom usmerňovaní v smere jeho produkčného, alebo iného funkčného zamerania. Trvalá vyváženosť, dlhodobá vyrovnanosť lesného ekosystému sa najlepšie dosahuje cez výraznú individuálnu rozmanitosť pôvodných drevín – uplatňovaním prírode blízkyh pestovných postupov (SANIGA 2019).

Odchýlky v drevinovom zložení, porastovej výstavbe, vekovej a hrúbkovej štruktúre, drevnej zásobe konkrétneho lesa by sa mali pohybovať v takom rozsahu, pri ktorom sa lesný ekosystém pomerne pružne vracia na úroveň zákonite prebiehajúcich rastových a vývojových procesov, ktoré sú zárukou jeho ekologickej stability a rovnováhy. Ak chceme rešpektovať tieto poznatky musíme uplatňovať pri zabezpečení trvalo udržateľného lesného hospodárstva také hospodárske spôsoby, ktoré prírodné procesy a zákonitosti v rôznej miere využívajú, resp. ich uplatňujú.

Hrúbková štruktúra skúmaných pralesov a odvodený model výberkového lesa pre drevinovú skladbu buk a jedľa môže byť základom pre kreovanie modelov lesa hrúbkových tried. Na druhej strane treba poukázať na úskalia, ktoré sú s ním spojené. Princípy výberkového hospodárstva sa v súvislosti s prírode blízkym pestovaním lesa začínajú uplatňovať aj v porastoch zložených z drevín menej typických pre vytvorenie štruktúry výberkového lesa (YASUDA et al. 2011; SCHÜTZ, POMMERENING 2013). Tieto porasty sú väčšinou definované vertikálnou štruktúrou s viac ako dvoma vrstvami, rôznym vekom porastových zložiek a náhodným rozdelením stromov po ploche porastu. Koruny stromov v takýchto porastoch vyplňajú celý vertikálny priestor, na ploche sa vyskytujú všetky vývojové fázy lesa vekových tried (SCHÜTZ 1969, 2002). Konkurencia stromov lesa vekových tried je určovaná v súťaži o svetlo a kontakt stromov spravidla v rovnakej vrstve. Vo výberkovom lese prebieha časový vývoj spoločenstiev pod ochranou najstarších stromov (SCHÜTZ 2002). V zložitej vertikálnej štruktúre porastu dochádza k výraznému konkurenčnému ovplyvňovaniu jednotlivých zložiek až do okamihu, kým strom nedosiahne pozíciu v hornej vrstve (SCHÜTZ 1975, 2001a). V hornej vrstve dosahuje koruna stromu voľné postavenie a plné osvetlenie (SCHÜTZ 1969). Do doby, kým dosiahne strom takéto postavenie, rastie v útlaku vyšších vrstiev a rozhodujúcim faktorom pre jeho prežitie a rast je svetlo. Toto je vysvetlenie, prečo bolo výberkové hospodárstvo spájané vždy s drevinami tolerantnými voči zatieneniu (SCHÜTZ 2001b). Čím viac sa stáva drevinové zloženie výberkového lesa

netypickým, tým vyššie sú potenciálne straty na produkcii porastu. Výskumy prírodných lesov ukázali, že v podmienkach strednej Európy je možné výberkový hospodársky spôsob uplatňovať v porastoch bukových, smrekových a vo všetkých drevinových skladbách, kde je dostatočne zastúpená jedľa (SCHÜTZ 1992,1998,1999, SANIGA et al. 2013). Výrazná vertikálna konkurencia ovplyvňuje veľkosť korún. Veľkosť korún vo výberkovom lese silno koreluje s objemom kmeňa (SANIGA, VENCURIK 2007). Veľkosť korelácie medzi objemom koruny a objemom kmeňa drevín typických pre výberkový les nebola doposiaľ podrobne skúmaná. SCHÜTZ (2001a) uvádza, že pre vytvorenie rovnakej hrúbky kmeňa $d_{1,3}$ potrebuje koruna buka dvojnásobný priestor ako koruna jedle či smreka. Pri rovnakom objeme korún dosiahne prírastok smreka a jedle štvor- až päťnásobne vyššie hodnoty ako prírastok buka. Rozdielne využívanie rastového priestoru korunami smreka a buka v rovnakom sociálnom postavení pri použití stupnice podľa Krafťa uvádzajú aj PRETZSCH et al. (1998). Objem koruny smreka v 4. a 5.stromovej triede dosahuje približne polovicu objemu koruny smreka vo voľnom postavení. Pri buku je objem koruny jedincov 4. a 5.stromovej triedy len na úrovni niekoľkých percent z objemu koruny v prvej stromovej triede. Plagiotropický rast buka je často uvádzaný ako nevýhoda pre jeho udržanie vo výberkovej štruktúre (SCHÜTZ 2002). Prirodzená obnova buka si vyžaduje výraznejšie odobratie zásoby porastu, udržiavanie vysokej početnosti a neznáša trvalé zatienenie tak, ako jedľa alebo smrek. Pri smreku bola potvrdená výrazná reakcia na uvoľnenie aj vo vyššom fyzickom veku. Smrekové nižších hrúbok reagujú na uvoľnenie výraznejšie. Ťažba cieľových hrúbok vedie k výraznej diferenciácii dendrometrických veličín najmä objemu kmeňa, resp. objemu koruny predovšetkým pri tzv. intermediárnych stromoch (UHL 2009). Porasty so zastúpením jedle sa vyznačujú vyššou produkciou a stabilitou (UTSCHIG 2004). TEUFEL et al. (2005) považujú jedľu za hlavnú drevinu v štrukturalizovaných horských lesoch. Jedľa dlhšie obdobie produkuje vysoký prírastok.

