

PROJEKT

Názov: **Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy**

Organizácia: ***EFRA – Ecological and Forestry Research Agency***
J. Poničana 59
960 01 Zvolen
Slovenská republika

Autorský kolektív: Ing. Ján **MERGANIČ**, PhD. – vedúci autorského kolektívu
Ing. Ján **VORČÁK**
Ing. Katarína **MERGANIČOVÁ**
Dr. habil. Ing. Ján **ĎURSKÝ**, CSc.
Ing. Anka **MIKOVÁ**
Doc. Ing. Jaroslav **ŠKVARENINA**, PhD.
Doc. Ing. Ján **TUČEK**, CSc.
RNDr. Jozef **MINĎÁŠ**, PhD.



Pod'akovanie

Na tomto mieste by sme chceli vysloviť úprimné pod'akovanie Ministerstvu životného prostredia za finančnú podporu čím sa umožnilo riešenie tohto projektu.

Ďakujeme pani Mind'ásovej a jej firme MI-DA za administratívnu spoluúčasť pri riešení projektu.

Zároveň patrí toto pod'akovanie oddaným pomocníkom pri terénnych prácach Martinovi Vorčákovi a Michalovi Strnálovi za kvalitne odvedenú prácu.

Ďakujeme Zdenke a Zuzke Vorčákovým za trpezlivosť a psychickú podporu i pomoc v časoch terénnych meraní.

Zároveň ďakujeme Profesorovi Hubertovi Sterbovi z Univerzity pôdohospodárstva vo Viedni za cenné pripomienky a rady pri analýze nameraných údajov.

Naša vd'aka v nemalej miere patrí aj pracovníkom správy chránenej krajinej oblasti Horná Orava, najmä Ing. Róbertovi Trnkovi, riaditeľovi tejto inštitúcie, za obetavú pomoc pri získavaní dôležitých podkladov potrebných pre riešenie projektu.

Zároveň by sme sa radi pod'akovali všetkým dobrým ľuďom z obce Oravská Polhora za poskytnutie pomoci hlavne pri preprave v ťažkých terénnych podmienkach Oravských Beskýd.

Ďakujeme



Lesy hornej hranice lesa pod vrcholom Babej hory

OBSAH

1.	Úvod (<i>VORČÁK</i>)	6
2.	Ciele projektu a možnosti aplikácie výsledkov riešenia projektu (<i>VORČÁK</i>)	7
3.	Záujmová oblasť – horské lesy oravských beskýd (Babia hora) (<i>VORČÁK</i>)	8
3.1.	Geografické vymedzenie územia	8
3.2.	Geologický vývoj	8
3.3.	Geomorfológia	10
3.4.	Klimatické pomery	13
3.5.	Vodstvo	15
3.6.	Pôdy	15
3.7.	Rastlinstvo	15
3.8.	Živočíšstvo	20
4.	Biologická diverzita a jej zisťovanie (<i>MERCANIČ, MERCANIČOVÁ</i>)	24
4.1.	Definícia biodiverzity	24
4.2.	Úrovne merania biodiverzity	26
4.3.	Výskum a súčasný stav hodnotenia biodiverzity na Slovensku	26
4.4.	Hodnotenie biologickej diverzity	29
4.4.1.	Hodnotenie druhovej diverzity lesných porastov	29
4.4.2.	Štrukturálna diverzita a metódy jej hodnotenia	29
4.5.	Zdroje vplývajúce na diverzitu horských lesov (<i>ŠKVARENINA, VORČÁK</i>)	31
4.6.	Možnosti dendrochronologickej analýzy pri štúdiu diverzity horských lesov (<i>ĎURSKÝ, MIKOVÁ</i>)	33
5.	Založenie a zhodnotenie pokusu s integrovaným informačným spektrom monitorovania stavu lesa	35
5.1.	Metodika zakladania skusných plôch (<i>MERCANIČ</i>)	35
5.1.1.	Výberový dizajn inventarizácie lesa	35
5.1.1.1.	Výberová jednotka	36
5.1.1.2.	Výberový systém	37
5.2.	Informačné spektrum regionálnej inventarizácie lesa	38
5.2.1.	Charakteristika skusnej plochy a stanovišťa – Formulár A	38
5.2.1.1.	Fytocenologické šetrenie	41
5.2.1.2.	Pedologické šetrenie	42
5.2.2.	Stromové charakteristiky – Formulár D	43
5.2.3.	Hodnotenie mladých rastových stupňov – Formulár C (<i>VORČÁK, MERCANIČ</i>)	47
5.3.	Podkladový materiál	49
5.4.	Metodika zhodnotenia zisťovaných veličín (<i>MERCANIČ</i>)	51
5.4.1.	Analýza stromových charakteristík	52
5.4.1.1.	Výšková štruktúra	52
5.4.1.2.	Objem stromu	52
5.4.2.	Analýza porastových charakteristík	54
5.4.3.	Kvantifikácia diverzity porastu	55
5.4.3.1.	Indexy druhovej diverzity	55
5.4.3.2.	Indexy štrukturálnej diverzity	56
5.4.4.	Metodika sledovania a modelovania atmosférickej depozície (<i>ŠKVARENINA</i>)	61

5.4.5.	Metódy dendrochronológie a dendroklimatológie pri výskume biodiverzity horských lesov Babej Hory (ĎURSKÝ, MIKOVÁ)	62
5.5.	Výsledky pokusu a ich zovšeobecnenie	64
5.5.1.	Zhodnotenie stromových charakteristík (MERCANIČ, MERCANIČOVÁ)	64
5.5.1.1.	Analýza výškovej štruktúry	64
5.5.1.2.	Analýza hrúbkovej štruktúry	76
5.5.1.3.	Analýza štruktúry v objeme stromu	82
5.5.2.	Analýza štruktúry porastových veličín (MERCANIČ, MERCANIČOVÁ)	86
5.5.2.1.	Počet stromov ($N \cdot ha^{-1}$)	86
5.5.2.2.	Kruhová základňa ($G \cdot ha^{-1}$)	89
5.5.2.3.	Zásoba porastu ($V \cdot ha^{-1}$)	93
5.5.2.4.	Zásoba odumretého (moderového) dreva (VORČÁK, MERCANIČOVÁ, MERCANIČ)	97
5.5.2.5.	Analýza hustoty porastu	112
5.5.3.	Analýza diverzity horských lesov Babej hory (MERCANIČ)	114
5.5.3.1.	Druhovú diverzitu	114
5.5.3.2.	Analýza rozmiestnenia stromov v poraste	119
5.5.3.3.	Analýza zmiešania a diferenciácie podľa FÜLDNERA (1995)	129
5.5.3.4.	Vertikálna diverzita a komplexná diverzita porastu	132
5.5.4.	Analýza regeneračných procesov stromovej zložky biocenóz v supramontánnom a subalpínskom stupni lesov Babej hory (VORČÁK)	138
5.5.4.1.	Vyhodnotenie drevinového zloženia	138
5.5.4.2.	Vyhodnotenie početnosti jedincov obnovy	141
5.5.4.3.	Rozdelenie obnovy podľa typu podkladu	146
5.5.4.4.	Priebeh prirodzenej obnovy smreka v supramontánnom a subalpínskom stupni na Babej hore	154
5.5.5.	Rozbor chemizmu zrážok v lokalite Babia Hora (ŠKVARENINA, TUČEK, MINĎÁŠ)	162
5.5.6.	Dendrochronologická a dendroklimatologická analýza horských lesov Babej Hory (ĎURSKÝ, MIKOVÁ)	169
5.5.6.1.	Základná dendrochronologická analýza	169
5.5.6.2.	Závislosť radiálneho prírastku od štruktúry porastu	169
5.5.6.3.	Klimatický scenár a konštrukcia dendroklimatického modelu	171
5.5.6.4.	Priebeh prognózovaného prírastku	173
5.5.6.5.	Kvantifikácia prírastkových zmien	173
5.5.6.6.	Závislosť prírastkových reakcií od nadmorskej výšky	174
5.5.6.7.	Závislosť prírastku od klimatických faktorov	175
6.	Diskusia a záver	176
7.	Citovaná literatúra	184
8.	Prílohy	190

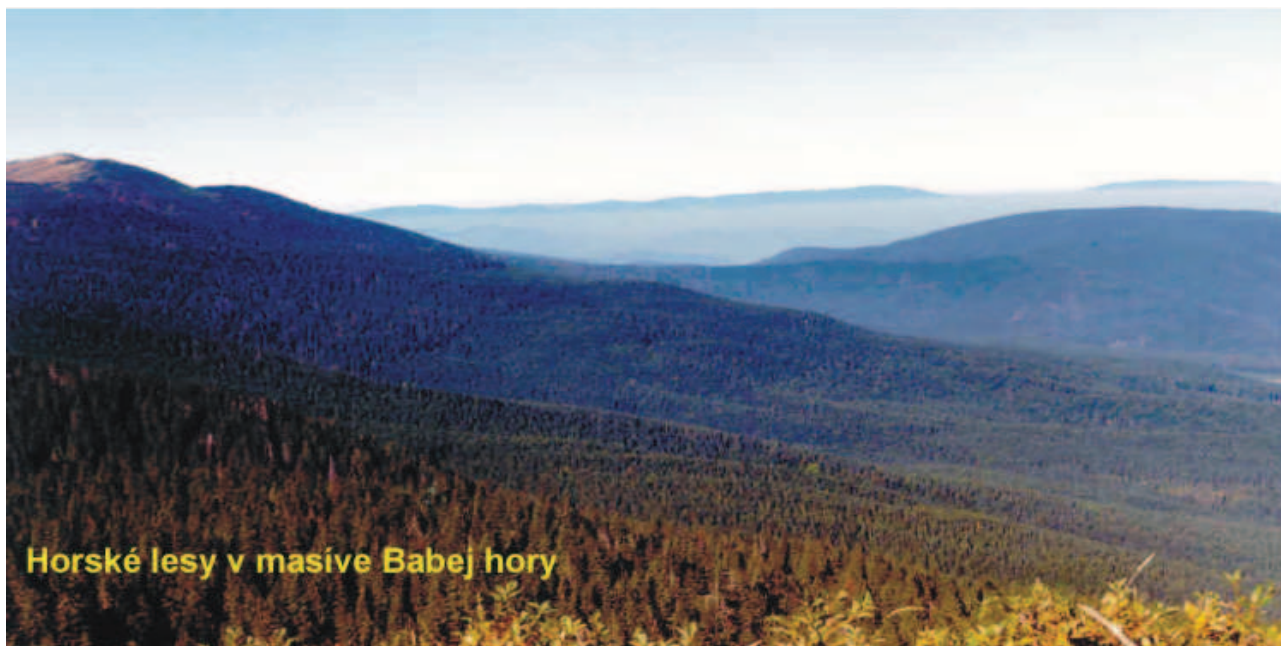
1. ÚVOD

Horské lesy predstavujú v súčasnosti oblasť záujmu širokej verejnosti. Sú zdrojom poznania človekom málo ovplyvnenej prírody, ako aj zdrojom pre výskum prirodzených procesov týchto lesných ekosystémov. Mnohé zachovalé časti prírodných a prirodzených lesov hlavne v 6. a 7. lesnom vegetačnom stupni (lvs) tvoria základný materiál pre sledovanie biodiverzity a reprodukčných procesov v zmenenom prostredí. Okrem toho predstavujú horské lesy mimoriadne dôležitý stabilizačný prvok v krajine a sú dôležitým regulačným faktorom hydrických, erózných a ďalších procesov.

Na Slovensku sú medzi horské oblasti zaradované územia od nadmorskej výšky 800 m n. m. Tieto oblasti zaberajú približne 655 tisíc ha, čo je 13.4 % rozlohy štátu. Prevažná časť horských oblastí, takmer 92 %, sa nachádza v nadmorských výškach od 800 – 1450 m. Podiel lesov (horských lesov 5. – 8. lvs) v horských oblastiach Slovenska je 84 %.

Horské lesy v masíve Babej hory sú budované hlavne smrekom, jedľou a bukom, ojedinele sa vyskytujú javor a jarabina. Podiel smreka narastá od 5. lvs, v 7. lvs je jeho zastúpenie takmer 100%. V lesoch babiohorského masívu predstavuje smrek klimaxovú drevinu.

Človek svojou činnosťou negatívne zasiahol do vývoja celej biosféry. Narušil jej prirodzené cykly a tým aj globálnu ekologickú stabilitu. Ukazuje sa, že poškodzovanie lesov, ktoré sa prejavuje ich odumieraním, absenciou regenerácie, redukciou prírastku a ubúdaním druhovej, genetickej a štruktúrálnej diverzity, je už celosvetovým problémom (GLICK 1995). K najcitlivejším na antropické vplyvy patria horské lesy a vysokohorské spoločenstvá (STOLINA 1989). Návrh pre celosvetové riešenie negatívnych globálnych zmien na biosféru bol prijatý na konferencii o biodiverzite v brazílskom Rio de Janeiru v roku 1992. Európska organizácia Pro Silva, ako organizácia lesníkov založená v roku 1989 v Slovinsku, si stanovila za cieľ usmerňovanie lesov v zmysle zásad prírode blízkeho hospodárenia. Horské lesné ekosystémy majú v rámci európskych lesov osobitné postavenie, čo bolo zdôraznené už na Prvej ministerskej konferencii o ochrane lesov v Európe, ktorá sa konala v Štrasburgu v roku 1990. Na tejto konferencii bola k problematike horských lesov prijatá samostatná rezolúcia S4 „Prispôsobenie obhospodarovania horských lesov novým podmienkam životného prostredia“.



Horské lesy v záujmovej oblasti Oravských Beskýd na Babej hore, hlavne na okraji 6. lvs a v 7. lvs, predstavujú ukážky prírodného karpatského smrekového lesa s minimálnym zásahom človeka. Táto skutočnosť bola objektivizovaná vyhlásením ŠPR Kotlina pod Babou horou už v roku 1926 na ploche 503.94 ha. Aj napriek zásahom človeka v subalpínskom stupni (pastva) zostali lesy

v 7. lvs takmer bez zásahu a prebiehajú tu prirodzené regeneračné procesy. Je potrebné zdôrazniť, že oblasť Babej hory bola kolonizovaná dosť neskoro, čo potvrdzuje aj vek osád v podhorí. Aj historické dokumenty, stav porastov a fotodokumentácia spred 80. rokov potvrdzujú autochtónny vývoj, hlavne od nadmorskej výšky 1200 m n. m. Podobné zistenia sú aj z Poľskej strany z Babiogórskiego Parku Narodowego o lesoch v reglu górnym (1150 – 1390 m n. m.), ktorý je predstavovaný karpatským smrekovým lesom. Tieto lesy si zachovali až do dnešného dňa niektoré prirodzené znaky starého karpatského pralesa, čo viedlo, okrem iných výnimočnosti územia, k vzniku spomínaného národného parku v roku 1954 a v roku 1977 bol tento park UNESCO-m zaradený do medzinárodnej siete biosférických rezervácií. Takéto zistenia o zachovalom stave horských lesov prezentoval KORPEL (1989) aj z iných horských oblasti Slovenska.

Stav lesov v smrekovom vegetačnom stupni vo vysokých pohoriach Slovenska je značne diferencovaný. Oblasti s rôznym stupňom antropogénneho narušenia hornej hranice lesa a pásma lesov tesne pod touto hranicou sa striedajú s oblasťami s dobre zachovanou pôvodnou hornou hranicou lesa i k nej priliehajúcou zónou lesa. Napriek tomu má Slovensko z európskych krajín značnú výhodu v tom, že sa v smrekovom lvs, a to aj v pásme lesa s ochrannou a rekreačnou funkciou, na pomerne veľkej ploche zachoval prírodný les s početnými pralesovými zvyškami. Väčšina pralesových zvyškov sa stala predmetom zákonnej ochrany prírody, obyčajne vo forme štátnych prírodných rezervácií. Avšak práve v 7. smrekovom vegetačnom stupni sa do súčasnej doby zachovali početné pralesové zvyšky aj mimo chránených území. Podľa sprístupnenia a masívnosti pohoria sa smrekové pralesy u nás vyskytujú vo výškovom rozpätí 1200-1500 m n. m., len vo výnimočných prípadoch pod výškou 1200 m n. m. Poznanie základných znakov štruktúry pralesov smrekového vegetačného stupňa, dynamiky ich zmien v závislosti od podmienok a od vývoja umožní vymedziť časové úseky a ich viazanosť na obrazy porastovej štruktúry s nízkou alebo vysokou funkčnou účinnosťou. Z poznania prirodzene možných prípadov výstavby, zákonitostí ich vzniku a zmien môžeme stanoviť, čo je možné, zámerne dosiahnuteľné, do akej miery, za akú dobu a čomu sa môžeme alebo musíme v tomto funkčne veľmi významnom vegetačnom stupni vyvarovať (KORPEL 1989).