Formovanie štruktúry bukového výberkového lesa je komplikované, hoci podľa našich poznatkov trvá kratšie pokiaľ uplatňujeme v rastovej fáze žrdkovín a žrdovín úroveň prebierku s pozitívnym výberom a následne silnú výberkovú prebierku alebo štrukturalizačnú prebierku. Na druhej strane vyžaduje zväženie viac poznatkov ako pri ihličnatých drevinách. Jedným z vážnych faktorov je veľká tvarová premenlivosť buka a s tým súvisiaca budúca kvalita. Na labilnú apikálnu dominanciu listnatých drevín, hlavne buka poukázal už SCHÜTZ (1992). Autor na základe analýzy bukových výberkových lesov Keuly a Languly konštatuje, že jedine nízka optimálna zásoba do $240 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ umožňuje dosahovanie pravidelných hlúčikov buka v jednotlivých vývojových fázach výberkového lesa. Dosiahnutie kvality kmeňa buka vo výberkovom lese, ktorá bude porovnateľná s kvalitou v podrastovom hospodárskom spôsobe je možné len cez jeho prirodzenú obnovu v hlúčikoch. Významnou skutočnosťou je poznatok, že štruktúra takýchto bukových porastov pozitívne vplýva na zníženie frekvencie výskytu nepravého jadra buka. Hlavný faktor sú stromy hornej vrstvy, ktoré majú kapacitne veľké koruny a v dôsledku priaznivých svetlostných podmienok dochádza k vysokej aktivite cievného systému stromu a významne zvýšenému hrúbkovému prírastku (REININGER 2000, RAČKO et al. 2011). Napriek vysokej tolerancii buka na svetlo podmienky pre jeho vyklíčenie, prežitie a odrastanie v našich výskumných plochách vyžadujú väčšie uvoľnenie korunového priestoru, hlavne hornej vrstvy výberkového lesa. V oboch

prípadoch (TVP 1 a TVP 2) horná vrstva výberkového lesa je preplnená, čo vyžaduje opakovania výberkového rubu 2 krát za decénium. Aj keď počet a presun jedincov do vyšších výškových kategórií v hrúbkovej triede 2–8 cm je na spodnej hranici nastaveného modelu, treba počítať s vyššou hodnotou odoberania porastovej zásoby (SCHÜTZ 2001a). Proces autoredukcie buka je veľký, čo spôsobuje následnú stratu jeho hlúčikového zmiešania. Podobné výsledky boli zistené na porovnateľných výskumných plochách susedného porastu (SANIGA, VENCURIK 2008), kde sa uvažuje s cieľovou hrúbkou v bukovom výberkovom lese 58 cm a optimálnou zásobou $322 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Efekt výberkového rubu v danom pestovnom režime sa ukázal v prípade dynamiky regeneračných procesov a približovania sa skutočnej štruktúry ku modelovej ako málo efektívny. Výberkový rub uskutočnený v roku 2019 na úrovni odobratia porastovej zásoby $64\text{--}68 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ zlepšil štruktúru a vytvoril podmienky pre proces klíčenia, ujímania semenáčikov buka.

Porastové medzery ako výsledok disturbančných procesov v prírodných lesoch štruktúrou svojej veľkosti vytvárajú poznatkovú bázu pre kreovanie mozaikových porastov. V závislosti od drevinového zloženia je ich štruktúra mierne diferencovaná. V prírodných lesoch s dominantným zastúpením duba zimného tvoria otvorené medzery podiel 7,75 % v Bujanovskej dubine, 24,8 % v NPR Lesná a 20,8 % v NPR Kašivárová (SANIGA et al. 2015). Rozšírené medzery tvoria plochu 15,32 % (Bujanovská dubina), 53,4 % (Lesná) a 45,5 % (Kašivárová). Otvorené aj rozšírené medzery v Bujanovskej dubine tvoria najnižší podiel z porovnávaných rezervácií. Veľkosť otvorených medzier v NPR Bujanovská dubina bola v rozpätí od 19 m^2 do 599 m^2 , v NPR Lesná od 13 m^2 do 460 m^2 a v NPR Kašivárová od 7 m^2 do 700 m^2 . Medzery do 100 m^2 tvorili v Bujanovskej dubine 59 %, v Lesnej 34 % a v Kašivárovej 60% z počtu medzier. Medzery od 100 do 500 m^2 v Bujanovskej dubine tvorili 38 %, v Lesnej 66 %, v Kašivárovej 35 %. Medzery nad 500 m^2 v Bujanovskej dubine boli len 4 % ich počtu, v Kašivárovej to bolo 6 %, v Lesnej sa takáto kategória otvorov nevyskytla. Otvorené medzery v Bujanovskej dubine vznikli najčastejšie odumretím 1–3 stromov (47,1 %). V Lesnej takto vzniklo 53 % medzier a v Kašivárovej 54 % medzier. Najvyšší podiel v Bujanovskej dubine majú medzery s 3 stromami (25,49 %). V prípade Lesnej je najčastejšie medzera tvorená 2 stromami (21 %), v Kašivárovej 1 stromom (21 %). Údaje o textúre porastových medzier v bukovom pralesi Rožok potvrdili dominanciu medzier s veľkosťou do 3 árov (SANIGA et al. 2015). Výsledky výskumu Dobročského a Badínskeho pralesa potvrdili podobnú štruktúru medzier ako v prípade dubových a bukových pralesov (KUCBEL et al. 2010).

Poznatky z prestavby na mozaikovú štruktúru pri dominantnom zastúpení duba zimného v poraste 585b za obdobie 28 rokov potvrdili, že táto významne mení priebeh jeho hrúbkovej štruktúry. Vyrovnanie získanej hrúbkovej štruktúry Weibullovou funkciou predstavuje podobný priebeh ako je štruktúra bukového pralesa. Z pohľadu drevinového zloženia sa začína prejavovať nepriaznivá situácia v zastúpení drevín. V druhej generácii porastu dominuje v hrúbkových triedach 10–26 cm hrab obyčajný, čo vytvára do budúcnosti neistotu zastúpenia duba zimného ako základnej dreviny skúmaného porastu. Dôvodom sú vysoké stavy diviacej zveri, ktoré sa podieľali a podieľajú na vysokej redukcii dubových semenáčikov a náletov (SANIGA et al. 2020). Výsledky prestavby porastov na mozaikovú štruktúru s dominanciou buka potvrdili podobnú koincidenciu ich hrúbkovej štruktúry

s modelom Weibullovej funkcie, ktorá popisuje mozaikové štruktúry Dobročského a Badínskeho pralesa. Prestavba porastov s prevahou buka ako to potvrdzujú výsledky výskumu na VŠLP je dlhodobý proces, ktorý musí mať časovo dlhodobú jednotnú líniu. Základom vytvorenia mozaikových porastov je textúra bukového prírodného lesa. Z výskumu bukových prírodných lesov sú známe poznatky, že ich textúra je počas celého vývojového cyklu dvoj- až trojvrstvová. Typická jednovrstvová, výškovo vyrovnaná výstavba, sa vyskytuje veľmi zriedkavo a na malých plochách. Vývojové štádiá bukového pralesa (Badínsky prales, Rožok, Havešová), resp. dubovo-bukového pralesa (Bujanov) sa striedajú na malých plochách maximálne do výmery 20–25 árov, čo podmieňuje vznik maloplošnej textúry týchto prírodných lesov (SANIGA 2002, 2003). Striedanie vývojových štádií počas vývojového cyklu rovnorodého listnatého, resp. zmiešaného listnatého pralesa je charakterizované určitými znakmi, ktoré je možné uplatniť pri obhospodarovaní a pestovnom usmerňovaní hlavne bukových, bukovo-dubových, dubovo-bukových a dubových porastov. Podľa REININGERA (2000) štruktúra bukových prírodných lesov Slovenska (bukový prales Vihorlat) môže byť vzorom (modelom) pre pestovnú koncepciu trvalého bukového lesa s dvojvrstvou štruktúrou.

Prestavba porastov na mozaikovú štruktúru je podstatne dlhodobejšia ako v prípade prebudovy lesa vekových tried smrekových, resp. jedľových porastov na výberkový les. Bude vyžadovať časovo dlhodobejšie dôsledné uplatňovanie myšlienkového kontinuity zásad tejto pestovnej technológie. Na druhej strane treba povedať, že sa maximálne zhodnotí existujúci porast, pričom následný porast, ktorý bude plošne a čiastočne vekovo diferencovaný vytvára predpoklady vyššej ekologickej stability. Je pochopiteľné, že tento systém rozpracovania porastov vyžaduje dôslednosť pri popise porastu a jeho grafickom vyjadrení rozpracovania čiastkových plôch. Na druhej strane takto rozpracované porasty sa budú vyznačovať minimálnymi nákladmi na obnovu, výchovu a prinesú vysoký finančný efekt (SANIGA 2019). Pri realizácii tejto koncepcie pestovného usmerňovania v navrhnutých porastoch bude potrebné požiadať o zmenu predpisov plánu starostlivosti o les (PSL), pokiaľ potreba vykonania pestovných zásahov nekorešponduje s navrhnutými opatreniami. Pri obnove PSL je potrebné v súvislosti so stanovením výšky výchovnej ťažby v takýchto porastoch prihliadať na otázky kvalitového prírastkového hospodárstva. Intelektuálne a myšlienkovú sa pripraviť na skutočnosť, že obnovná a výchovná ťažba sa do budúcnosti budú prekrývať, čím sa zmení systém posudzovania týchto hospodársko-úpravníckych opatrení. Musíme si uvedomiť, že decenálne prebierkové percentá stanovené HALAJOM (1985) vychádzali v princípe z Assmanovej teórie kritických kruhových základní na úrovni 95 % maximálneho objemového prírastku a rešpektovali danú dobu. Nové ekonomické podmienky, klimatické zmeny a ďalšie závažné faktory budú hlavne v porastoch nad 60 rokov vyžadovať výchovné zásahy silnejšie aspoň na úrovni 85–90 % maximálneho objemového prírastku. Hlavným cieľom pestovných zásahov bude potreba väčšej hrúbkovej a výškovej diferenciácie porastov, s prihliadnutím na stupňovanie hodnotového prírastku na najkvalitnejších stromoch (cieľových stromoch). Takýto zámer a realizácia uvoľňovacej prebierky bude mať za následok hlavne v bukových a dubovo-bukových porastoch prerušenie zápoja, čím sa vytvoria podmienky pre klíčenie, ujímanie a prežívanie semenáčikov buka. Uvedená skutočnosť vytvorí predpoklad nástupu prirodzenej obnovy buka už vo veku 60–70 rokov. Dôsledné

uplatňovanie zásad zameraných na stupňovanie hodnotovej produkcie na najkvalitnejších stromoch porastu vytvorí následne plošnú, vekovú a výškovú diferenciaciu prirodzenou obnovou vzniknutých skupín. Skupiny sa budú môcť klasifikovať ako obnovené, keď sa z ich plochy odstráni posledný vysokohodnotný strom, ktorému sa pomohlo uvoľnením koruny a je po kulminácii hodnotového prírastku. Pri stanovení výšky ťažby cez uvoľňovacie prebierky sa v mnohých prípadoch pôjde pod kritický stupeň zakmenenia, s cieľom formovať koruny kvalitných stromov v poraste. Takéto pestovné opatrenia budú vyžadovať odborné prepracovanie niektorých otázok ťažbovej a časovej úpravy. Cieľová hrúbka stanovená pre koncepciu porastového hospodárstva bude musieť mať v tejto prechodnej fáze určité rozpätie prihliadajúce na kulmináciu hodnotového prírastku jednotlivých stromov. Toto je jedna z efektívnych ciest zlepšenia ekonomiky listnatých, predovšetkým bukových porastov. Navrhovaná koncepcia uvažuje s lesom vekových tried na malých plochách. Takáto mozaiková štruktúra bude vyžadovať dobre premyslenú dopravnú sieť (približovacie linky, perá), s cieľom minimalizácie poškodenia zmladenia, ako aj potenciálnych nositeľov hodnotového prírastku. Jej uplatnenie vychádza z poznania textúry bukového prírodného lesa. V poraste formovanom zásadami tvorby mozaikovej štruktúry sa počíta s maximálnym využitím jeho rastových a regeneračných procesov, s cieľom dosiahnutia jeho ekonomickej samostatnosti. Predložená koncepcia predstavuje jednu z perspektívnych variánt hodnotového prírastkového hospodárstva bukových, dubovo-bukových, bukovo-dubových a dubových porastov (SANIGA 2019).