Poznanie biodiverzity a regeneračných procesov horských lesov v oblasti Babej hory má obrovský význam pre určenie stupňa ekologickej stability tohto citlivého ekosystému v meniacom sa prostredí. Globálne zmeny klímy týkajúce sa predovšetkým zrážok, teploty a antropogénnej depozície spôsobujú v mnohých horských oblastiach značné škody na lesných porastoch, často až katastrofické, dokončené synergickým spolupôsobením ostatných škodlivých činiteľov, z ktorých dnes hrá významnú úlohu podkôrny hmyz (Tatry).

Vzhľadom na jedinečnosť horských lesov Oravských Beskýd, a to hlavne v masíve Babej hory a Pilska, je toto územie v trvalom záujme odborníkov z oblasti ochrany prírody a lesníctva zo Slovenska i Poľska.

2. CIELE PROJEKTU A MOŽNOSTI APLIKÁCIE VÝSLEDKOV RIEŠENIA PROJEKTU

Cieľom navrhovaného projektu je preskúmať stav štruktúrálnej diverzity horských lesov severnej Oravy. V spojitosti s riešením tejto problematiky sa odvíjajú čiastkové vedecko-výskumné ciele:

- zhodnotiť existujúce metódy kvantifikácie štruktúrálnej diverzity lesných ekosystémov na maloplošnej ako aj regionálnej úrovni;
- navrhnúť optimálnu metódu pre hodnotenie štruktúrálnej diverzity horských lesov;
- podať návrh výberového dizajnu pre systém integrovaného monitorovania lesných ekosystémov so zameraním na štruktúrálnu diverzitu;
- preskúmať vplyv geomorfológie a vývojového štádia lesa na štruktúrálnu diverzitu horských lesov;
- analyzovať vplyv možných faktorov na ekologickú stabilitu lesného ekosystému.

Výsledky riešenia projektu je možné aplikovať na nasledovných úrovniach:

- podkladový materiál pre vyhlásenie Medzinárodného parku Babia hora;

- b) možnosť propagácie histórie i súčasnosti horských lesov Babej hory v regionálnom, celoslovenskom ako aj medzinárodnom merítku;
- c) materiál pre vedeckú i laickú obec o stave štrukturálnej diverzity horských lesov a ekologických vzťahoch k nej;
- d) možnosť preventívnych opatrení voči rozpadu hornej hranice lesa pri získaní poznatkov o vzťahoch v ekosystéme horský les;
- e) poznatky a modely o hodnotení diverzity je možné využiť pri implementácii dohovoru o biologickej diverzite, či tvorbe plánov pre zvláštne územia ochrany (SAC) pri prechode na program Natura 2000, čo sú dokumenty, ktoré musí Slovenská republika plniť, ak chce vstúpiť do EU;
- f) poznatky o dizajne, presnosti a nákladovosti inventarizácie z oblasti Babej hory bude možné použiť pri inventarizáciách podobného druhu (v podobných CHKO na Slovensku);
- g) poznatky pre dlhodobý monitoring stavu a vývoja pôvodných horských smrečín Babej hory;
- h) implementácia nových poznatkov o kvantifikácii diverzity lesných ekosystémov do rastových simulátorov (napr. SILVA);
- i) využitie nových poznatkov ako aj empirického materiálu pre tvorbu rastových modelov vysokohorského smreka.

3. ZÁUJMOVÁ OBLASŤ – HORSKÉ LESY ORAVSKÝCH BESKÝD (BABIA HORA)

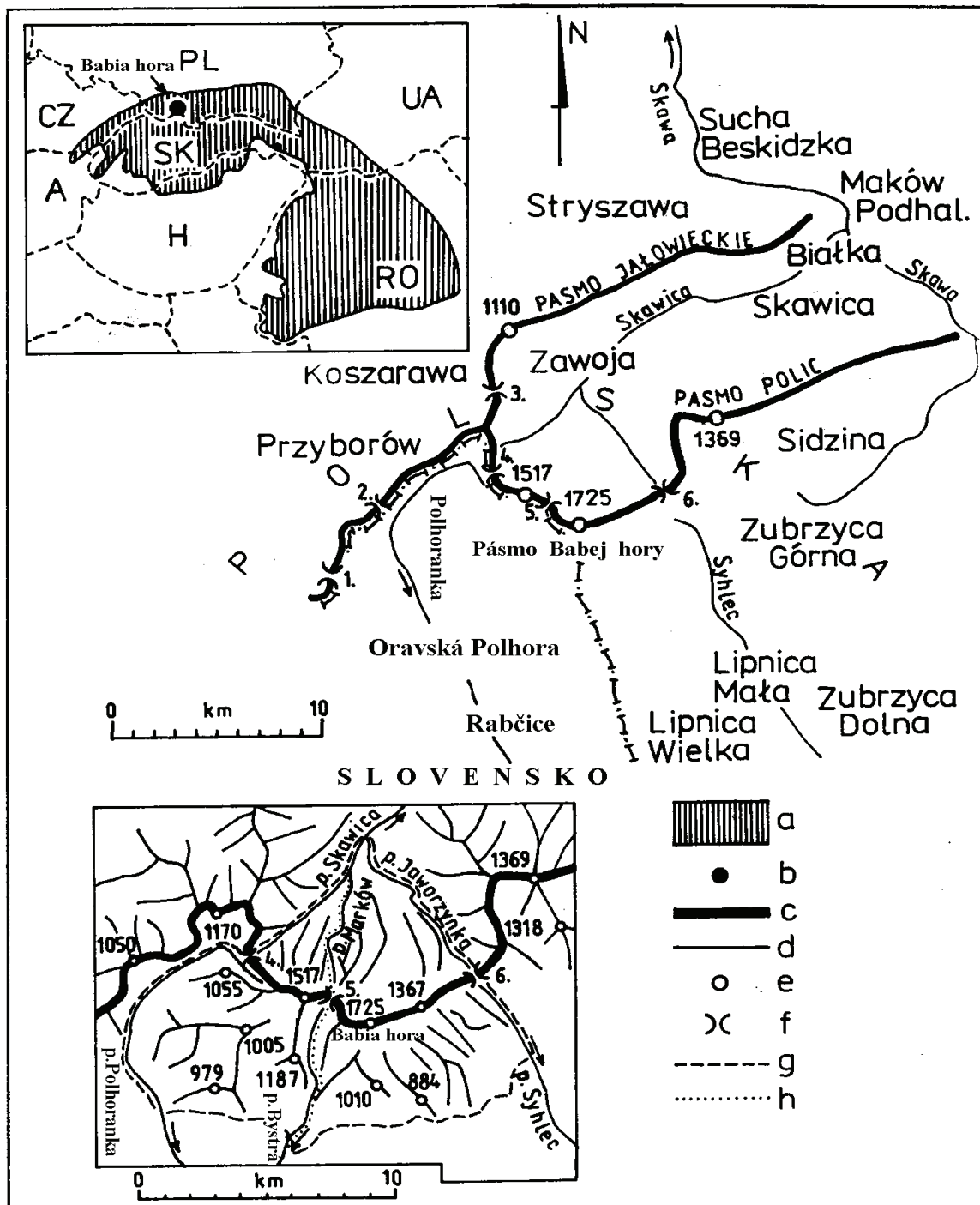
3.1. GEOGRAFICKÉ VYMEDZENIE ÚZEMIA

Územie Babej hory orograficky začleňujeme do sústavy vonkajších (flyšových) Západných Karpát, časti Oravských Beskýd, do komplexu horského masívu Babej hory. Na území Poľska sa začleňuje do Beskidu Żywieckiego. Masív Babej hory tvorí samostatný, celistvý horský bastion o charaktere pásma tiahnuceho sa v smere západ - východ v dĺžke okolo 10 km. Zo západu ho ohraničuje Jalovecké sedlo (1017 m n. m.) a z východu sedlo Krowiarki nazývané tiež Lipnické (986 m n. m.). Z juhu sa masív vypína nad Oravsko-Nowotargorskou kotlinou s 1100 metrovým prevýšením. Takýto výškový rozdiel sa na území Slovenska vyskytuje len v masívoch Vysokých a Nízkych Tatier. Zo severu na stranu Poľska masív prudko klesá do doliny Skawice. Z hlavného masívu Babej hory vystupujú na juh (Slovensko) dve rássochy: rássocha Malej Babej hory a Jedle. Na sever (Poľsko) sa do masívu zaraďujú dva bočné hrebene nazývané tiež Pásmo Jalovecké (1100 m n. m.) a Pásmo Polic (1368 m n. m.). Výraznejšími vrcholkami v masíve v smere od východu zo sedla Krowiarki sú Sokolica (1367 m n. m.), Kopa (1521 m n. m.), Gówniak (1619 m n. m.) a Babia hora (1725 m n. m.), poľsky nazývaná tiež Diablak, končiac Malou Babou horou (1517 m n. m.), v poľštine známa tiež pod názvom Cyl. Vrchol Babej hory (1725 m n. m.) prevyšuje okolité vrcholky o takmer 500 metrov.

3.2. GEOLOGICKÝ VÝVOJ

Masív Babej hory z geologického hľadiska patrí k vonkajšiemu flyšovému oblúku západokarpatskej sústavy. Štruktúrne je budovaný zo súvrství rozličných flyšových hornín (pieskovcov, slieňovcov, ílovcov, bridlíc a zlepencov). Stratigraficky je z najväčšej časti starotret'ohorného (paleogénneho) veku a bol sformovaný v sávskej fáze alpínskeho vrásnenia na rozhraní paleogénu a neogénu. Celá oblasť patrí k tzv. magurskému flyšu, tektonickej jednotke bystrickej, ktorá je zastúpená v spodnom oddieli vrstvami solánskymi a belovežskými, vo vrchnom oddieli zlínskymi. Najväčšiu plochu územia zaberajú zlínske vrstvy, ktoré sú prevažne ílovcovité, len ojedinele sa v nich nachádzajú niekoľko metrov hrubé vrstvy s prevahou pieskovca. Hrúbka ílovcových vrstiev je niekoľko metrov, ktoré sú na odkryvoch zväčša tvrdé. Pieskovce sú jemne až stredne zrnité. Zlínske vrstvy sa vyskytujú v nadloží vrstiev belovežských, ktoré sú zastúpené v menšej miere. V týchto vrstvách prevládajú mäkké ílovce, v ktorých sa nachádzajú tenké lavice

tvrdších pieskocov. Solánske vrstvy predstavujú vo všeobecnosti pieskocový vývoj spodného oddielu paleogénu a sú zastúpené pieskocami babiohorského typu. Pieskovce sú zväčša jemne až

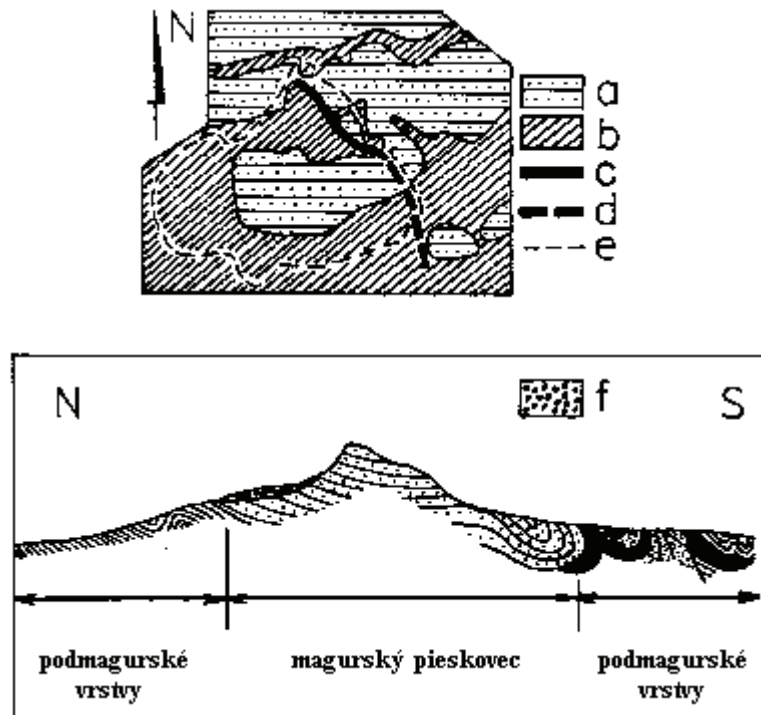


Obrázok č. 1 Geografická poloha Babej hory

Vysvetlivky: a – Karpaty, b – Babia hora, c – hlavné horské hrebene, d – významné potoky, e – významné štíty, f – sedlá, g – hranica pásma Babej hory, h – hranica medzi Veľkou Babiou horou a Malou Babiou horou

stredne, zriedkavejšie aj hrubo zrnité, šedé, vápnité. Pri zvetrávaní zostávajú miestami pevné, miestami sú drobné. Táto ich vlastnosť sa prejavuje najmä na vrchole Babej hory, kde vrstvy dosahujú až 750 m mocnosti. Pieskovce jednotlivých vrstiev nazývame tiež magurské pieskovce, podľa oblasti magurského flyšu. Toto označenie sa častejšie používa v poľskej odbornej literatúre. Sklon vrstiev v smere na juh je 15°-25°. Vo vyššej časti solánskych vrstiev sa miestami objavujú

vložky pestrých ílovcov. Výskumy ukázali, že stavba severného svahu Babej hory (Poľsko) je zložitejšia, pretože tu prechádza tektonická hranica medzi račianskou a bystrickou jednotkou, ktorá prebieha od doliny Jaworzynky cez sedlo Krowiarki a ďalej dolinou Syhlca. Pásmo na západ od tejto línie, teda celé pásmo Babej hory, zostalo výrazne vyzdvihnuté oproti pásmu na východ. V babiohorských horninách sa našli nepočítané skameneliny. Sú to stopy numulitovej fauny a hieroglyfy ako pozostatok vlnenia mora. Na minerály je masív chudobný. Nachádzajú sa tu, ako súčasť pieskovcov, živec a kremeň a v korytách potokov vypreparovaný kalcit. V magurských pieskovcoch sa nachádza malé množstvo železnej rudy (do 8%).



Obrázok č. 2 Schéma geologickej stavby Babej hory
 Vysvetlivky: a – magurský pieskovec, b – podmagurské vrstvy, c – hlavný tektonický zlom, d – sklz, e – hranica masívu Babej hory, f – zvetralinové vrstvy

3.3. GEOMORFOLÓGIA

Babia hora je z hľadiska geomorfológie a vegetačnej pásmovitosti považovaná za modelovú horu. Tektonická a gravitačná činnosť, pleistocénne zaľadnenie ako aj minulé a súčasná kryogenná činnosť sa podieľali na vytvorení dnešného reliéfu masívu. Vzhľadom na svoju výšku (1725 m n. m.), so svojim relatívnym výškovým rozdielom 1100 m oproti Oravsko - Nowotargskej kotline, asymetrickému tvaru hlavne z pohľadu od západu a drsnou horskou klímou pripomína Babia hora skôr alpské ako beskydské prostredie. Asymetrický tvar masívu je daný tektonickým zlomom a sklonom vrstiev



Obrázok č.3 Masív Babej hory z Pilska

smerom na juh pod uhlom 15° - 25° , čo vytvára rozdielny tvar južných a severných svahov. Severná strana masívu je modelovaná na okraji čiel vrstiev, čo spôsobuje väčší sklon svahov (viď obr. č. 2), živému a rôznorodému zvetrávaciemu procesu a veľkej dynamike reliéfu. Južná strana svojím sklonom sleduje sklon vrstiev a má jemnejšie tvary s menšou dynamikou.

Vo výškach 700 – 1200 m n. m. sa nachádza okolo masívu podnožie so sklonom na obidve strany (juh – sever) 15° - 25° . Svahy sú modelované potokmi do tvaru „V“, v rozľahlejších dnách vyplnené kamennými blokmi a zvetralinami.