7. Záver

Analýza hrúbkovej štruktúry Dobročského pralesa získaná rozborom dátových súborov v jednotlivých rokoch merania potvrdila dominantné zastúpenie buka v dolnej vrstve. Jeho početnosť má stúpajúcu tendenciu od 69 ks.ha⁻¹ v roku 1978 na 134 ks.ha⁻¹ v roku 2015. Významný pokles za sledované obdobie bol zaznamenaný pri drevinách jedľa a smrek. Pri oboch drevinách sa jednalo o dlhodobé narušenie dynamiky regeneračných procesov (fáza odrastania), ktorá je spôsobená vysokými stavmi jelenej zveri a odryzom jedincov s výškou viac ako 30 cm. Podobná tendencia sa potvrdila v strednej vrstve pralesa, pričom dynamika redukcie smreka a jedle nie je až taká významná. V hornej vrstve pralesa bol zaznamenaný mierny vzostup početnosti buka a významný pokles zastúpenia smreka z hodnoty 42 ks.ha⁻¹ v roku 1978 na 30 ks.ha⁻¹ v roku 2015. Uvedená redukcia bola spôsobená vplyvom lykožrúta smrekového (*Ips typographus* L.). Jedľa biela ako drevina s najdlhším fyzickým vekom zaznamenala nárast z hodnoty 34 ks.ha⁻¹ na hodnotu 43 ks.ha⁻¹. Výskum drevinového zloženia pralesa potvrdil, že smrek obyčajný ako riziková drevina pri súčasnom vplyve jelenej zveri a lykožrúta smrekového z drevinového zloženia ustupuje.

Hrúbková štruktúra pralesa za celé sledované obdobie má klesajúci priebeh hrúbkovej početnosti (obr.4). Táto hrúbková štruktúra je vďaka drevine buka stabilná. Z rozboru štruktúry je možné odvodiť model výberkového lesa pre skúmanú drevinovú skladbu. Vypočítaný pokles podielu sumárneho počtu stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch za celé sledované obdobie vygeneroval priemerný kvocient geometrického radu $q = 1,3$. Pri metodologickom predpoklade rámcovej konečnej hrúbky pralesa cca. $d_{1,3} = 110$ cm a pri stanovení cieľovej hrúbky výberkového lesa na $d_{1,3} = 58$ cm je potrebné uvažovať s dvojnásobným počtom stromov v prvom hrúbkovom stupni ako je to v prípade hrúbkovej štruktúry pralesa, t.z. v sume 180 ks.ha⁻¹. Model je kreovaný s hodnotou $q = 1,3$ a cieľovou hrúbkou $d_{1,3} = 58$ cm. Vypočítaný typ modelu výberkového lesa je prezentovaný v tab.2 a obr.5. Pri cieľovej hrúbke 58 cm model uvažuje s celkovým počtom stromov 754 ks.ha⁻¹, kruhovou základňou 35,6 m².ha⁻¹ a modelovým objemom hrubiny 457 m³.ha⁻¹. Model reprezentuje drevinovú štruktúru s dominantným zastúpením buka, väčšou prímiesou jedle a menším podielom smreka.

Analýza štruktúry medzier podľa kategórií veľkosti potvrdila ich maloplošný charakter. Výsledky výskumu potvrdili, že 90,2 % celkového počtu porastových medzier je koncentrovaných v prvých piatich veľkostných triedach, t.z. od 50 do 300 m². Najväčší podiel (30,2 %) majú medzery s plochou 50–100 m². Rovnaký podiel majú triedy vo veľkostnej kategórii 5–50 m² a 100–150 m² a to 18,6 %. Porastové medzery s plošným rozpätím 150–200 m² majú relatívny podiel 14,0 %. Medzery s väčšou plochou ako 250 m² sa na ploche vyskytovali sporadicky a tvorili podiel menej ako 5 %. Medzery do 300 m² tvoria z počtu medzier až 90,7 % no z plochy medzier predstavujú hodnotu 60,1 %. Mortalita stromov je pozvoľná, medzery mali prevažne eliptický, resp. nepravidelný kruhový tvar a boli pokryté následnou generáciou pralesa. Tento prírodný režim vytvárania medzier s malými plošnými výmerami vytvára predpoklady kontinuálneho nástupu prirodzenej obnovy prakticky všetkých drevín.

Hrúbková štruktúra Badínského pralesa pri postupnom poklese zastúpenia jedle vykazuje prvky stabilnosti a jeho drevinové zloženie vytvára predpoklady pre kreovanie modelu

výberkového lesa, resp. mozaikovej štruktúry pre obhospodarované lesy podobného drevinového zloženia. Dominantnou drevinou pralesa je buk. Metodologicky rovnakým postupom bol odvodený model výberkového bukového lesa z dátových súborov pralesa (tab.7, obr.13). Ako prihliadame na dominantnú drevinu buk a jej cieľovú hrúbku $d_{1.3}$ 50 cm výskum potvrdil, že pri bukových výberkových lesoch by optimálna zásoba mala byť v rozpätí 300–320 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Analýza v Badínskom pralesi potvrdila prevládajúcu štruktúru medzier s plochou do 2,5 ára, ktoré predstavujú relatívny podiel 45 %. Prales má celkovo maloplošnú štruktúru medzier, nakoľko skoro 80 % ich počtu je v plošnom rozpätí do 5 árov. Výskum potvrdil, že až 51 % medzier bolo vytvorených odumretím 1–2 stromov hornej vrstvy pralesa. Z hľadiska ich vekovej štruktúry bolo zistené, že medzery vznikajú plynulo a časovo vyrovnane.

Transformácia hrúbkových štruktúr pralesov bola použitá pri prestavbe vybraných porastových typov Vysokoškolského lesného podniku Technickej univerzity vo Zvolene. Modelovými objektmi prebudovy na bukový výberkový les sú v dielci 513 dve TVP. Modelová štruktúra prihliada na výsledky hrúbkovej štruktúry Badínskeho pralesa a poznatkov z bukových výberkových lesov Keula a Langula v Nemecku. Model počíta s cieľovou hrúbkou $d_{1.3}$ 54 cm a optimálnou zásobou 270 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Pri odobratí porastovej zásoby na úrovni 80 % decenálneho objemového prírastku je skutočná zásoba v oboch TVP významne vyššia ako optimálna. Regeneračné procesy sú plynulé, no výškový presun do kategórie stromov $d_{1.3}$ „nad 8 cm“ je výrazne spomalený. Efekt výberkových rubov za obdobie 14 rokov mierne zredukoval hornú vrstvu, kde bol výber zameraný hlavne na stromy, ktoré dosiahli hrúbku nad 54 cm. Väčšia sila výberkového rubu na TVP 1 znamenala väčšiu redukciu stromov v hornej vrstve a plynulejší prechod a vyplňovanie strednej vrstvy. Na TVP 2 bol výber spomalený slabším prechodom stromov hornej vrstvy do cieľovej hrúbky podľa navrhnutého modelu.