Nevýrazný zlom je vo výške okolo 1200 m n. m. Tento zlom však na severnej strane vytvára znaky vysokohorského reliéfu. Severné svahy tu majú sklon 35° - 75° a sú charakteristické rôznorodým tvarom povrchu. Vyskytujú sa tu skalné steny, suťové polia, suťové prúdy, balvanové moria, skalné žľaby (najväčší až 400m - Žleb Poszukiwaczy Skarbów – Žľab hľadačov pokladov), kary premodelované kryogénnou činnosťou, sutinové jazierka a vo vrcholovej časti mrazové zruby. Na severe masívu Babej hory sa nachádza aj najväčšie skalné suťovisko. Vzniklo hlavne v ľadových dobách pleistocénu, kedy boli klimatické podmienky veľmi priaznivé pre mrazové zvetrávanie pieskovca. Aj v súčasnosti napomáha drsná babiohorská klíma ďalšiemu mrazovému zvetrávaniu skalných stien a tvorbe balvanových morí a suťových polí. Výraznejšie menej sú pretvorené južné svahy. Sklon vrcholovej časti je 15° - 25° a je málo premodelovaný. Tvar povrchu je monotónny. Zväčšuje sa však pod výškou 1400 m n. m., kde je dynamika zväčšená činnosťou vodnej erózie a početných potokov. Plochy suťových polí na juhu sú malé a vyskytujú sa len pod starým zosuvom v oblasti vyležiska, kde v minulosti stála chata nemeckého turistického spolku Beskiden - Vereins. Vrcholová chrbtová časť je široká, na sever prudko klesajúca. V pozdĺžnom profile sa nachádza niekoľko stupňov. Tvoria ich na povrch vystupujúce odolné lavice, ktoré sa kryogénnou činnosťou (mrazovým zvetrávaním) menia na mrazové zruby a suťové polia.

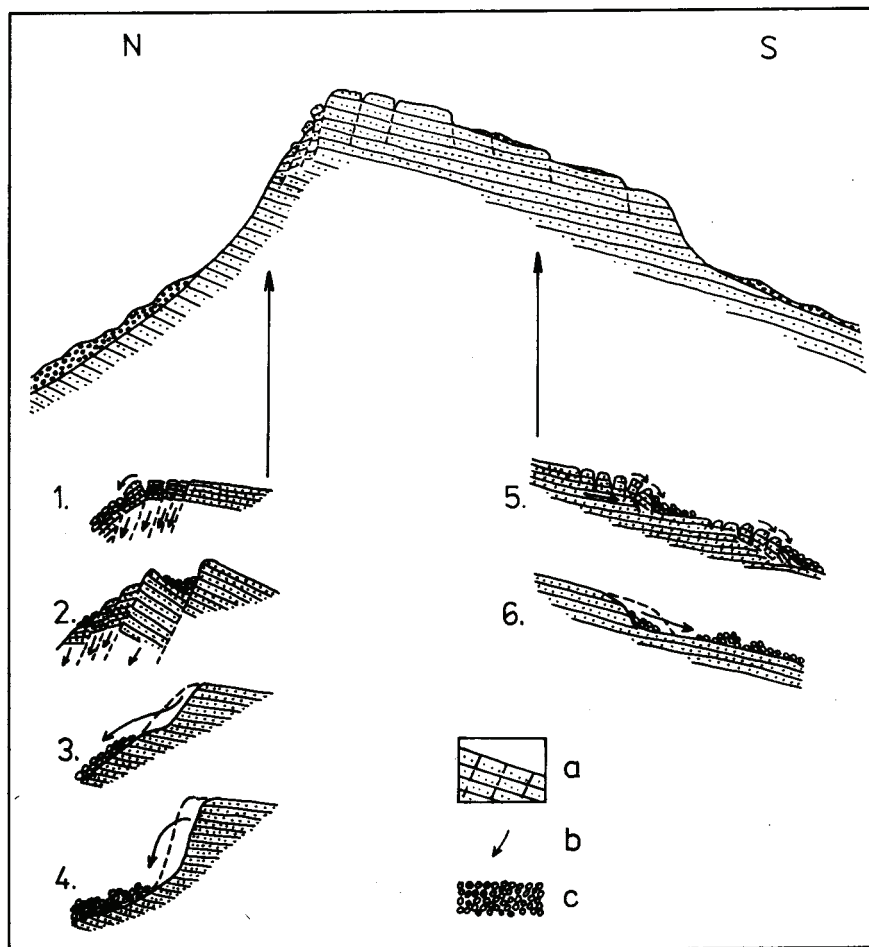
Veľmi zaujímavé sú prepadlinové javy na povrchu, ktoré majú prevažne západno-východný priebeh. Vyskytujú sa tak na južných ako aj na severných svahoch. Takmer pod vrcholom, pod vrcholovou kupolou na južnom svahu, sa nachádza prepadlina, ktorá sa v poľštine označuje ako Oravské pivnice. Mnoho prepadlín nemá slovenské pomenovanie vzhľadom na nedostatočný prieskum zo slovenskej strany. Na severnej strane sa nachádza Zbojnický závoz a Izdebczyska. Pod vrcholom Malej Babej hory na južnej strane (Slovensko) je známa Zlatá studňa, kde sa nachádza prepadlinová jaskyňa (pseudokras), a bola miestom záujmu hľadačov pokladov. V roku 1928 sa tu ešte nachádzali zbytky banskej výstuže. Na Malej Babej hore je ešte jedna oficiálne registrovaná prepadlinová jaskyňa vo výške 1360 m n. m. a dĺžke 58 m.

Na záver tejto kapitoly je nutné uviesť, že o tvorbe reliéfu masívu Babej hory sa vedú ešte aj dnes polemiky. Jeden smer hovorí, že dnešný reliéf bol v podstate vymodelovaný činnosťou ľadovcov, ktoré podľa SZAFERA (1962) dosahovali pri prvom zaľadnení výšku 1 050 m. Podľa opisu SAWICKÉHO (1913) bolo na severnej strane Babej hory sedem ľadovcov, na južnej len jeden, a to južne od kóty 1 725 m n. m. Autor udáva, že na Babej hore bola zaľadnená plocha o rozlohe 10.5 km^2 . Snežnú čiaru udáva pre severnú stranu Babej hory do výšky 1 400 m n. m. Je zaujímavé, že dôsledky zaľadnenia



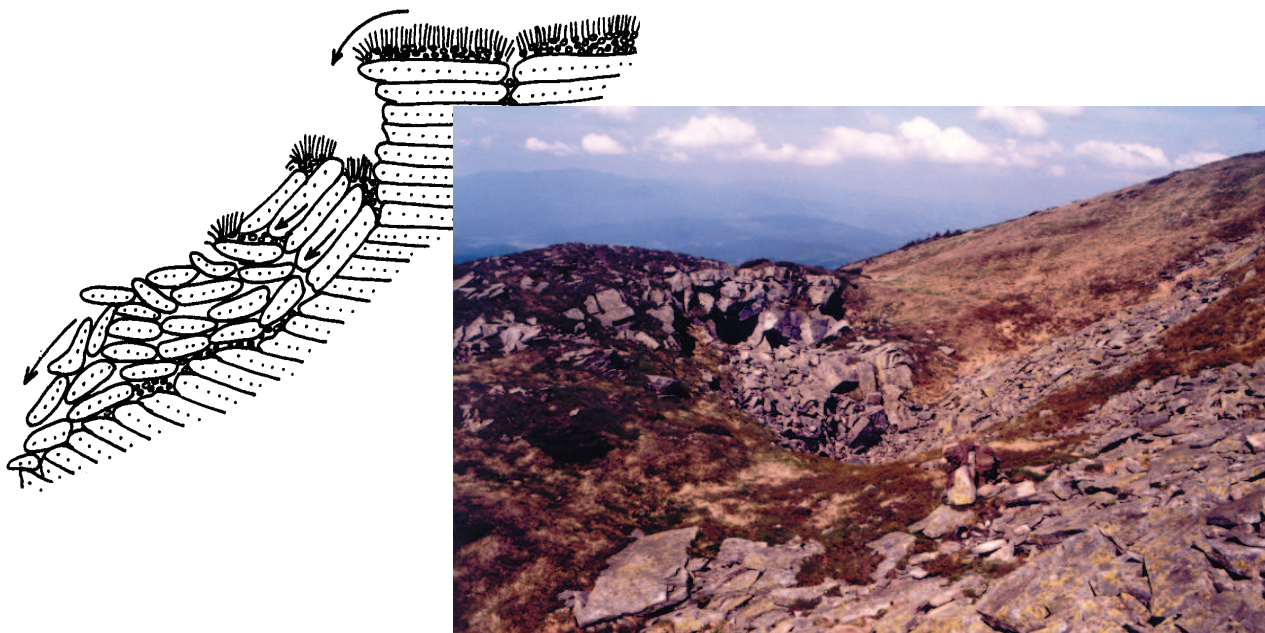
Obrázok č.4 Jaskyňa v Malej Babej hore

sa nápadne prejavili len na severných svahoch, ktoré sú celkovo strmšie. Môžeme tam pozorovať príkre horské zrázy až s 300 m vysokými stenami a skalnými výklenkami, ľadovcové kary, žľaby, morénové valy, pozostatky ľadovcových jazierok. Južné, slovenské, resp. poľské svahy sú vo vrcholových častiach menej strmé a nepozorujeme na nich takmer žiadne nápadné javy glaciálnej činnosti. Druhý prístup podľa ALEKSANDROWICZA hovorí, že severné svahy Babej hory boli vytvorené v dôsledku obrovských svahových zosuvov, ktoré sú najväčšie v Karpatoch a boli formované v troch etapách. Aj v dnešnej dobe sa takéto zosuvy vyskytujú. Za posledných 100 rokov ich bolo 8. Ako bolo dokázané, takéto zosuvy pred 6000 rokmi spôsobili vznik jazierok - Mokrego Stawku (1025 m n. m.) a o niečo mladšieho Markowego Stawku (1125 m n. m.). Tretí smer predstavovaný napr. LAJZAKOM hovorí, že dnešný reliéf vznikol kombináciou ľadovcovej činnosti v pleistocéne a následne kryogénnou činnosťou v drsnej babiohorskej klíme, kde sa prejavuje hlavne mrazové zvetrávanie skalných stien a zarovnávanie stôp ľadovcovej činnosti.



Obrázok č. 5 Formy skalných zosuvov vo vrcholovej časti Babej hory
 Vysvetlivky: 1 – systém rozpadlinových puklín, 2 – hlboké chrbtové pukliny, 3 – nižšie zosuviská, 4 – zosuvové steny a suťové prúdy a polia, 5 – systém puklín na plochých svahoch, 6 – plytké a rozľahlé zosuvy, vzniklé sklzom
 a – popraskané vrstvy magurského pieskovca, ktoré podliehajú posuvom
 b – posun skalného prúdu
 c – zvetralinové vrstvy, suťové prúdy a polia

Drsná babiohorská klíma spôsobuje mrazové zvetrávanie skalných stien a tvorbu suťových prúdov a polí. Tieto javy sú typické pre vysokohorské a severské oblasti.



Obrázok č.6 Schéma mrazového zvetrávania pieskovcových vrstiev a záber na Oravské pivnice



Obrázok č.7. Suťové prúdy a suťové polia v Kamennej dolinke

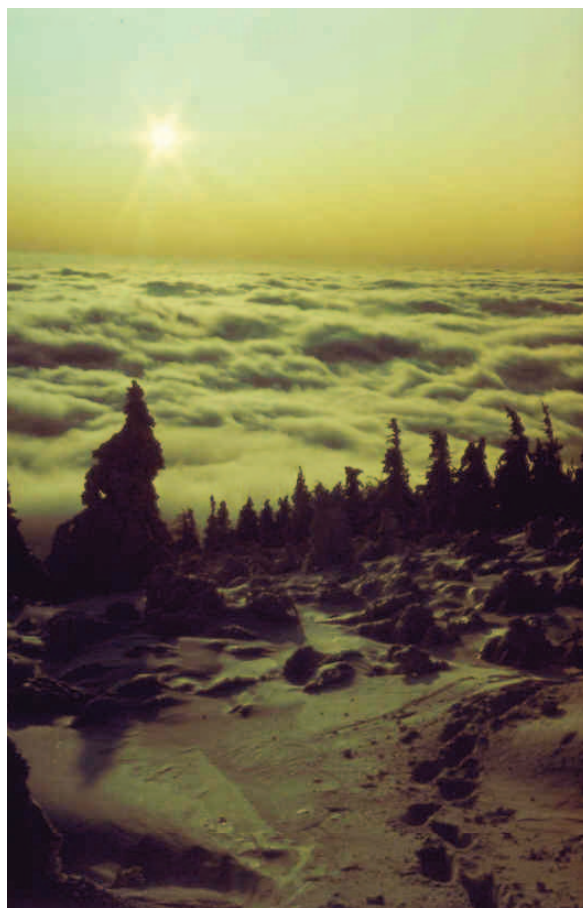
3.4. KLIMATICKÉ POMERY

Horský masív Babej hory už svojou geografickou polohou a reliéfom dáva podmienky zvláštnej klímy. Vrchol Babej hory patrí do podoblasti chladnej horskej klímy. Na teplotu vzduchu výrazne vplýva nadmorská výška. Všeobecne so stúpaním nadmorskej výšky sa teplota vzduchu znižuje, a to priemerne okolo 0.5°C na každých 100 m. V masíve Babej hory boli vylíšené 4 klimatické stupne v závislosti od nadmorskej výšky. Klíma Babej hory je drsnejšia ako klíma Tatier v rovnakej nadmorskej výške, čo vplýva aj na vegetáciu a jej stupňovitosť. Priemerné ročné teploty dosahujú 2°C vo vrcholových polohách územia (vrchol 0.4°C) a 4°C v nižších polohách.

Najchladnejším mesiacom v roku je január s priemernými teplotami vzduchu -6°C až -7°C . Medzi najvyššie a najnižšie položenými miestami územia sa prejavujú v teplote malé rozdiely. Je tomu tak preto, že v zime tu dochádza k takzvanej inverzii teploty. Najteplejšie obdobie júl - august má priemerné teploty vo vrcholových polohách 10°C , v nižších polohách 14°C .

Oblasť Babej hory je veľmi bohatá na zrážky. Aj pri tomto klimatickom prvku vidieť jeho súvislosť s nadmorskou výškou. Priemerný ročný úhrn zrážok dosahuje na vrchole Babej hory okolo 1 400 mm. Najviac zrážok spadne v letných mesiacoch jún - august, a to hlavne vďaka výdatným búrkovým lejakom. Najchudobnejšie na zrážky sú mesiace december - apríl, kedy sa vyskytujú najmä zrážky vo forme snehu. Prvé sneženie sa začína priemerne v polovici októbra, posledné začiatkom mája. Snehová pokrývka trvá v závislosti od nadmorskej výšky od 150 do 200 dní. V oblasti vrcholu je 2-krát viac dní so snežením ako s dažďom. Priemer maximálnej snehovej pokrývky sa v závislosti od nadmorskej výšky pohybuje od 80-160 cm a vo vrcholovej časti dosahuje často aj 200 cm (vrchol Babej hory – vyležisko na SE).

Veterný režim územia je takisto pomerne zložitý. Hrebeň masívu Babej hory zachytáva najmä severné a severozápadné vetry od mora, ktoré spôsobujú drsnosť zimy a ochladzujú leto. Podružné maximum patrí východnému prúdeniu vzduchu. Na bezvetrie pripadá v letných mesiacoch 37 dní, v zime 25 dní. Celkový obraz o klimatických pomeroch územia Babej hory si môžeme utvoriť z najdôležitejších klimatických charakteristík (tabuľky č. 1, 2).



Obrázok č.8 Nástup frontálnej oblačnosti

Tabuľka č. 1 Priemerná teplota vzduchu v $^{\circ}\text{C}$ za obdobie 1901-1950 v rôznych nadmorských výškach

Nadmorská výška (m n. m.)	Mesiace												Ročný priemer $^{\circ}\text{C}$	Priemer za vegetačné obdobie
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1450-1725	-7	-7	-4	0	6	10	10	10	6	4	-2	-5	2	7
850-1450	-6	-5	-2	2	8	12	12	12	8	5	-1	-4	3.5	10

Tabuľka č. 2 Priemerný úhrn zrážok v mm za obdobie 1901-1950 v rôznych nadmorských výškach

Nadmorská výška (m n. m.)	Mesiace												Ročný priemer mm	Priemer za vegetačné obdobie
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1450-1725	80	80	80	90	125	175	175	150	125	90	90	80	1400	850
850-1450	80	80	80	80	100	150	175	150	100	80	80	70	1200	750

3.5. VODSTVO

Hrebeňom Babej hory a západnej časti Pásma Polic sa tiahne hlavné európske rozvodie. Na sever od tejto hranice je úmorie Baltského mora a juh patrí k úmoriu Čierneho mora. Zo severných svahov masívu Babej hory tečie Jalovecký potok a Jaworzynka, ktoré sa pri Zawoji-Widlach zlievajú do Skawice, ktorá sa vlieva do Skawy a ďalej do Wisly a Baltského mora. Z juhu odvádza vody Hlasná rieka a Bystrá tvoriace Polhoranku, ktorá sa vlieva do Oravského jazera. Lipnica a Syhleč z poľskej strany sa tiež vlievajú do Oravského jazera. Z jazera vyteká Orava, ktorá vteká do Váhu a cez Dunaj do Čierneho mora.

Zaujímavosťou Babej hory sú početné jazierka. Podľa literatúry je ich 10, avšak v skutočnosti ich je až 20, z toho na slovenskej strane masívu len jedno, ktoré ešte ani dnes nemá pomenovanie. Nachádza sa na západnom svahu Veľkej Babej hory, neďaleko od sedla Brána. Najznámejšie jazierka na poľskej strane sú: Mokry Stawek (1025 m n. m., 750 m²), Markowy Stawek (1125 m n. m., 350 m²), Orawski Duży Stawek (1468 m n. m., 200 m²), Mulowy Stawek (1462 m n. m., 30 m²) a Czarny Stawek (1407 m n. m., 10 m²).

Masív Babej hory sa vyznačuje veľkou zásobou povrchových vôd, čo je dôsledok bohatých a častých zrážok, veľkej retenčnej schopnosti podložja a pôd a vysokej lesnatosti. Má tiež bohaté zásoby podzemných vôd a pod úpäťm na slovenskej strane sa nachádzajú sírne pramene (Vonžovec, Palkoč). V osade Slaná Voda, patriacej k obci Oravská Polhora, do katastra ktorej patrí aj masív Babej hory, sa nachádzajú jódo - brómové pramene. V minulosti, na prelome 19. a 20. storočia, tu boli známe kúpele.



Obrázok č.9 Potok Bystrá

3.6. PÔDY

Pôdy v oblasti Babej hory sú výsledkom pôdotvorných procesov na pôdnom substráte, kde je materská hornina zastúpená flyšom. Systematikou pôd vykonaných ÚHÚL vo Zvolene boli zistení nasledovní pôdni predstavitelia: surová pôda, hnedá lesná pôda (andosol) a podzol. Vzhľadom na premývavý vodný režim a drsnú klímu sú najviac zastúpené podzoly, ktoré sa v najväčšej miere vyskytujú v 7. lvs. v pásme smrekového pralesa.

3.7. RASTLINSTVO

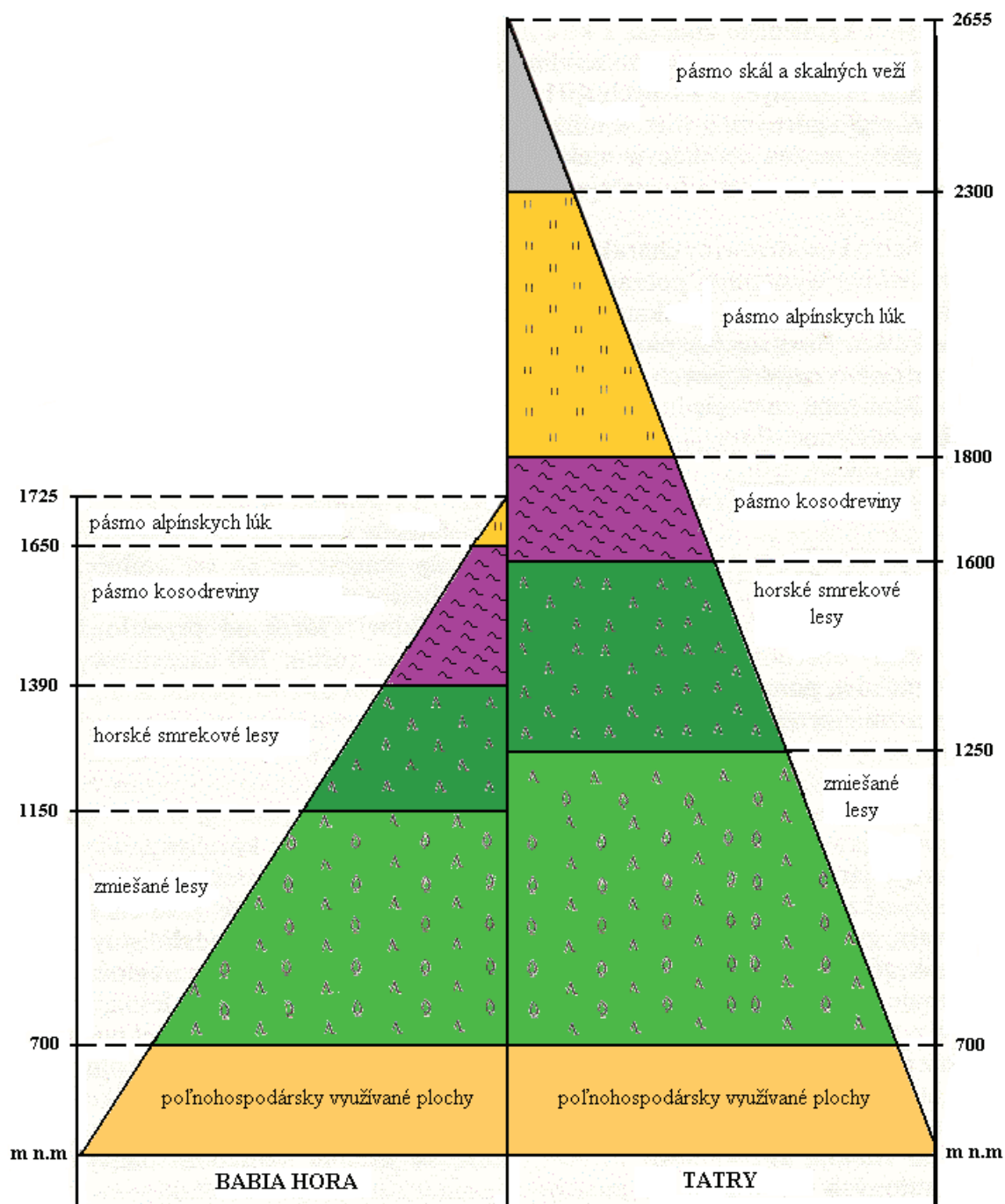
Rôznorodosť geologických, geomorfologických, pôdnych a orografických pomerov značne vplýva na pestrosť a druhovú skladbu flóry. Veľmi výrazný vplyv na rastlinstvo má drsná klíma. Územie masívu Babej hory patrí do oblasti západokarpatskej kveteny (Carpaticum occidentale), do obvodu západobeskydskej kveteny (Beschidicum occidentale).

Na základe vertikálneho členenia môžeme na danom území rozlíšiť 5 zonálnych stupňov:

1. podhorský stupeň 670-900 m n. m.
2. nižší horský stupeň 900-1 200 m n. m.
3. vyšší horský stupeň 1200-1440 m n. m.
4. subalpínsky stupeň 1440-1700 m n. m.
5. alpínsky stupeň 1700-1725 m n. m.

Pre jednotlivé zonálne stupne sú charakteristické rôzne rastlinné spoločenstvá.

Masív Babej hory a jej blízke okolie z hľadiska vertikálnej vegetačnej stupňovitosti môžeme zaradiť k takzvaným modelovým horám.



Porovnanie výškovej pásmovitosti rastlín na Babej hore a v Tatrách

Lesy najvyšších polôh (nad 1 000 m n. m.) sú prakticky len málo ovplyvnené hospodárskymi zásahmi. V horských dolinách pozdĺž vodných tokov, menej okolo pramenísk, sa zachovali horské jelšové lesy podzväzu *Alnion glutinoso-incanae*, ktoré JURKO & MÁJOVSKÝ (1956) zaradili do asociácie *Alneturn incanae carpaticum*. Spoločenstvá horských jelšín sú jediným zástupcom skupiny aluviálnych azonálnych lesných porastov v území. Od ostatných kontaktných spoločenstiev sú veľmi dobre ohraničené. Stromová vrstva týchto lesov je tvorená jelšou sivou (*Alnus incana*), ojedinele v nižších polohách jelšou lepkavou (*Alnus glutinosa*) a čremchou (*Prunus padus* subsp. *padus*). Krovinnú etáž tvoria rôzne druhy vrúb (*Salix* sp.). Zloženie bylinného podrastu je veľmi premenlivé a závisí do značnej miery na vplyve kontaktných spoločenstiev (pasienky, lúky,

rašeliniská a pod.). Najčastejšie sú zastúpené kozia noha hostcová (*Aegopodium podagraria*), angelika lesná (*Angelica sylvestris*), kostihoj hľuznatý (*Symphytum tuberosum*), kostihoj srdcovitý (*Symphytum cordatum*), deväťsil biely (*Petasites albus*) a deväťsil hybridný (*Petasites hybridus*).

Na úpätí Babej hory sa nachádza väčšie množstvo podsvahových rašelinísk menších rozmerov. Rašeliniská majú charakter tzv. prechodného typu, ale viac inklinujú k vrchoviskám, o čom svedčí prítomnosť mnohých rastlinných druhov typických pre vrchoviská, ako napríklad rosička okrúhlostá (*Drosera rotundifolia*), čučoriedka barinná (*Vaccinium uliginosum*), ostrica málokvetá (*Carex pauciflora*). Tvoria ich spoločenstvá triedy *Oxycocco-Sphagnetea*.

Rozsiahlejšie lúky, rozprestierajúce sa na miestach bývalých jedľovo-bukových lesov (t. j. v nižšom horskom stupni) predstavujú porasty so psicou tuhou (*Nardus stricta*), ktoré majú charakter lúk a pasienkov so striedavým obrábaním. Patria do zv. *Cynosurion* Tx 47. Floristicky sú tieto spoločenstvá napriek druhotnému vzniku a zásahom človeka pomerne jednotné.

V lesoch (najmä v nižších polohách) vznikajú rúbaním náhle rúbaniská, čím sa vytvárajú podmienky pre rozvoj nových svetlomilných spoločenstiev, ktoré možno zatriediť do dvoch zväzov: zv. *Fragarion vescae* Tx 50 a zv. *Epilobion angustifolii* Tx 50.

Na úpätí skalných zrázov, najmä na svahoch hlbokých dolín, kde prevládajú balvanité, veľmi humózne pôdy, sa pomerne vzácne vyskytujú sutinové spoločenstvá s prevládajúcim javorom horským (*Acer pseudoplatanus*), ktoré zaraďujeme do zväzu *Acerion pseudoplatani* Oberd. 57.

Mezotrofné lesné spoločenstvá v submontánnom a montánnom stupni (pôvodne hojne rozšírené, dnes nahradené sekundárnymi smrečínami, lúkami a pasienkami), sú reprezentované na území kvetnatými bučínami, jedlinami a kyslými horskými bučínami.

Bukové a jedľovo-bukové lesy zv. *Eu-Fagion* Oberd. 57 emend. Tx 60 s bohatým bylinným podrastom pokrývajú svahy najmä v západnej časti územia. V stromovej vrstve prevláda buk lesný (*Fagus sylvatica*) alebo jedľa biela (*Abies alba*). Krovinná etáž nebyva spravidla výrazne vyvinutá. V bylennom podraсте možno nájsť väčšinu druhov pravých bučín, ako napr. zubačka cibul'konosná (*Dentaria bulbifera*), mliečnik mandľovitý (*Euphorbia amygdaloides*), zubačka žľaznatá (*Dentaria glandulosa*). Uvedené druhy sú diferenčnými od jedlín.

Pôvodné jedliny predstavujú spoločenstvá stojace na prechode medzi jedľovými smrečínami a bučínami. Ich ťažisko je sústredené vo východnej časti skúmaného územia, kde reprezentujú jedľovo-bukový stupeň. Stromová etáž je tvorená jedľou (*Abies alba*) s rôznou prímiesou smreka (*Picea abies*), z listnatých drevín býva zastúpená iba jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*). Buk úplne chýba, alebo sa vyskytuje len v krovinnej vrstve. Z bylinných druhov indikujú jedliny a súčasne aj diferenčujú od bučín žerušnica trojlistá (*Cardamine trifolia*), lipkavec okrúhlostový (*Galium rotundifolium*) a chlpaňa žltkastá (*Luzula luzulina*). Nachádzajú sa tu aj rôzne smrečínové rastlinné druhy, ako napr. podbelica alpínska (*Homogyne alpina*).

Kyslé horské bučiny zv. *Luzulo-Fagion Lohmeyer* et Tx. in Tx 54 sa na území vyskytujú len vzácne na hrebeni Priehyby a pokračujú smerom na západ k Pilsku. Stromová vrstva je tvorená smrekom, jedľou, zriedkavo bukom. V bylennom podraсте sú s vysokou konštantnosťou prítomné druhy horských smrečín ako podbelica alpínska (*Homogyne alpina*), papradka alpínska (*Athyrium distentifolium*), okrem toho sa tu ešte stále udržiavajú druhy bučín, ako napr. zubačka cibul'konosná (*Dentaria bulbifera*), mliečnik mandľovitý (*Euphorbia amygdaloides*) a iné.

Prevažnú časť územia však zaberajú smrekové lesy, ktoré zaraďujeme do zv. *Vaccinio-Piceion* Br.-BI. 39. V nadmorskej výške od 800-1200 m sa vyskytujú jedľové smrečiny, v nadmorskej výške nad 1 200 m pravé horské smrečiny. Obidva druhy sú z floristickej stránky veľmi podobné. V bylennom podraсте prevládajú čučoriedka obyčajná (*Vaccinium myrtillus*), podbelica alpínska (*Homogyne alpina*), papraď rozložená (*Dryopteris dilatata*) a metlica krivolaká (*Avenella flexuosa*). V spoločenstvách jedľových smrečín sa výrazne uplatňuje rebrovka rôznolistá (*Blechnum spicant*) a plavúň pučivý (*Lycopodium annotinum*).

Na niektorých miestach územia, najmä na mierne podmáčaných ťažších pôdach, sa vyskytujú azonálne smrečiny, ktoré zaraďujeme do as. *Bazzanio-Piceetum* Br.-BI. et Siss. 39. Tieto naväzujú na rašeliniská, alebo ojedinele na jedliny. Stromová vrstva týchto lesov sa vyznačuje absenciou akýchkoľvek drevín okrem smreka. V bylennom podraсте sa vyskytujú smlz chlpkavý

(*Calamagrostis villosa*), praslička lesná (*Equisetum sylvaticum*), z machorastov korbáčovec trojlaločný (*Bazzania trilobata*), rašelinník Girgensohnov (*Sphagnum girgensohnii*). Časté sú aj horec luskáčikovitý (*Gentiana asclepiadea*), kamzičnik rakúsky (*Doronicum austriacum*) a iné. Na horské klimaxové smrečiny plynule naväzujú porasty kosodreviny, ktoré sú vyvinuté na pôdach so silnejšou vrstvou surového humusu. Zaraďujeme ich do zv. *Pinion mughi* Pawl. 28.



Obrázok č.10 Dobre vyvinuté kosodrevinové porasty nad Jedľou

Uzavreté porasty kosodreviny sú len v najvyšších polohách Babej hory.

Na severných svahoch Babej hory, hlavne v miestach, kde sa vyskytujú suťové prúdy a polia, sa vyskytuje spoločenstvo jarabinovej kosodreviny, ktoré sa na južnej strane chýba.

Prechod medzi smrečinami a kosodrevinou je na mnohých miestach tvorený čistými porastami borievky sibírskej (*Juniperus communis*, ssp. *nana*), zvlášť na Rabčickej holi.

V podraсте kosodreviny sa nachádzajú čučoriedka obyčajná (*Vaccinium myrtillus*), brusnica pravá (*Vaccinium vitis-idaea*), podbelica alpínska (*Homogyne alpina*), starček subalpínsky (*Senecio subalpinus*).

V stupni kosodreviny sa okrem kosodrevinových porastov hojne vyskytujú spoločenstvá subalpínskych lúk so psicou tuhou (*Nardus stricta*). Medzi najvýznamnejšie bylinné druhy tohto pásma patria plavúnik alpínsky (*Diphysium alpinum*), horec bodkovaný (*Gentiana punctata*), jastrabník alpínsky (*Hieracium alpinum*), rozchodnica ružová (*Rhodiola rosea*) a prilbica tuhá (*Aconitum firmum*).