Na ostatnej ploche dielca 513 sa od roku 2000 uskutočňuje prebudova na mozaikový štruktúru. Za sledované obdobie bol na tejto časti porastu uskutočňovaný jednotlivý, resp. hlúčikový výber. Zámerom bola podpora vystupňovania kvality buka, odstránenie smreka ako nepôvodnej dreviny a zachovanie duba zimného a jedle do druhej generácie porastu. Hrúbková štruktúra porastu zistená v roku 2020 potvrdzuje postupný prechod na mozaikový model lesa (Weibullova funkcia). Súčasná zásoba porastu je na úrovni 394 $m^3 \cdot ha^{-1}$ a celkový bežný ročný objemový prírastok sa pohybuje v rozpätí 7,7–8,1 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Za obdobie posledných 10 rokov bola z porastu odobratá porastová zásoba na úrovni 974 $m^3 \cdot ha^{-1}$. V dielci sa od roku 1995 uskutočňoval podľa stanovenej pestovnej koncepcie individuálny, resp. hlúčikový výber zameraný na vystupňovanie kvalitovej štruktúry buka, zlepšenie prírastkových schopností duba s nerovnomernou silou na ploche porastu. Cieľom bolo zabezpečenie duba zimného, vytvorenie predpokladov jeho ponechania do druhej generácie porastu a postupné vytvorenie mozaikovej štruktúry. Na začiatku prestavby mal porast pravostranne asymetrické rozdelenie hrúbkových početností. Za sledované obdobie (25 rokov) sa hrúbková štruktúra významne zmenila na dvojvrcholové rozdelenie. Tento priebeh pomerne tesne koinciduje s Weibullovým hrúbkovým rozdelením. V porastoch sa uplatňuje odoberanie porastovej zásoby jednotlivým, sporadickým hlúčikovým výberom (odstránenie dvoch až troch stromov). Porastové medzery v porastových štruktúrach

s dominanciou buka v zmysle transformácie poznatkov z Badínskeho pralesa nie sú väčšie ako 5 árov. Výsledky prestavby porastov na mozaikovú štruktúru potvrdili správnosť použitia poznatkov výskumu vybraných otázok štruktúry pralesov pre kalibráciu modelu lesa hrúbkových tried.

8. Summary

Disturbance regime, temporal changes in tree species composition and its impact on the diameter structure within the developmental cycle of the virgin forests Badín and Dobroč

To maintain the native forest ecosystems of Slovakia, it would be necessary to apply the silvicultural systems based on the close-to-nature management to the largest possible extent. These silvicultural concepts will utilize and respect the natural processes – guidelines and forms of its natural structure. The basis for the description of the structure in forest ecosystems managed this way is the forest of diameter classes. This study analyses the chronosequences of diameter structures and the characteristics of canopy gaps in two investigated virgin forests. The goal is, based on the analysis of the datasets from the virgin forests, to derive the transition models for management of the diameter-class forest, i.e. of the forest with selection or mosaic structure.

Analysis of diameter structure in virgin forest Dobroč according to particular measurement years confirmed the dominance of European beech in the lower layer. Its density shows an increasing tendency from 69 ha⁻¹ in 1978 to 134 ha⁻¹. During the investigated period, a significant decline in abundance was registered for silver fir and Norway spruce. For both tree species, the reason was the long-term disturbance of the regeneration process dynamics (phase of upgrowth), that was caused by the high density of the ungulates and the browsing of the trees higher than 30 cm. Similar tendency was confirmed in the middle tree layer, nevertheless the reduction of spruce and fir was not so significant. In the upper tree layer we observed a moderate increase of beech density and distinct decrease of spruce proportion from 42 ha⁻¹ in 1978 to 30 ha⁻¹ in 2015. This reduction was caused by the impact of bark-beetle (*Ips typographus* L.). Silver fir as the tree species with the longest physical age showed the increase in density from 34 ha⁻¹ to 43 ha⁻¹. The investigation on the species composition in this virgin forest confirmed, that spruce as an endangered tree species is gradually disappearing from the stands due to the impact of ungulates and bark-beetle.

Diameter structure of the virgin forest during the whole surveyed period has a decreasing shape (Fig. 4). This diameter structure is stable due to beech as the dominant tree species. Based on the analysis of diameter distribution, it is possible to derive the model of the selection forest for the investigated tree species composition. Analysis of the decreasing total stand density in particular diameter classes during the entire observed period resulted in average quotient $q = 1.3$. If we use the diameter limit of approximately 110 cm in the virgin forest and we set the target diameter of selection forest to 58 cm, the tree density in the first diameter class in selection forest have to be two-fold of that of the virgin forest, i.e. 180 ha⁻¹. The calculated model type of the selection forest is presented in Table 2 and Fig. 5. For the target diameter of 58 cm, the model works with the total tree density of 754 ha⁻¹, the basal area 35.6 m².ha⁻¹ and the stand volume 457 m³.ha⁻¹. The model represents the tree species composition with the dominance of beech, larger admixture of fir and minor proportion of spruce.

Analysis of canopy gap structure according to size classes confirmed its small-scale character. The research results showed, that 90.2% of the total number of canopy gaps is concentrated in the first 5 size classes, i.e. between 50 and 300 m². The highest share (30.2 %) have the canopy gaps with the size 50–100 m². The size classes 5–50 m² and 100–150 m² have the same proportion of 18.6%. Canopy gaps of 150–200 m² take the relative proportion of 14.0%. Gaps larger than 250 m² were sporadically present in the stand and accounted for less than 5%. Size classes smaller than 300 m² take as much as 90.7% from the total gap number, but only 60.1% from the total gap area. The analysis of gap structure in virgin forest Dobroč confirmed its small-scale structure, the gradual tree mortality with canopy gaps of mostly elliptical or irregular circular shape and the presence of the following generation of forest. This natural regime of canopy gap formation with typical small-scale size creates the conditions for the continuous emergence of natural regeneration of practically all tree species.