Druhotné ruderálne spoločenstvá sprevádzajú človeka až do subalpínskeho stupňa, najmä na miestach bývalých salašov a v ich okolí. Na týchto prehnojených miestach sa vyskytujú vysokobylinné spoločenstvá samostatného zväzu *Rumicion alpini* Rubel 33. Charakteristické je tu prevládanie druhu štiavu alpínskeho (*Rumex alpinus*), ku ktorému sa pridružujú žihľava dvojdomá



Obrázok č.11 Spoločenstvo jarabinovej kosodreviny pod Kostolíkmi

(*Urtica dioica*), hviezdica hájna (*Stellaria nemorum*), pšeno rozložené (*Milium effusum*), timotejka alpská (*Phleum alpinum*). Spoločenstvá tohto typu sú vyvinuté najmä na lokalite Šťaviny.

V subalpínskom stupni ako aj v nižších polohách sa nachádzajú mnohé prameniská a horské nivy, ktoré majú svojráznu vegetáciu. Predstavujú ju rôzne spoločenstvá horských pramenísk kyslých podkladov zv. *Cardamino-Montion* Br.-BI. 25. Vo vyšších polohách (Rabčická hoľa, Šťaviny) sa nachádzajú fytocenózy as.

Cardaminetum opizii Szaf., Pawl, Kulcz. 23, pre ktoré je príznačná prítomnosť najmä týchto druhov: žerušnica Opizova (*Cardamine opizii*), vřbovka kuričkolistá (*Epilobium alsinifolium*). V nižších polohách sú z toho zväzu zastúpené fytocenózy as. *Cardaminetum amarae* Br.-BI. 26 s dominantným druhom žerušnica horká (*Cardamine amara*).

Hrebeň pod vrcholom a vrchol Babej hory dosahujú alpínsky stupeň, kde je už veľmi drsné podnebie, ktorému odpovedá i svojrázna vegetácia. Výraznejšie sa prejavuje výskyt spoločenstiev alpínskeho stupňa na poľskej (severnej) strane masívu, kde tento stupeň zaberá polohy od 1 650-1 725 m n. m. Ide hlavne o spoločenstvá sitiny trojklonnej (*Juncus trifidus*).

Nakoľko magurský pieskovec obsahuje pomerne veľké množstvo Ca²⁺, ktorý je z neho pri zvetrávaní vyplavovaný, podmieňuje výskyt vápnomilných druhov. Z týchto druhov sa na našom území vyskytujú len niektoré. Na miestach s vyšším obsahom Ca²⁺ (na poľskej severnej strane) sa vyskytujú spoločenstvá as. *Versicoloretum babiogorenses* Walas 33. Na našom území sa z tejto asociácie vyskytujú len nepatrné fragmenty.

Z floristickej stránky sa územie Babej hory vyznačuje mnohými vzácnymi rastlinnými druhmi. Pre najvyšší (alpínsky) stupeň, ktorý je obmedzený len na samotný vrchol Babej hory a hrebeň pod ním, je charakteristická prítomnosť mnohých vysokohorských (alpínskych) druhov, z ktorých niektoré zostupujú aj do stupňa kosodreviny. Sú to najmä tieto druhy: veternica narcisokvetá (*Anemone narcissiflora*), šucha obojpoľná (*Empetrum hermaphroditum*), lipkavec nerovnakolistý (*Galium anisophyllum*), poniklec biely (*Pulsatilla alba*), rozchodník alpínsky (*Sedum alpestre*), fialka dvojokvetá (*Viola biflora*), soldanelka karpatská (*Soldanella carpatica*), jastrabník alpínsky (*Hieracium alpinum*), veronika bezlistá (*Veronica aphylla*).

Na Babej hore nachádzame mnohé endemické rastliny a úplne alebo čiastočne chránené rastliny našej flóry. Zo západokarpatských neoendemitov (druhov rastlín, ktoré vznikli v starších a mladších štvrtohorách) sa vyskytuje rožec alpínsky babiohorský (*Cerastium alpinum* subsp. *babiogorenses*), lazerník jelení (*Laserpitium archangelica*) – symbol Babiohorského národného parku, chľpaňa vysokohorská tmavá (*Luzula alpino-pilosa* subsp. *obscura*), soldanelka karpatská (*Soldanella carpatica*).

Z karpatských subendemitov (také druhy rastlín, ktoré sa okrem Karpát vyskytujú aj v inom pohorí, ale ťažisko výskytu a rozšírenia majú v Karpatoch) je tu možné nájsť zvonček hrubokoreňový (*Campanula serrata*), zubačka žľaznatá (*Dentaria glandulosa*), kostrava pestrá (*Festuca*



Obrázok č. 12 Ruderálne spoločenstvá na Šťavinách



Obrázok č. 13 Rožec alpínsky babiohorský

versicolor), králik okrúhloolistý (*Leucanthemum rotundifolium*), čermel' lesný karpatský (*Melampyrum sylvaticum* subsp. *carpaticum*) a tozzia alpínska karpatská (*Tozzia alpina* subsp. *carpatica*).

Z poslednej ľadovej doby sa na študovanom území zachovali aj reliktné druhy, ako napr. stavikrv hadí koreň (*Polygonum bistorta*), parnassia močiarna (*Parnassia palustris*), skalnica horská (*Sempervivum montanum*) a iné.

Na sledovanom území sa vyskytuje celkovo 22 úplne chránených druhov. Z nich spomenieme aspoň niektoré: androméda sivolistá (*Andromeda polifolia*), ľalia zlatohlavá (*Lilium martagon*), plavúň obyčajný (*Lycopodium clavatum*), plavúň pučivý (*Lycopodium annotinum*), plavúnec zaplavovaný (*Lycopodiella inundata*), plavúnik alpínsky (*Diphysium alpinum*), šafrán Heuffelov (*Crocus heuffelianus*), vemenník dvojlistý (*Platanthera bifolia*), rojovník močiarny (*Ledum palustre*), zvonček lyžičnikolistý (*Campanula cochlearifolia*) a iné.

Z čiastočne chránených druhov môžeme nájsť napr. horec luskáčovitý (*Gentiana asclepiadea*), mečík strechovitý (*Gladiolus imbricatus*), prilbica tuhá (*Aconitum firmum*), prilbica pestrá (*Aconitum variegatum*) a vachta trojlistá (*Menyanthes trifoliata*).



Obrázok č.14 Lazerník jelení

3.8. ŽIVOČÍŠTVO

Momentálny stav fauny (živočíšstva) určitej oblasti je výsledkom vplyvu celého radu činiteľov počínajúc od klímy a geológie cez rastlinstvo až po v súčasnosti jeden z najvýznamnejších faktorov - človeka. Živá príroda je veľmi zložitá a mnohotvárna, neustále sa mení. V závislosti od zmien v prostredí je jeden druh nahrádzaný iným. Jeho existencia v prírode je zvyčajne ohraničená na niekoľko miliónov rokov. Rozšírenie živočíšstva teda nie je náhodné. To platí nielen časovo (v rámci geologických období), ale aj priestorovo. Každý druh je prispôsobený k životu v určitom type prostredia (biotope), kde má špecifickú funkciu, napr. v potravinovom reťazci, v ktorom je konzumentom a zároveň je aj sám konzumovaný.

Veľmi zaujímavé je aj vysokohorské živočíšstvo Babej hory, najmä jej subalpínskeho stupňa tvoreného kosodrevinovými porastami ako aj v nepatrnej miere zastúpeného alpínskeho stupňa, t.j. pásma lúk nad hornou hranicou kosodreviny na Babej hore.

Najpočetnejšie sú bezstavovce. Sú to stovky až tisíce druhov, o ktorých máme z tejto oblasti len nepatrné údaje. Pre vrchoviskové rašeliniská sú typické pavúky čeľade *Lycosidae* a *Pisauridae*. Z viacerých druhov týchto čeľadi sú hojné druhy rodu *Pirata* (*P. hygrophilus*, *P. piraticus*, *P. saltuaria*). Z čeľade *Araneidae* je pre oravské rašeliniská charakteristický križiak *Araneus silvicultrix*. Pozoruhodný a vzácny je na mravce viazaný (tu predovšetkým druhu *Neomyrma rubida*) pavúk *Syendra myrmecarum*, ktorý je známy z Babej hory.

Pre nedostatok vápnika v pôde je fauna mäkkýšov pomerne chudobná (vápnik je stavebná zložka ulít).

Najbohatšou živočíšnou skupinou, do ktorej patrí väčšina druhov tejto oblasti, je hmyz. Laika najviac upútajú príslušníci radov *Coleoptera* (chrobáky) a *Lepidoptera* (motýle). V horských pralesových porastoch bol zistený vzácny reliktný druh *Cornumutilla quadrivittata*. Bežným subalpínskym a alpínskym druhom žijúcim vo výkaloch dobytky a jelenej zveri je *Aphodius alpinus*. Zo zaujímavejších druhov čeľade drobcíky (*Staphylidae*) bol v Oravských Beskydoch zistený *Atrecus longiceps*. Horským druhom je *Philonthus montivagus*. Kamenisté brehy potokov

obýva ďalší vzácny druh *Philonthus caerulescens*. Pomerne početne zastúpená je aj čeľaď bystruškovité (*Carabidae*), najmä veľké druhy rodu *Carabus*. Z motýľov sú zaujímavé a pre rašeliniská hornej Oravy typické druhy rodov *Colias*, *Arichenna*, *Anarta*, *Coleophora*, *Elechista*. Horským druhom vyskytujúcim sa na Babej hore je *Stigmella septembrella*, ktorej húsenice žijú na ľubovníku bodkovanom.

Z rýb sa ojedinele vyskytuje v nižších polohách pstruh potočný (*Salmo trutta*) a hlaváč obyčajný (*Cottus gobio*).

Z obojživelníkov je najpočetnejším skokan hnedý (*Rana temporaria*), ktorého nájdeme od údolia Polhoranky až po vrcholy Babej hory a Pilska. Z chvostnatých obojživelníkov sa v oblasti vyskytujú mlok vrchovský (*Triturus alpestris*) a mlok karpatský (*Triturus montandoni*). Dnes je už vzácna obyvateľka listnatých a zmiešaných lesov salamandra škvrnitá (*Salamandra salamandra*).

Z triedy plazy (*Reptilia*) sú v tejto oblasti známe 2 druhy hadov: široko rozšírená vretenica obyčajná (*Vipera berus*) a hlavne na vodné toky a ich okolie viazaná užovka obyčajná (*Natrix natrix*). Z radu jaštery (*Sauria*) sa na hornej Orave vyskytujú 3 druhy: slepúch lámavý (*Anguis fragilis*), jašterica obyčajná (*Lacerta agilis*) a jašterica živorodá (*Lacerta vivipara*).

Druhovo najbohatšia zo všetkých stavovcov tejto oblasti je trieda vtáky (*Aves*). Zo slovenskej časti Babej hory a jej okolia je známych 64 druhov. Charakteristickým druhom alpínskych a subalpínskych lúk je ľabtuška vrchovská (*Anthus spinoletta*). Novým obyvateľom kosodreviny Babej hory je stehlík čečetavý (*Carduelis flammea*). Od vrbových porastov pri vodách až po kosodrevinu Babej hory je

rozšírená vrchárka modrá (*Prunella modularis*). Jej príbuzná vrchárka červenkastá (*Prunella collaris*) na našu stranu Babej hory zalieta z hniezdisk v Poľsku. Ďalším obyvateľom subalpínskeho stupňa je dnes už vzácny tetrov obyčajný (*Tetrao tetrix*). Menšia časť populácie žltouchvosta domového (*Phoenicurus ochruros*) obýva skalnaté miesta v subalpínskom a alpínskom stupni, väčšia časť sa stala spoluobyvateľom ľudských obydľí. V pralesových smrečinách nájdeme vzácného



Obrázok č.15 Hýľ obyčajný (*Pyrrhula pyrrhula*)

ďatľa- dŕbníka trojprstého (*Picoides tridactylus*). Na tých istých miestach sa vyskytujú malé sovičky sibírskeho pôvodu - kvičok vrbčí (*Glaucidium passerinum*), ktorý je najmenšou európskou sovou dosahujúcou veľkosť škorca, a pôtik kapcavý (*Aegolius funereus*). V posledných rokoch sa kvôli zmenám v lesnom hospodárstve stal zriedkavým tetrov hlucháň (*Tetrao urogallus*). Relatívne najčastejšie sa vyskytuje v zachovalých porastoch hornej hranice lesa. K význačným obyvateľom lesov patrí tesár čierny (*Dryocopos martius*), žlna sivá (*Picus canus*), drozd kolohrivý (*Turdus torquatus*), drozd trskotavý (*Turdus viscivorus*), hýľ obyčajný (*Pyrrhula pyrrhula*), stehlík čížavý (*Carduelis spinus*), krivonos obyčajný (*Loxia curvirostra*). Po dlhšom období sa v Oravských Beskydách znova usadil krkavec čierny (*Corvus corax*), ktorý sa dnes stáva škodcom pre kurovité vtáky a iných živočíchov. Vyrubovaním zmiešaných bukovo-smrekovo-jedľových porastov sa stal vzácnym muchárik malý (*Ficedula parva*), kolibiarik sykavý (*Phylloscopus sibilatrix*) a brhlík obyčajný (*Sitta europaea*).

Z dravých vtákov môžeme najčastejšie pozorovať myšiaka hôrneho (*Buteo buteo*) a orla kriľavého (*Aquila pomarina*). Z literatúry sú údaje o výskyte supa tmavohnedého (*Aegypius monachus*), ktorý sa tu zatúlal z pohorí Balkánu. V poslednom období sa začína objavovať aj orol skalný (*Aquila chrysaetos*). Obyvateľmi vôd sú trasochvost horský (*Motacilla cinerea*).

Na vzácne horské druhy je bohatá fauna cicavcov ako najdokonalejších živočíchov. V hlbokých lesoch Babej hory žije medveď hnedý (*Ursus arctos*), vlk obyčajný (*Canis lupus*), rys ostrovid (*Lynx lynx*). Vďaka prenasledovaniu poľovníkov (kvôli údajne liečivému tuku) sa jazvec obyčajný (*Meles meles*) stal vzácnym. Pravidelným obyvateľom lesov je kuna hôrna (*Martes martes*). Na väčšine územia nájdeme lasicu obyčajnú (*Mustela nivalis*) a lasicu hranostaj (*Mustela erminea*). Faunu kopytníkov predstavuje predovšetkým jeleň obyčajný (*Cervus elaphus*). Na okrajoch lesov sa zdržiava srnec hôrny (*Capreolus capreolus*). V posledných rokoch sa začali pravidelnejšie objavovať jednotlivé exempláre losa mokrad'ového (*Alces alces*).

Z hlodavcov je zaujímavý hrabáč tatranský (*Pitymys tatricus*), ktorý sa vyskytuje len v slovenských a poľských horách. Mokrade a vysokohorské lúky obýva hraboš močiarny (*Microtus agrestis*). Veľmi vzácnym horským druhom je myšovka vrchovská (*Sicista betulina*) s charakteristickým tmavým pásom na chrbtovej časti tela. Obýva predovšetkým horské smrečiny a kosodrevinu. Podobný tmavý pás má aj ryšavka tmavopása (*Apodemus agrarius*), ktorú však nájdeme v nižších polohách, v krovinách a na okrajoch lesov. Z hmyzožravcov je najvzácnejší



Obrázok č.16 Myšovka vrchovská (*Sicista betulina*)

obyvateľ horských lesov piskor vrchovský (*Sorex alpinus*). Na Babej hore však žije náš najmenší hmyzožravec - piskor malý (*Sorex minutus*). Pri vodách nájdeme "vodnú myš" - dulovnicu väčšiu (*Neomys fodiens*). Oblasť obýva aj niekoľko druhov netopierov, z ktorých treba spomenúť netopiera riasnatého (*Myotis nattereri*), netopiera fúzatého (*Myotis mystacinus*), ucháča svetlého (*Plecotus auritus*) a večernicu severskú (*Eptesicus nilssoni*).



Nová generácia - základ trvalosti horského lesa

4. BIOLOGICKÁ DIVERZITA A JEJ ZISŤOVANIE

4.1. DEFINÍCIA BIODIVERZITY

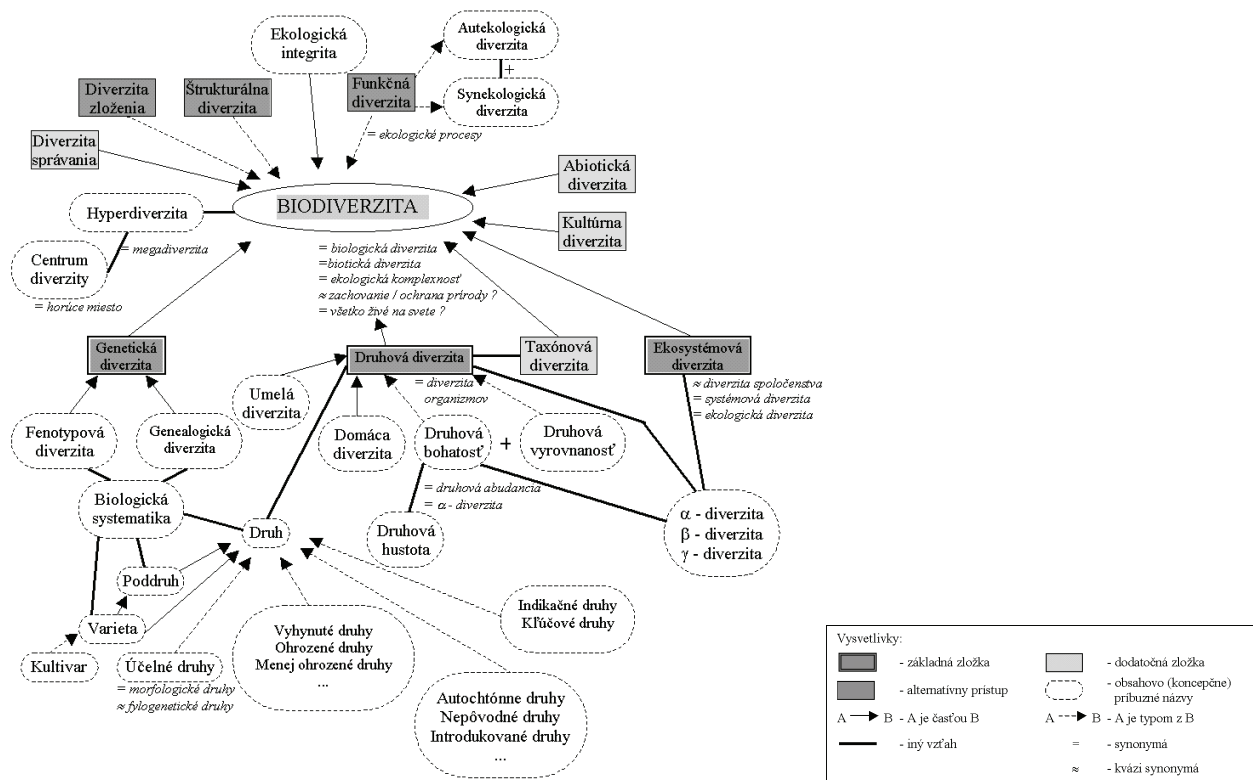
Termíny biologická diverzita, resp. biodiverzita, sa objavili vo vedeckej literatúre len nedávno a dnes patria k najfrekventovanejším pojmom našej planéty. Pojem biologická diverzita sa prvýkrát objavil v názvoch v roku 1972. Skrátenejší termín biodiverzita bol prvýkrát použitý o niekoľko rokov neskôr v 1985 v súvislosti s prípravou prvého národného fóra o biodiverzite. Aký vzťah je medzi týmito pojmami? Ide o synonymá? Touto otázkou sa zaoberal KAENNEL (1998), ktorý hodnotil a porovnával chápanie týchto pojmov viacerými autormi. Z jeho analýzy vyplynulo, že v literatúre neexistuje žiadny odkaz na možné rozlíšenie zmyslov týchto dvoch termínov a viacero autorov ich explicitne považuje za synonymá či kvázi synonymá alebo ako skrátenu resp. rozšírenú formu toho istého termínu (GASTON 1996, SOLBRIG 1994, HEYWOOD & BASTE 1995). Iní autori používajú toto synonymum pri citovaní definície biologickej diverzity prijatej na konferencii OSN ako definíciu biodiverzity (WILSON 1988,95). Jednou z príčin zámieny týchto pojmov je, že biologická diverzita mala a do určitého rozsahu stále má vedeckejšiu príchuť ako už populárna biodiverzita. Práve popularita tohto pojmu, ako to vyplýva z prieskumu, ktorý vykonal KAENNEL (1998), vytláča pojem biologická diverzita a v poslednom období je frekvencia pojmu biodiverzita 3 až 5 násobne vyššia.

Čo sa vlastne pod pojmom biologická diverzita rozumie? V samotnom Dohovore o biologickej diverzite (článok 2) je termín biologická diverzita definovaný ako „rôznorodosť“ všetkých živých organizmov vrátane ich suchozemských, morských a ostatných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou. Termín biologická diverzita v zmysle Dohovoru teda označuje nielen rôznorodosť v rámci druhov a medzi druhmi, ale aj rozmanitosť (diverzitu) ekosystémov (SIBL *et al.* 1996). Trilógia štandardných zložiek zakomponovaná do tejto definície, teda diverzita na genetickej, druhovej a ekosystémovej úrovni, sa stala vžitou definíciou biodiverzity. Napriek tomu, že existuje jednotná definícia biodiverzity, je pojem biodiverzita často od autora k autorovi vysvetľovaný inak. Z tohto pohľadu sa javí ako zaujímavá SOLBRIG-ova (1994) definícia biodiverzity, ktorá hovorí, že biodiverzita je vlastnosť živých organizmov byť odlišný, t.j. rozdielny, biodiverzita preto nie je jednotka, zdroj, ale vlastnosť, charakteristika prírody. Komplexnejší pohľad na chápanie pojmu biodiverzita rôznymi autormi spracovaný KAENNEL-om (1998) uvádzame na obrázku 1.

Možno teda konštatovať, že napriek tomu, že existuje zaužívaná jednotná definícia biodiverzity, je používanie pojmu biodiverzita v odbornej literatúre stále značne závislé od individuálneho prístupu každého autora.

Potreba zaoberať sa biodiverzitou a jej ochranou v globálnom merítku vyplynula z poznania, že tradičné prístupy k ochrane biodiverzity, ktoré boli založené na izolovanej ochrane vybraných území a druhov (reflektované v dovtedy prijatých medzinárodných dohovoroch), nie sú dostatočne efektívne. Preto koncom 80-tych rokov medzinárodné spoločenstvo vychádzajúc z existujúcich dohovorov začalo rokovať o globálnej zmluve, ktorá by zastrešila nielen ochranu biodiverzity, ale súčasne aj problematiku prístupu ku genetickým zdrojom, trvalo udržateľné využívanie biodiverzity, biotechnológie, vytváranie partnerských vzťahov medzi krajinami a rovnoprávne rozdeľovanie prínosov z využívania biodiverzity. Hlavný impulz na prípravu medzinárodného dokumentu o problematike biodiverzity vyšiel zo Svetovej únie ochrany prírody (UCN). UCN pripravila štúdiu zameranú na ochranu biologickej diverzity in-situ, pojednávajúcu zároveň o právach krajín, ktoré poskytujú biologické zdroje. Tieto by mali mať zabezpečený rovnocenný podiel na prínosoch, ktoré sú získavané z ich využívania. Štúdia bola predložená na posúdenie Riadiacej rade Programu OSN pre životné prostredie (UNEP – United Nations Environment Program), ktorá na jej základe na zasadnutí v roku 1987 oficiálne uznala potrebu medzinárodne zavádzaného dohovoru a prevzala zodpovednosť za jeho prípravu. Rada ustanovila pracovnú skupinu expertov pre biodiverzitu, ktorá sa zišla po prvýkrát v roku 1988. Jej nástupcom v procese prípravy Dohovoru o biologickej diverzite sa v roku 1991 stal osobitný Medzinárodný výbor. Proces prípravných rokovaní bol ukončený 22. mája 1992 na osobitnej konferencii v Nairobi (Biodiversity Convention on Biological Diversity). Dohovor bol otvorený k podpisu na Konferencii

OSN pre životné prostredie a rozvoj (UNCED 1992 – United Nations Conference on Environment and Development), ktorá sa konala v Rio de Janeiro v júni 1992 a už počas konferencie ho podpísalo 156 krajín a Európska únia. Vláda Slovenskej republiky, uvedomujúc si význam zachovania biologickej diverzity, súhlasila s prístupom k Dohovoru v máji 1993. Dňa 23. augusta 1994 prezident Slovenskej republiky so súhlasom NR SR z 18. augusta 1994 Dohovor ratifikoval. Ratifikačné listiny boli uložené v New Yorku, v sídle OSN 25. augusta 1994. O 90 dní, 23. novembra 1994, sa Slovensko stalo zmluvnou stranou Dohovoru. V septembri 1994 bol na Ministerstve životného prostredia Slovenskej republiky zriadený Národný sekretariát Dohovoru o biologickej diverzite ako hlavný organizačný a koordinačný útvar s priamym napojením na všetky inštitúty využívajúce zložky biologickej diverzity pre vedecké, hospodárske a konvenčné ciele a s prepojením na medzinárodnú sieť kontaktných štruktúr zodpovedných za implementáciu Dohovoru na národných a medzinárodných úrovniach. Z nevyhnutnosti zabezpečenia nezávislého a odborného prierezového dohľadu bola ustanovená Slovenská komisia Dohovoru o biologickej diverzite ako prierezový orgán pre odbornú koordináciu a garanciu implementácie v Slovenskej republike. Komisiu zriadil minister životného prostredia 24. novembra 1995 a jej štatút prerokovala vláda SR 25. júna 1996. Táto komisia so širokým odborným tímom spracovala na základe komplexných odborných štúdií o stave biodiverzity na Slovensku „Národnú stratégiu ochrany biodiverzity na Slovensku“ ako odpoveď na ustanovenia článku 6 Dohovoru. Stratégiu schválila vláda SR 1. 4. 1997. Týmto sa stala stratégia principiálnym programovým dokumentom pre implementáciu Dohovoru o biologickej diverzite na území Slovenska a v stanovených časových horizontoch sa rozpracúva a realizuje podľa vládou SR schválených Akčných plánov (STRAKA & GUZIOVÁ 1998).



Obrázok č. 17 Chápanie pojmu biodiverzita. (zostavené na základe prieskumu 125 anglických prameňov (KAENNEL 1998)).

4.2. ÚROVNE MERANIA BIODIVERZITY

Biodiverzitu môžeme merať na rôznych úrovniach v závislosti od rôznych faktorov, napr. času, zdrojov, výslednej výpovednej potreby, odborných znalostí atď.

DUDLEY & JEANRENAUD (1998) rozlišujú päť úrovní merania biodiverzity:

- a) **Národná úroveň** - prieskum na monitorovanie takých zložiek ako je dodržiavanie medzinárodných dohôd, na poskytnutie údajov pre globálne potreby atď. Vychádza z veľmi všeobecných údajov, ktoré sú získané často vo forme dotazníkov zostavených medzinárodnými agentúrami, štúdií na národnej úrovni a podobne.
 - o Metódy zahŕňajú:
 - * rozdelenie lesov do širokých všeobecných tried, napr. prírodný les, pôvodný les, plantáž (umelo založený les);
 - * použitie červených kníh ohrozených druhov;
 - * použitie vekových tried na zistenie starých lesov.
- b) **Krajinná úroveň** - východiskový prieskum na lokalizáciu území vhodných pre ďalšie podrobnejšie prieskumy a výskum. Používa jednoduché metódy z hľadiska ich aplikácie (rýchly prieskum veľkého územia za krátky čas) alebo špecializované metódy jako napr. interpretácia satelitných snímok.
 - o Metódy zahŕňajú:
 - * interpretáciu satelitných snímok na identifikáciu rozsiahlych pôvodných starých lesov;
 - * videozáznam a letecký prieskum lesného pokryvu s možnosťou ich využitia pre simulované zobrazenie na počítači;
 - * pozemné prieskumy štruktúry zápoja z vyvýšených miest na zistenie starých rastových charakteristík v lese alebo určitých indikačných druhov drevín.
- c) **Štruktúrny prieskum** - pozemný prieskum štruktúry lesov na identifikáciu jeho autenticity
 - o Metódy zahŕňajú:
 - * zistenie geologického podkladu a pôdneho typu;
 - * prieskum štruktúry lesa (zmiešanie, veková štruktúra atď.);
 - * prítomnosť odumretého lesa.
- d) **Prieskum indikátorov** - prieskum využíva špecializované indikačné druhy na identifikovanie vzácných habitátov a mikrohabitátov ako aj spojitosti medzi nimi. Indikačné druhy sa musia vyberať veľmi starostlivo, aby zachytili čo najväčší podiel biodiverzity. Napríklad niektoré lišajníky a huby môžu dobre indikovať vek a podmienky v lesných porastoch, cievne rastliny ich pôvodnosť, niektoré vtáky indikujú staré lesy atď. Na druhej strane si musíme uvedomiť, že táto metóda určovania biodiverzity je len indikačná a nie je to jej komplexný prieskum.
- e) **Genetický prieskum** - detailný prieskum genetickej variability v rámci porastu na zistenie lokálnych variet, proveniencií atď.
 - o Metódy zahŕňajú:
 - * historické detailné štúdie genetickej variability druhu;
 - * historické štúdie na zistenie roku zakladania porastov, ich obhospodarovania a zdrojov zmeny;
 - * vizuálne zisťovanie lokálnej variability druhov.

Lesy Slovenskej republiky zaberajú približne 40% územia a sú najdôležitejším zdrojom biodiverzity na našom území. Preto z hľadiska merania biodiverzity prichádzajú do úvahy všetky jej úrovne. K tomu je potrebné použiť adekvátne metódy, z ktorých niektoré popíšeme v nasledujúcich statiach.

4.3. VÝSKUM A SÚČASNÝ STAV HODNOTENIA BIODIVERZITY NA SLOVENSKU

Implementácia strategických cieľov schválených v „Národnej stratégii ochrany biodiverzity na Slovensku“ nedala na seba dlho čakať a v roku 1996 bol vytvorený vedecko-technický projekt „Zachovanie biodiverzity vybraných lesných spoločenstiev a ich integrovaná ochrana“, ktorého riešiteľským garantom bol Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene. Projekt bol rozčlenený do niekoľkých čiastkových úloh, v rámci ktorých sa riešila aj problematika hodnotenia stavu

biodiverzity lesných spoločenstiev (JANKOVIČ *et al.* 1999). Predmetom riešenia tohto čiastkového projektu bolo hodnotenie genetickej (vnútrodruhovej) diverzity drevín Smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) a Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a hodnotenie druhovej (taxonomickej) diverzity vyšších rastlín v lesných spoločenstvách s dôrazom na dreviny. Práca na tomto projekte priniesla viaceré nové poznatky (JANKOVIČ 2000, IŠTOŇA 2000, MINĎÁŠ *et al.* 2000) ako aj v podmienkach Slovenska prvý návrh metodiky na monitorovanie druhovej diverzity vegetácie v lese. Navrhovaná metodika je založená na výberovom spôsobe zisťovania potrebných vstupných parametrov. Keďže hlavnou zložkou lesných ekosystémov sú stromy a väčšina meraných biometrických parametrov potrebných na vyjadrenie ich biodiverzity je totožná s parametrami zisťovanými pri inventarizácii lesa, metodika odporúča používať výberové postupy navrhované pracovníkmi Katedry HÚLaG LF TU Zvolen (ŠMELKO 1998).

Indexy diverzity predstavujú presne definované a teda objektivizované parametre, ktoré umožňujú exaktne popísať nájdenú a pozorovanú diverzitu. Pri periodických zisťovaniach umožňuje spolu so súpisom zaznamenaných druhov efektívne sledovať a vyhodnocovať zmeny, ktoré nastali v sledovanom území. Možno ich využiť v riadiacom a rozhodovacom procese v lesnom hospodárstve, napr. na kontrolu výsledkov hospodárskych opatrení alebo jednoducho na zachytenie informácií pre vyhodnotenie budúcich zmien v biodiverzite. V neposlednom rade je kvantifikácia biodiverzity zároveň základnou vstupnou informáciou pre ekologické analýzy vzťahov biodiverzita - produktivita, biodiverzita - stabilita, biodiverzita - populačná genetika, atď., ktoré si vyžadujú spoluprácu špecialistov z rôznych vedných odborov.