Diameter structure of virgin forest Badín despite the gradual decrease of fir proportion shows the signs of stability and its tree species composition offers the conditions for the creation of selection forest model and the mosaic structure for managed forests of similar tree species composition. The dominant tree species of this virgin forest is beech. Using the same approach as in previous case, we derived the model for the selection forests dominated by beech (Tab. 7, Fig. 13). Considering beech as dominant tree species and its target diameter of 50 cm, the calculation of the optimal stand volume resulted in the range 300–320 m³.ha⁻¹.

Analysis of canopy gap structure according to size is presented in Fig. 5. In the virgin forest Badín, it confirmed the dominance of canopy gaps with the size smaller than 250 m² (45%). In general, this virgin forest has the small-scale gap structure, as nearly 80% of canopy gaps are smaller than 500 m². The research confirmed that 51% of the gaps was formed by the mortality of 1–2 trees from the upper layer of the virgin forest. Regarding their age structure, it was found that the canopy gaps are formed continuously and temporally balanced.

The transformation of the virgin forest diameter structures was applied in the conversion of selected forest stand types in the University Forest Enterprise of the Technical University in Zvolen. The model objects for the conversion to beech selection forest are the two permanent research plots (PRP) in the compartment 513. The model structure considers the results of the diameter structure in virgin forest Badín and the knowledge from the selection forests Keula and Langula in Germany. The model works with the target diameter 54 cm and the optimal stand volume 270 m³.ha⁻¹. After the usual harvest reaching the 80% of the decennial volume increment, the current stand volume in both PRPs is significantly higher than the optimal. Regeneration processes are steady, however the height transition into the dbh category above 8 cm is distinctively slowed-down. The effect of the selection cuts executed in the last 14 years moderately reduced the upper layer, where the selection was focused mainly on the trees that reached the diameter larger than 54 cm. Stronger intensity of selection cut in PRP 1 resulted in higher reduction of upper layer stems and more continuous transition and filling the middle layer. In PRP 2, the selection was delayed by the weaker transition of the upper layer stems into the target diameter according to proposed model.

In the compartment 513, with the exception of two PRPs, the forest stand has been converted to mosaic structure since 2000. During the observed period, in the stand the single-tree or cluster selection was applied. The intention was to support the quality of beech, the

reduction of spruce and the maintenance of oak and fir in the next stand generation. Diameter structure registered in the stand in 2020 confirms the gradual transition to the mosaic model of the forest (Weibull function). Current stand volume reaches $394 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ and the annual volume increment ranges from 7.7 to $8.1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. During the last 10 years, the extracted stand volume was $974 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Since 1995, in the stand was applied the single-tree or cluster selection (harvesting of 2–3 stems) focused on the enhancement of the qualitative structure of beech and the stimulation of increment abilities of oak with the irregular intensity on the stand area. The goal was the maintenance of sessile oak, the creation of conditions for its presence in the following stand generation and gradual forming of mosaic structure. At the conversion beginning, the stand showed a right-skewed asymmetric diameter distribution. During the observed period of 25 years the diameter structure changed significantly to a bimodal shape. This shape is in relatively strong coincidence with Weibull diameter distribution. Canopy gaps in the stand structures with dominance of beech are according to the findings from virgin forest Badín not larger than 500 m^2 . The results of diameter structure in the stands of the University Forest Enterprise of the Technical University in Zvolen, that are in conversion to mosaic structure justified the application of research results from investigated virgin forests for the calibration of the model of diameter-class forest.

9. Literatúra

- ABE, S., MASAKI, T., NAKASHIZUKA, T., 1995: Factors influencing sapling composition in canopy gaps of a temperate deciduous forest. *Vegetatio* 120: 21–32
- BARNES, B.B., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H., 1998: *Forest ecology*. John Wiley and Sons Inc, New York, 774 p.
- BONČINA, A., 2000: Comparison of structure and biodiversity in the Rajhenav virgin forest remnant and managed forest in the Dinaric region of Slovenia. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 9: 201–211
- BROKAW, N.V.L., 1985: *Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests*. The Ecology of Natural Disturbances and Patch Dynamics. Academic Press, New York.
- BUBLINEC, E., PICHLER, V., 2001: *Slovak primeval forests – diversity and conservation*. Institute of Forest Ecology, Zvolen, 200 p.
- CANHAM, C.D., DENSLOW, T.S., PLATT, W.J., RUNKLE, J.R., SPIES, T.A., WHITE, P.S., 1990: Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Can. J. For. Res.* 20: 620–631
- DENSLOW, J.S., 1980: Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46: 18–21
- DIACI, J., ROZENBERGAR, D., BONCINA, A., 2005: Interactions of light and regeneration in Slovenian Dinaric Alps: patterns in virgin and managed forests, In: Commarmot, B., Hamor, F.D. (eds.): *Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation*. Conference 13.–17.10.2003, Mukachevo, Ukraine. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. p. 154–160
- DIACI, J., ROZENBERGAR, D., ANIC, I., MIKAC, S., SANIGA, M., KUCBEL, S., VISNJIC, C., BALLIAN, D., 2011: Structural dynamic and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry* 84: 479–491
- DITTMAR, O., 1990: Untersuchungen im Buchen-Plenterwald Keula. *Forst und Holz* 45(15): 41–43
- DOBROWOLSKA, D., VEBLEN, T.T., 2008: Treefall-gap structure and regeneration in mixed *Abies alba* stands in central Poland. *For. Ecol. Manage.* 255: 3469–3476
- DRÖBLER, L., 2006: *Struktur und Dynamik von zwei Buchenurwäldern in der Slowakei*, Dissertation, Göttingen, 103 s.
- EMBORG, J., 1998: Understorey light condition and regeneration with respect to the structural dynamics of near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *For. Ecol. Manage.* 106: 83–95
- EMBORG, J., CHRISTENSEN, M., HEILMANN-CLAUSEN, J., 2000: The structural dynamic of Suserup Skov, a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *For. Ecol. Manage.* 126: 173–189
- FORCIER, L.K., 1975: Reproductive strategies and the co-occurrence of climax tree species. *Science* 189: 808–810
- GEROLD, D., BIEHL, R., 1992: Vergleich zwischen Buchenplenterwald und Buchenbetriebsklasse. *Allg. Forstzeitschrift* 147(2): 91–94
- HALAJ, J., 1985: Kritické zakmenenie porastov podľa nových rastových tabuliek. *Lesnícky časopis* 32: 267–276