Napriek výsledkom riešenia spomínaného VTP však možno povedať, že metódy komplexného monitorovania biodiverzity lesných ekosystémov sú na Slovensku ešte stále len v počiatočnom štádiu. Jednotlivé indexy vyjadrujú iba časť druhovej diverzity a preto sa na Technickej univerzite vo Zvolene, Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie, pokúsili vyvinúť metódu, ktorou by sa druhová diverzita stromovej vrstvy hodnotila a kvantifikovala komplexne. Problematika sa riešila v rámci grantového projektu VEGA SR 1/7053/20 "Integrovaná sústava výberových metód na permanentné sledovanie stavu lesných ekosystémov" a projektu ITM EU 1902 „Implementing Tree Growth Models as Forest Management Tools“ a v súčasnosti sa pripravujú modelové riešenia, ktoré budú zamerané na diverzitu lesného porastu a bude ich možné využívať s novou generáciou rastových modelov, ako napr. SILVA 2.2 (PRETZSCH 2001), BWIN-PRO (NAGEL 1996), MOSES (HASENAUER 2000) alebo PROGNAUS (STERBA *et al.* 1995).

Jedným z výsledkov doterajšieho výskumu na TU Zvolen je návrh metódy založenej na kvantitatívnych základoch. Jedná sa o konštrukciu modelu BIODIVERSS (MERCANIČ 2001), ktorý slúži na určovanie druhovej diverzity stromovej vrstvy na základe piatich indexov diverzity ($R1$, $R2$, λ , H' a EI). Pomocou spomínaného modelu môžeme hodnotený lesný porast alebo určité územie zatriediť do jedného zo štyroch stupňov druhovej diverzity:

1 - malý	malý počet vyskytujúcich sa druhov (1-2) alebo stredne veľký počet druhov (3-4) s veľmi nízkou vyrovnanosťou v zastúpení a nerovnomerným horizontálnym rozmiestnením po ploche porastu;
2 - stredný	prechod medzi 1 a 4;
3 - veľký	
4 - veľmi veľký	veľký počet vyskytujúcich sa druhov (viac ako 4) s vysokou vyrovnanosťou v zastúpení medzi nimi a rovnomerným horizontálnym rozmiestnením po ploche lesného porastu.

Pravdepodobnosť správnej klasifikácie stupňa druhovej diverzity pomocou modelu BIODIVERSS je pomerne vysoká. Už pri intenzite výberu cca 5% dosiahne približne 90% úspešnosť.

Tento model možno však s výhodou použiť aj pri regionálnych a veľkoplošných inventarizáciách, ak predpokladáme, že stupeň druhovej diverzity určený na skusnej ploche reprezentuje určitú časť hodnoteného územia. Ďalšie zhodnotenie už podlieha bežným matematicko-štatistickým postupom.

Samotná kvantifikácia stupňa druhovej diverzity je pomerne jednoduchá, postačí mať k dispozícii vreckovú kalkulačku a jednoduchú dendrometrickú pomôcku na odmeranie kruhovej základne zaujatých stromov na skusnej ploche. Zavedenie tohto modelu do praxe prostredníctvom Lesoprojektu, napr. v rámci špeciálnych prieskumov, by teda nemal byť problém. Ďalšou možnosťou jeho aplikácie je zhodnotenie biologickej diverzity (v súčasnosti len stromovej vrstvy) na celoslovenskej úrovni pre potreby implementácie Dohovoru o biologickej diverzite, napr. na údajoch z celoštátneho monitoringu, ktorý Lesoprojekt realizoval v sieti 4 x 4 km. Navyše je aj výsledok hodnotenia (malý, stredný, veľký resp. veľmi veľký stupeň druhovej diverzity) jednoducho pochopiteľný a ľahko interpretovateľný aj pre človeka, ktorý je do tejto problematiky menej zainteresovaný.



4.4. HODNOTENIE BIOLOGICKEJ DIVERZITY

4.4.1. HODNOTENIE DRUHOVEJ DIVERZITY LESNÝCH PORASTOV

Ako vyplýva z definície biodiverzity, jednou z jej dôležitých zložiek je druhová diverzita. Hodnotenie druhovej diverzity v lesnom ekosystéme sa v prevažnej miere zameriava na vyššie rastliny. Existuje veľké množstvo spôsobov, ktorými je možné druhovú diverzitu hodnotiť, ale v podstate je každý z nich založený minimálne na jednom z troch nasledujúcich znakov (BRUCIAMACCHIE 1996):

- * druhovej bohatosti ako na najstaršom a najjednoduchšom poňatí druhovej diverzity vyjadrenej iba na základe počtu druhov;
- * druhovej vyrovnanosti ako miere rovnomernosti zastúpenia jednotlivých druhov v spoločenstve a
- * druhovej heterogenite ako charakteristike zahŕňajúcej v sebe druhovú bohatosť a vyrovnanosť v jednom.

Hodnotenie druhovej diverzity bolo už predmetom niekoľkých vedeckých prác aj na Slovensku, preto sa obmedzíme len na túto stručnú charakteristiku.

4.4.2. ŠTRUKTURÁLNA DIVERZITA A METÓDY JEJ HODNOTENIA

Ďalšou zložkou biodiverzity je popri druhovej diverzite štrukturálna diverzita porastov, ktorá sa skladá z biotických a abiotických prvkov a môže sa tiež charakterizovať ako ekomorfológická alebo priestorovo-ekologická diverzita (LEXER *et al.* 2000). Pre správnu kvantifikáciu štrukturálnej diverzity je v prvom rade nutné vysvetliť niektoré základné pojmy.

Pojem štruktúra vyjadruje vo všeobecnosti špecifické usporiadanie prvkov systému (von GADOW 1999), ich umiestnenie v danom systéme a vzájomné prepojenie (HEUPLER 1982 in LÜBBERS 1999). V náväznosti na túto definíciu sa štruktúra lesa definuje ako priestorové rozmiestnenie biomasy, čiže stromov a ich vlastností (hrúbka, výška a pod.) (ZENNER 1999, von GADOW 1999, GLEICHMAR & GEROLD 1998).

Štruktúru lesa môžeme vnímať na viacerých hierarchických úrovniach (KINT *et al.* 2000). Na úrovni krajiny je definovaná ako rozrôznenie porastových typov (O'HARA 1998) a stupeň fragmentácie biotopov (ANDRÉN 1994). Pre výskum biodiverzity sa však za dôležitejšiu považuje porastová úroveň (KUULUVAINEN *et al.* 1996), pretože plošné a vertikálne rozmiestnenie stromov v poraste definuje trojdimenzionálny priestor biotopu vtákov, hmyzu, cicavcov, epifytov, nedrevnej vegetácie a pôdnych mikroorganizmov (RATCLIFFE *et al.* 1986, KUULUVAINEN *et al.* 1996). Porastová štruktúra človekom nenarušených lesných ekosystémov v sebe navyše nesie informácie o dynamike vývoja pralesov (HOFGAARD 1993). V hospodárskych lesoch je však táto veličina nemenej významná, pretože napomáha zhodnotiť ich súčasný stav, ich tzv. blízkosť k prírode a v konečnom dôsledku aj ich ekologickú stabilitu (PRETZSCH 1995, 1998, ZENNER 1999).

Štruktúra lesa sa popisuje rôznymi štruktúrnymi prvkami, ako je priestorové rozdelenie, hustota, diferencovanie, zmiešanie (ZENNER 1999). Pri správnom hodnotení štruktúry porastov je však potrebné ju vnímať komplexne ako charakteristiku zloženú z:

- * horizontálnej štruktúry, t.j. plošného, dvojdimenzionálneho, rozmiestnenia stromov po ploche porastu
- * a vertikálnej štruktúry vyjadrenej rozrôznením porastu vo vertikálnom smere (JAEHNE & DOHRENBUSCH 1997).

LÜBBERS (1999) k týmto dvom zložkám pridáva ešte aj tzv. mikroštruktúry, pod ktorými rozumie napr. množstvo moderového dreva v poraste, formy stromov a pod.

Von GADOW & HUI (1999) definujú štruktúru ako súbor nasledovných charakteristík:

- * pozícia, t.j. plošné rozmiestnenie stromov po ploche porastu.
- * zmiešanie, t.j. vzájomná pozícia druhov drevín v poraste.

- * diferenciácia, t.j. relatívne veľkostné zmeny medzi susediacimi stromami v horizontálnom a vertikálnom smere.

Oba náhľady sú v podstate identické, pretože pozícia a zmiešanie tvoria horizontálnu štruktúru porastu, kým diferenciácia vyjadruje ako horizontálnu tak aj vertikálnu štruktúru.

Pre popis a kvantifikáciu horeuvedených zložiek štruktúrálnej diverzity je možné použiť viacero metód. Najstarší a v praxi najčastejšie využívaný spôsob je slovný kvalitatívny popis zmiešania, hustoty atď. porastu. Druhou možnosťou sú rôzne grafické metódy, medzi ktoré patria grafy rozdelenia hrúbkových, resp. výškových početností, plány rozmiestnenia stromov atď., Tieto dve skupiny metód sú síce pomerne jednoduché, ale zvyčajne nie sú schopné úplne do jemných detailov popísať rozdiely v štruktúre skúmaných porastov. Z toho dôvodu sa navrhlo veľké množstvo kvantitatívnych metód. Čiastočné prehľady týchto metód uvádzajú PIELOU (1977), FÜLDNER (1995), GLEICHMAR & GEROLD (1998), KINT (1999), LÜBBERS (1999) a von GADOW & HUI (1999).

KINT *et al.* (2000) rozdeľuje poslednú kategóriu kvantifikačných metód do nasledovných troch kategórií:

a) **nepriestorové indexy.** V literatúre je ich uvedených veľmi veľa. Ide o indexy, ktoré popisujú štruktúru porastu bez ohľadu na vzájomnú pozíciu medzi jednotlivými stromami. Z hľadiska ekologickej interpretácie sa môžu javiť ako veľmi vhodné, pretože porast charakterizujú jedným číslom, avšak nehovoria nič o premenlivosti, ktorá existuje vo vnútri porastu. ALBERT *et al.* (1995), JIMENEZ *et al.* (1998) ich preto považujú z hľadiska podrobnej kvantifikácie štruktúrálnej diverzity za nedostatočné.

b) **priestorové indexy.** Patria k najrozšírenejším používaným postupom, pretože popis štruktúrálnej diverzity vychádza z poznania polohy jednotlivých stromov. Zároveň môžu poskytnúť aj informácie týkajúce sa vývoja štruktúry hodnoteného spoločenstva. Táto skupina indexov sa môže ďalej deliť na:

- * indexy popisujúce horizontálne rozmiestnenie jedincov po ploche porastu. Tieto indexy môžu byť buď odvodené zo sumárnych údajov o skusnej ploche, ako napr. indexy navrhnuté autormi COX (1971), ŠMELKO (1979), GLEICHMAR & GEROLD (1998), von GADOW *et al.* (1998), alebo na báze rozostupu medzi susediacimi jedincami (CLARK & EVANS 1954, SMALTSCHINSKI 1981, HOPKINS 1954, THOMPSON 1956, PIELOU 1959, PRODAN 1973, EBERHARDT 1968 in GLEICHMAR & GEROLD (1998)). Pravdepodobne najznámejším indexom z tejto skupiny je CLARK & EVANS index (CLARK & EVANS 1954), ktorý sú založené na porovnaní skutočnej vzdialenosti susediacich stromov k ich očakávanej vzdialenosti v tzv. Poissonovom lese, t.j. lese, v ktorom sú stromy rozložené po ploche porastu náhodne (TOMPPU 1986).

- * indexy pre kvantifikáciu vertikálnej štruktúry porastu, medzi ktoré patria miery uvedené v prácach MACARTHUR & MACARTHUR (1961), MURDOCH *et al.* (1972), KUULUVAINEN *et al.* (1996). Tieto indexy vychádzajú z podielu listovej plochy resp. podielu stromov v jednotlivých predom definovaných horizontálnych vrstvách.

- * indexy hodnotiace zmiešanie, resp. presnejšie povedané premiešanie druhov v poraste a to na základe hodnotenia druhového zloženia mikroskupiny n susediacich stromov. Medzi tieto indexy radíme napr. segregáčny PIELOU (1977) index zohľadňujúci jedného najbližšieho suseda, a DM index navrhnutý von GADOWOM (1993) a upravený FÜLDNEROM (1995), ktorý berie do úvahy troch najbližších susedov cieľového stromu.

- * indexy horizontálnej a vertikálnej diferenciácie porastu vychádzajúce z porovnania hrúbok, resp. výšok susediacich stromov. Takýto index vytvoril napr. von GADOW (1993).

- * komplexné indexy zahrňajúce dve a viac zložiek štruktúrálnej diverzity. Medzi tieto indexy môžeme zaradiť indexy autorov: PRETZSCH (1996, 1998), JAEHNE & DOHRENBUSCH (1997), ZENNER (1999), LÄHDE *et al.* (1999).

c) **priestorové štatistické metódy.** Rôzne techniky priestorových štatistík môžu vhodne napomôcť k popisu diverzity porastu. Teoretické pozadia a aplikácie je možné nájsť v prácach od BIONDI

et al. (1994), KUULUVAINEN *et al.* (1996), GOOVAERTS (1997), MATEU & RIBEIRO (1998) a KINT (1999).

Pri kvantifikácii štrukturálnej diverzity pomocou horeuvedených metód si je však potrebné uviesť, že získané hodnoty indexov diverzity nám opisujú len diverzitu porastu k určitému časovému okamžiku, pretože štruktúra porastu nie je statická, ale dynamická, neustále sa meniaci veličina lesného ekosystému (LÜBBERS 1999, LEXER *et al.* 2000). Jej zmena v čase odráža vplyvy rôznych interných a externých faktorov, z ktorých môžeme spomenúť druhové vlastnosti drevín, ich vzájomný vzťah a konkurenciu, stanovištné podmienky, abiotické a biotické činitele ako aj priame a nepriame antropogénne vplyvy (FÜLDNER 1994).

4.5. ZDROJE VPLÝVAJÚCE NA DIVERZITU HORSKÝCH LESOV

Horský les je veľmi komplikovaný systém, ktorého existencia a nerušený vývoj ovplyvňuje veľmi veľa abiotických a biotických činiteľov. Nachádza sa v prevažne extrémnych podmienkach, kde jeho vnútorné cykly koordinuje množstvo limitujúcich faktorov.

Obnova hlavných drevín v horských lesoch a lesoch v pásme kosodreviny hrá veľký význam najmä z dôvodu trvalej udržateľnosti týchto lesov teda aj ich diverzity. Vieme, že tento ekosystém má vysokú celospoločenskú hodnotu a tiež vieme, že je vystavený intenzívnemu pôsobeniu škodlivých činiteľov. Zmena klímy a antropogénna depozícia tu vykazujú vyšší synergický efekt s následným pôsobením biotických škodlivých činiteľov ako je tomu v lesoch ležiacich v nižších nadmorských výškach. Z týchto dôvodov hrajú regeneračné procesy – prirodzená obnova hlavných drevín v lesoch v suprápínom a subalpínskom stupni významnú rolu pre zabezpečenie ich ekologickej stability, ktorej diverzita je nespornou súčasťou. V oblasti Oravských Beskýd hlavnou, klimaxovou drevinou je smrek obyčajný (*Picea abies* L.), ktorý tu vytvára spoločenstvá *Plagiothecium-Piceetum tatricum* (SZAFFER *et al.* 1923, MATUSZKIEWICZ 1977). Tieto spoločenstvá sú viazané na kyslé podložia. Regeneračnými procesmi v prírodných a prirodzených lesoch v oblasti Západných Karpát sa zaoberali najmä: GÖMÖRY (1984), JAWORSKI & KARCZMANSKI (1989), KORPEL (1989), SANIGA & SKLENÁR (1989), HOLEKSA (1998) a iní.