- HOLEKSA, J., SANIGA, M., SZWAGRZYK, J., CZERNIAK, M., STASZYNSKA, M., KAPUSTA, P., 2009: A giant tree stand in the West Carpathians – An exception or a relic of formerly widespread mountain European forests? *For. Ecol. Manage.* 257: 1577–1585
- JAWORSKI, A., KOŁODZIEJ, Z., PORADA, K., 2002: Structure and dynamics of stands of primeval character in selected areas of the Bieszczady National Park. *J. For. Sci.* 48(5): 185–201
- KORPEL, Š., 1989: *Pralesy Slovenska*, VEDA–vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 332 s.
- KORPEL, Š., 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart–Jena–New York, 310 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: *Príroda blízke pestovanie lesa*. ÚVVP LVM SR Zvolen. 158 s.
- KRIŽOVÁ, E., 1995: Sukcesia – teoretické problémy. In: Križová, E., Ujházy, K., (eds.): *Sekundárna sukcesia*. Zvolen, s.7–13
- KUCBEL, S., JALOVIAR, P., SANIGA, M., VENCURIK, J., KLIMAŠ, V., 2010: Canopy gaps in an old growth fir-beech forest remnant of Western Carpatians. *Eur. J. Forest Res.* 129: 249–259
- LEIBUNDGUT, H., 1959: Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen* 3: 111–124
- LEIBUNDGUT, H., 1982: *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Verlag Paul Haupt, Bern, 308 s.
- LERTZMAN, K.P., KREBS, C.J., 1991: Gap-phase structure of a subalpine old-growth forest. *Can. J. For. Res.* 21: 1730–1741
- MLINŠEK, D., 1986: Die Urwälder in Jugoslawien, *Allgemeine Forst-Zeitschrift* 30/31: 757–759
- MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H., 1974: *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, New York, 547 p.
- NAGEL, T.A., SVOBODA, M., 2008: Gap disturbance regime in an old-growth *Fagus-Abies* forest in the Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina, *Can. J. For. Res.* 38: 2728–2737
- NAGEL, T.A., SVOBODA, M., DIACI, J., 2006: Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *For. Ecol. Manage.* 226: 268–278
- NAGEL, T.A., LEVANIC, T., DIACI, J., 2007: A dendroecological reconstruction of disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in Slovenia. *Annals of Forest Science* 64: 891–897
- PALUCH, J., 2007: The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.) – silver fir (*Abies alba* Mill.) forest: A patch-mosaic perspective. *For. Ecol. Manage.* 253: 161–171
- PODLASKI, R., 2004: A development cycle of the forest with fir (*Abies alba* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in its species composition in the Świętokrzyski National Park. *J. For. Sci.* 50: 55–66
- POULSON, T.L., PLATT, W.J. 1989: Gap light regimes influence canopy tree diversity. *Ecology* 70: 553–555
- PRETZSCH, H., KAHN, M., GROTE, R., 1998: Die Fichten-Buchen-Mischbeständen des Sonderforschungsbereiches „Wachstum oder Parasitenabwehr?“ im Kranzberger Forst. *Forstw. Cbl.* 117: 241–257

- RAČKO, V., SANIGA, M., ČUNDERLÍK, I., 2011: Utjecaj šumskouzgojnih zahvata na strukturu i formiranje nepravne srži u bukovim sastojinama, *Šumarski list* 135: 437–446
- REININGER, H., 2000: *Das Plentepinzip oder die Überführung des Altersklassenwaldes*. Leopold Stocker Verlag Graz-Stuttgart, 238 s.
- ROZENBERGAR, D., MIKAC, S., ANIC, I., DIACI, J., 2007: Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe. *Forestry* 80: 431–443
- RUNKLE, J.R., 1982: Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of Eastern North America. *Ecology* 63: 1533–1546
- RUNKLE, J.R., 1990: Gap dynamics in an Ohio *Acer-Fagus* forest and speculations on the geography of disturbance, *Can. J. For. Res.* 20: 632–641
- RUNKLE, J.R., 1992: *Guidelines and Sample Protocol for Sampling Forest Gaps*, General Technical Report, 31 s.
- SANIGA, M., 1999a: *Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy Dobročského pralesa*, TU Zvolen, Vedecké štúdie 1999/A, 64 s.
- SANIGA, M., 1999b: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy Badínského pralesa, *J. For. Sci.* 45: 121–130
- SANIGA, M., 1999c: Produkčné a rastové charakteristiky smrekového výberkového lesa a prírodného lesa v oblasti Oravských Beskyd. *Zpravodaj Beskydy* 12: 115–122
- SANIGA, M., 2003: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok, *Ochrana prírody* 20: 207–218
- SANIGA, M., 2019: *Pestovanie lesa*. ES TU Zvolen, 331 s.
- SANIGA, M., RICHTER, F., 2006: Štruktúra prechodného lesa v jeho záverečnej fáze v Badínskom pralesi. In: Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M. (eds.): *Stabilisation of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity*, Forestry and game management research institute, Opočno, s.239–248
- SANIGA, M., VENCURIK, J., 2007: *Dynamika štruktúra a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica*. Vedecké štúdie. Zvolen. 83 s.
- SANIGA, M., VENCURIK, J., 2008: Dynamika zmien štruktúry a regeneračných procesov bukového výberkového lesa. *Acta facultatis forestalis Zvolen* 50(2): 45–54
- SANIGA, M., BALANDA, M., PITTNER, J., KUCBEL, S., JALOVIAR, P., 2013: Structural diversity and regeneration patterns of the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) dominated virgin forest in NNR Zadná Poľana. *Beskydy* 6(2): 127–134
- SANIGA, M., BUGOŠOVÁ, L., KUCBEL, S., JALOVIAR, P., PITTNER, J., 2014: *Štruktúra, distribúcia dendromasy, disturbančný režim a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok (30 ročná štúdia)*. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2617-4, 61 s.
- SANIGA, M., KLIMAŠ, V., PITTNER, J., KUCBEL, S., 2015: *Štruktúra, textúra, regeneračné procesy a disturbančný režim v NPR Kašivárová*. TU Zvolen, ISBN 978-802-280-27300, 79 s.
- SANIGA, M., PITTNER, J., KUCBEL, S., JALOVIAR, P., SEDMÁKOVÁ, D., VENCURIK, J., 2018: *Štruktúra, produkcia bio- a nekromasy a regeneračné procesy bukových pralesov NPR Havešová a Kyjov (časová štúdia)*. TU Zvolen, ISBN 978-802-280-27300, 79 s.

- SANIGA, M., PITTNER, J., VENCURIK, J., 2020: *Štruktúra vybraných pralesov Slovenska ako základ kreovania modelov lesa hrúbkových tried*. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-3059-1, 54 s.
- SCHÜTZ, J.PH., 1999: Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forestry* 72: 359–366
- SCHÜTZ, J.PH., 1969: Etude de phénomènes de la croissance et hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de la picea (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. *Beiheft Schweiz. Z. Forstwes.* 44, 115 s.
- SCHÜTZ, J.PH., 1975: Dynamique et conditions d'équilibre de peuplements jardinés sur les stations de la hêtraie à sapin. *Schweiz. Z. Forstwes.* 126: 637–671
- SCHÜTZ, J.PH., 1992: Waldbauliche Formen und Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. *Schweiz. Z. Forstwes.* 143: 442–460
- SCHÜTZ, J.PH., 1998: Behandlungskonzepte der Buche aus heutiger Sicht. *Schweiz. Z. Forstwes.* 149: 1005–1030
- SCHÜTZ, J.PH., 2001a: *Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder*. Parey Bucherverlag Berlin, 216 s.
- SCHÜTZ, J.PH., 2001b: Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *For. Ecol. Manage.* 151: 87–94
- SCHÜTZ, J.PH., 2002: *Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen*. ETH Zentrum, Zürich, 132 s.
- SCHÜTZ, J.PH., POMMERENING, A., 2013: Can Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) sustainably grow in complex forest structures? *For. Ecol. Manage.* 303: 101–108
- SPIES, T.A., FRANKLIN, J.F., KLOPSCH, M., 1990: Canopy gaps in Douglas-fir forests of the Cascade Mountains. *Can. J. For. Res.* 20: 649–658
- SPLECHTNA, B.E., GRATZER, G., 2005: Natural disturbances in Central European forests: approaches and preliminary results from Rothwald, Austria. *For. Snow Landsc. Res.* 79: 57–67
- SZWAGRZYK, J., SULOWSKI, W., SZKRYDŁOWSKI, T., 2006: Structure of a natural stand of a Carpathian beech forest in the Tatra mountains compared with natural beechstands from other parts of the Carpathians. *Sylwan* 9: 3–15
- TEUFEL, K., BAUMGARTEN, M., HANEWINKEL, M., SAUTER, H., WILPERT, K., KONOLD, W., SPIECKER, H., 2005: *Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft*. Springer Verlag, Berlin, 421 s.
- TREMBLAY, J.P., HUOT, J., POTVIN, F., 2007: Density-related effects of deer browsing on the regeneration dynamics of boreal forests. *J. Appl. Ecology* 44: 552–562
- UHL, E., 2009: Variabilität des Zuwachsverhaltens unter- und zwischenständiger Bäume nach Freistellung, ein Beitrag zum Baumart Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). Deutscher Verband forstlicher Forschungsanstalten, s. 61–68
- UTSCHIG, H., 2004: Waldwachstumskundliche Charakterisierung der Tanne. *LWF Wissen* 45: 18–23
- VRŠKA, T., ADAM, D., HORT, L., KOLÁŘ, T., JANÍK, D., 2009: European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians – A developmental cycle or a linear trend induced by man? *For. Ecol. Manage.* 258: 347–356

- WATT, A.S., 1947: Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.* 35: 1–22
- WESTPHAL, CH., TREMER, N., VON OHEIMB, G., HANSEN, J., VON GADOW, K., HÄRDITTE, W., 2006: Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *For. Ecol. Manage.* 223: 75–83
- WHITMORE, T.C., 1978: *Gaps in the forest canopy. Tropical trees as living systems.* Cambridge University Press, New York, s. 639–655
- YAMAMOTO, S., 1992: The gap theory in forest dynamics. *Bot. Mag. Tokyo* 105: 375–383
- YAMAMOTO, S., 2000: Forest gap dynamics and tree regeneration. *J. For. Res.* 5: 223–229
- YASUDA, A., YOSHIDA, T., MIYA, H., HARVEY, B.D., 2011: An alternative management regime of selection cutting for sustaining structure of mixed forests of northern Japan: a simulation study. *J. For. Res.* 18: 398–406
- YAMAMOTO, S., NISHIMURA, N., 1999: Canopy gap formation and replacement pattern of major tree species among developmental stages of beech (*Fagus crenata*) stands, Japan. *Plant Ecol.* 140: 167–176
- ZHANG, L., GOVE, J.H., LIU, C., LEAK, W., 2001: A finite mixture of two Weibull distributions for modeling the diameter distributions of rotated-sigmoid, uneven-aged stands. *Can. J. For. Res.* 31: 1654–1659
- ZEIBIG, A., DIACI, J., WAGNER, S., 2005: Gap disturbance patterns of a *Fagus sylvatica* virgin forest remnant in the mountain vegetation belt of Slovenia, *For. Snow Landsc. Res.* 79: 69–80
- ZLATNÍK, A., 1959: *Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů.* Spisy věd. lab. biogeocenol. a typologie lesa LF VŠZ Brno, 154 s.
- ZLATNÍK, A., 1976: *Lesnická fytoecologie.* SZN, Praha. 495 s.