Jedným z najškodlivejších antropogénnych činiteľov vplyvujúcim na regeneračné procesy horského lesa, teda na jeho trvalú udržateľnosť a diverzitu je imisná atmosferická depozícia. Naša krajina nie je imisne atakovaná len vlastnou produkciou škodlivín, ale vzhľadom na to, že sa nachádza na orograficky vyvýšenom karpatskom oblúku, je územie Slovenskej republiky vystavené aj prevládajúcim atmosferickým prúdeniam a tým aj diaľkovému prenosu škodlivín. Priaznivé podmienky pre transport polutantov na veľké vzdialenosti sú najmä počas veľkých inverzných situácií, ktorých je u nás vzhľadom na orograficky členitý povrch Slovenska dostatok. Okrem toho prevládajú v našich podmienkach severozápadné a západné vetry, ktorými sa dostáva na naše územie veľké množstvo škodlivých látok z priemyselne vyspelej západnej Európy, v prípade masívu Babej hory hlavne z ostravsko – katowického regiónu vzdialeného v priemere len cca 50 – 80 km. Hoci boli emisie v 90. rokoch prudko znížené a súčasne na celom území ČR klesala depozícia síry, poľská ekonomika sa neuberala cestou výraznejšieho redukovania masívnych zdrojov znečisťovania ovzdušia. Nie je preto možné očakávať priamo úmerné zlepšenie zdravotného stavu smrekových porastov na celom našom území. Ani prevedené razantné zníženie emisií nie je totiž pre bezproblémovú existenciu smrekových lesných ekosystémov dostatočné, hlavne vo vzťahu k tzv. kyslým dažďom – zrážkam.

Oxid siričitý (SO₂), ktorý vzniká predovšetkým spaľovaním hnedého uhlia, a oxidy dusíka (NO_x) vznikajúce hlavne vysokoteplotným spaľovaním v automobilových motoroch, sú v atmosfére a na povrchu vegetácie oxidované za vzniku kyseliny sírovej a kyseliny dusičnej. Prítomnosť týchto kyselín v zrážkovej vode znižuje pH zrážok (zvyšuje kyslosť – aciditu, t.j. rastie koncentrácia H⁺ kationov v roztoku). Po dopade na zem štartuje kyslá zrážková voda reťaz reakcií vedúcich k zakysľovaniu pôd a povrchových vôd, t.j. k stavu nazývanému acidifikácia. V predmetnom severozápadnom území Oravských Beskýd stále zohráva najdôležitejšiu úlohu v zakysľovaní ekosystémov kyselina sírová, v menšej ale stále rastúcej roli je kyselina dusičná. Z atmosféry sa na

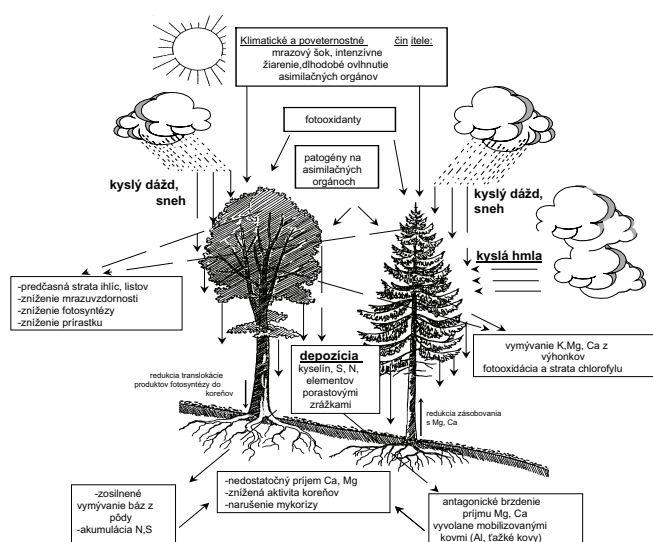
zemský povrch dostávajú dvoma mechanizmami. Prvým je vlastný kyslý dážď, správnejšie "mokrú depozícia", druhým je takzvaná "suchá depozícia". Tá sa uplatňuje v priemyselných oblastiach s vysokými koncentraciami SO₂ v ovzduší.

V horských, hlavne v supramontánných až subalpínskych polohách, zohráva dôležitú úlohu depozícia skrytá (occult), t. j. depozícia horizontálnymi zrážkami. Do lesných ekosystémov sa látky a prímese obsiahnuté v ovzduší dostávajú atmosférickou depozíciou. Lesné porasty sú príjemcami všetkých depozičných foriem. Les je však veľmi špecifickým akceptorom látok prichádzajúcich z atmosféry. Vďaka rozsiahlej povrchovej ploche nehomogénnej štruktúry a veľkej drsnosti je účinným filtrom vzdušných hmôt, dochádza tu k tzv. vyčesávaciemu efektu. Látky zachytávané porastom sú následne zmývané zrážkovou vodou, v dôsledku čoho sa výrazne mení ich kvalita v porovnaní so zrážkami na voľnej ploche. Dažďová voda sa tak obohacuje o biogénne prvky vymyté z povrchu ihličia a listov ako aj o prirodzené a imisné látky intercepčne zadržané povrchom vegetácie. Koncentrácia látok v porastových zrážkach je preto niekoľkonásobne vyššia v porovnaní so zrážkovou vodou mimo lesa.

Zhoršený zdravotný stav predovšetkým horských lesov nie je dôsledkom len negatívneho pôsobenia látok obsiahnutých v produktoch atmosférickej depozície. Obrázok 18 dokumentuje multifaktoriálnu hypotézu novodobého poškodenia horských lesov tak, ako ho predpokladá väčšina európskych výskumných centier. Kyslé zrážky a atmosférická depozícia sú teda len jednou z komplexu príčin pôsobiacich na les. Ako vidíme z predloženej schémy, tieto činitele pôsobia na les súčasne, nie je preto možné definovať jednoznačnú príčinu zhoršujúceho sa zdravotného stavu lesa, a je potrebné ich posudzovať komplexne.

Z bioklimatického hľadiska sa podľa viacerých štúdií (napr. BRANG *et al.* 1989, INNES *et al.* 1998, ĎURSKÝ 1997, DE VRIES & BAKKER 1998) na negatívnom stave lesov podieľajú hlavne:

- * trvalo vysoké koncentrácie troposférického ozónu prekračujúce kritickú úroveň,
- * vysoké depozície kyslých zlúčenín a dusíka (v menšej miere aj síry),
- * pôdne zakyslenie, straty pôdných živín vylúhovaním, živinová nerovnováha a zvýšená mobilita ťažkých kovov predovšetkým v kyslých lesných pôdach,
- * potenciálne klimatické zmeny prejavujúce sa zvýšenou dynamikou atmosférických procesov (suché periódy, prívalové dažde, borivé vetry) a postupnými zmenami bioklimatických podmienok lesných drevín.



Obrázok č. 18 Náčrt komplexného poškodzovania montánných lesných spoločenstiev (podľa viacerých prameňov ŠKVARENINA (1998))

Keďže depozícia predstavuje vstup látok do ekosystému, je potrebné poznať jej zložky vyvolávajúce pre naše pomery zväčša škodlivé zmeny. Musíme sa sústrediť na cesty, ktorými sa dostávajú do ekosystémov ako aj na stanovenie ich množstiev.

Úroveň pozadového znečistenia ovplyvňuje rozhodujúcou mierou imisnú záťaž väčšiny lesných plôch územia Slovenskej republiky. Dopad na ekosystémy sa posudzuje za pomoci sekundárnych imisných a depozičných limitov, tzv. kritických záťaží (Critical Loads). Koncepcia kritických záťaží je používaná na vývoj a uplatnenie stratégií znižovania emisií v rámci Dohody o diaľkovom znečisťovaní ovzdušia ako aj iných koncepcií fungujúcich na princípe predbežných opatrení.

Kritická záťaž je najvyššia prípustná depozícia zakysľujúcich zložiek, ktorá nespôsobuje chemické zmeny vedúce k dlhodobým škodlivým účinkom na štruktúru a funkciu ekosystémov. Hlavnou podstatou tejto koncepcie je výpočet kapacity ekosystému, ktorá je ešte schopná tlmiť atmosférický vstup (napr. kyslý vstup môže byť dlhodobo tlmený zvetrávaním minerálov pôdneho substrátu). Aktuálny kyslý vstup sa musí posudzovať podľa toho, či je spôsobený depozíciou zlúčenín síry alebo dusíka. Hodnoty kritických záťaží sú teda rátané ako kvantitatívne vyjadrenie citlivosti ekosystémov vzhľadom na depozíciu síry a dusíka. Pomer medzi sírou a dusíkom môže kolísať bez zmeny hodnoty kyslej záťaže. Okrem toho, môžu vstupy dusíka (a síry) pri zakysľovaní ovplyvniť eutrofizáciu a rovnováhu živín v ekosystéme.

Ako kritérium pre výpočet kritickej depozície pre lesné spoločenstvá sa najčastejšie používa pomer koncentrácie bázičných kationov (Ca, Mg, K) a voľného hliníka v pôdnom roztoku. Počas procesu pokročilej acidifikácie je rast rastlín spomalený vzhľadom na nízky podiel bázičných kationov nevyhnutných pre rast (zníženie nasýtenia výmenného komplexu bázami) a zvýšené koncentrácie Al (toxický pre korene rastlín), ktorý negatívne ovplyvňuje príjem živín vegetáciou (SVERDRUP & WARFVINGE 1993).

4.6. MOŽNOSTI DENDROCHRONOLOGICKEJ ANALÝZY PRI ŠTÚDIU DIVERZITY HORSKÝCH LESOV

Les ako ekologický systém plní produkčné i mimoprodukčné funkcie, ktoré možno pri cieľavedomom hospodárení trvalo reprodukovať. Zmeny ekologických podmienok v životnom a prírodnom prostredí vyvolali celý rad opatrení. Vážnym problémom v posledných desaťročiach je nielen stupňujúce sa poškodenie horských lesov v dôsledku meniacich sa ekologických podmienok, ale aj zmena rastového procesu lesných drevín v dôsledku klimatických zmien. Imisie a klimatické zmeny sa stali viacmenej trvalým faktorom, ktorý ovplyvňuje vývoj vegetácie na rozsiahlych plochách. Rastovo-produkčné analýzy v poslednom období naznačujú, že na regionálnej úrovni sa rastový proces lesných drevín v mnohých oblastiach Európy zintenzívnili a vo všeobecnosti možno konštatovať, že prírastok v našich lesoch sa zvýšil (SPIECKER *et al.* 1996, KAUPI *et al.* 1992). Predpokladá sa, že je to predovšetkým v dôsledku zvýšeného vstupu dusíka a v dôsledku klimatických zmien predĺženej dĺžky vegetačného obdobia. Na druhej strane však existujú lokality, kde predovšetkým imisná záťaž spôsobuje, že lesné ekosystémy znižujú intenzitu rastu a rozpadávajú sa (ĎURSKÝ 1993, PRETZSCH 1999). Kombináciou týchto oboch efektov môžu vzniknúť rôzne prírastkové situácie, ktoré komplikujú výskum v oblasti rastu lesa a celkovú interpretáciu súčasného rastovo-produkčného procesu.

Jednu z možností ako rastovo-produkčný proces sledovať a kvantifikovať predstavujú dendrochronologické a dendroklimatické metódy. Dendrochronológia podľa Frittsa (FRITTS 1976) je systematická veda o prírastku s cieľom určiť predošlé javy a klimatické zmeny. Dendrochronológia sa často rozdeľuje na dendroklimatológiu, ktorá sa zaoberá rekonštrukciou klimatických podmienok a na dendrochronológiu, ktorá datuje letokruhy a predošlé javy. Toto rozdelenie sa používa preto, aby sa zvýraznila podstata pozorovaní, pretože dendroklimatologické pozorovania zahŕňajú aj dendrochronologickú časť. V centre pozornosti oboch vedných disciplín sú prírastky stromov a to v podobe letokruhových. Dendrochronológiu a dendroklimatológiu využívajú viacerí špecialisti, v lesníctve najviac pestovatelia a taxátori, ktorí podľa nich určujú vek dreveniny,

hrúbkový a výškový prírastok. Ďalšie využitia sú v náuke o dreve, podstatou ktorých je štúdium fyzikálno-mechanických vlastností drevín. Dendrochronológa zaujíma veľkosť prírastku a jeho kvalita, zaoberá sa ročnými zmenami kvalitatívnych a kvantitatívnych charakteristík jednotlivých vrstiev prírastku a vplyvom vonkajších faktorov prostredia, ktoré určujú ich premenlivosť. Napríklad na základe analýzy kolísania ročného prírastku dendrochronológ súdi o podmienkach prostredia, hlavne klimatických a o ich zmenách, ktoré nastali počas rastu dreviny.



5. ZALOŽENIE A ZHODNOTENIE POKUSU S INTEGROVANÝM INFORMAČNÝM SPEKTRUM MONITOROVANIA STAVU LESA

Účelom založenia pokusu je podrobné zachytenie všetkých zložiek štrukturálnej diverzity v určitom štádiu vývoja prírodného lesa ako jednej z významných ukazovateľov stability lesa. Zároveň sa kladie dôraz na získanie empirického materiálu pre výskum vzájomných vzťahov medzi blízkymi jedincami a vplyv týchto vzťahov na rastové procesy jednotlivého stromu v citlivom ekosystéme, akým horský les bezpochyby je.

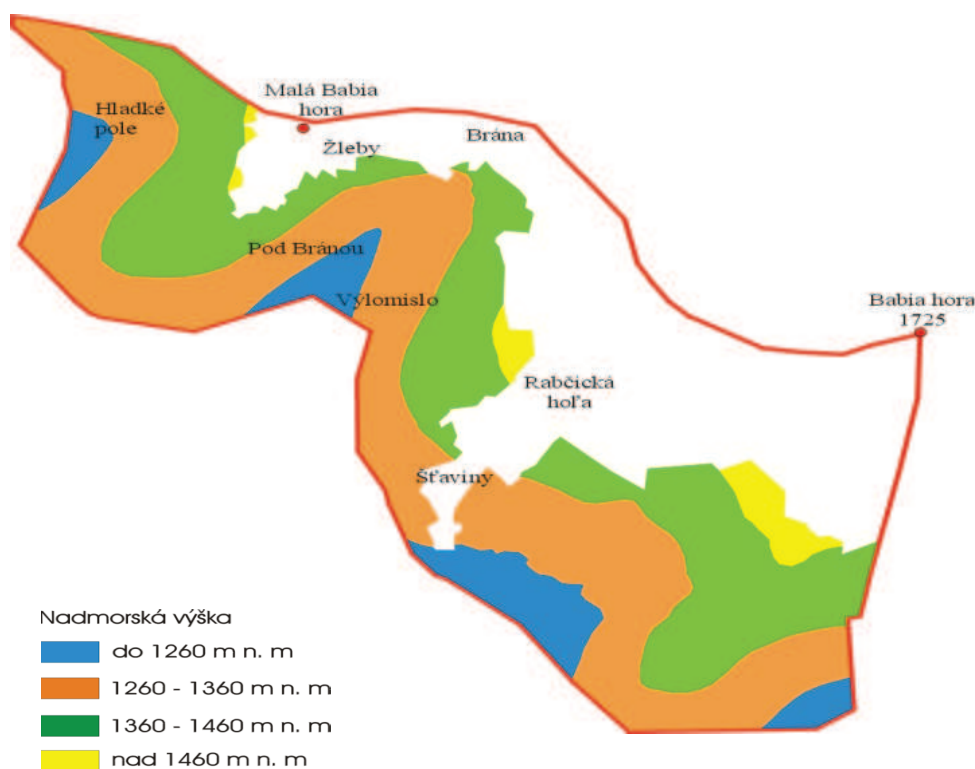
5.1. METODIKA ZAKLADANIA SKUSNÝCH PLÔCH

Objektom regionálnej inventarizácie lesa predkladaného projektu sú horské lesy Babej hory situované v nadmorskej výške od 1200 m n. m. V nadväznosti na ciele projektu je záujmová oblasť členená do štyroch výškových kategórií a to A: do 1260 m n. m, B: 1260 – 1360 m n. m, C: 1360 – 1460 m n. m a D: nad 1460 m n. m. V každej výškovej kategórii sa na základe bázy praktických znalostí urobila na mapovom materiáli stratifikácia a označenie miest reprezentujúcich jedno z troch štádií vývoja prírodného lesa a to a) štádium dorastania, b) štádium optima a c) štádium rozpadu. Jednotlivé vývojové štádiá môžeme charakterizovať nasledovne (KORPEL 1989):

- a) **štádium dorastania** alebo tzv. vzostupná etapa, pri ktorej stromy prevažne mladých generácií intenzívne uplatňujú svoje rastové schopnosti (objemový prírastok a drevná zásoba na plošnej jednotke s rôzne narastajúcou tendenciou stúpa). V tomto štádiu stromy v postavení strednej alebo spodnej vrstvy majú vysoký stupeň zápoja (veľkú clonnú plochu), vysokú vitalitu (a to aj stromy hrubších dimenzií), stromy hornej vrstvy majú nepatrnú mortalitu, počet živých stromov je priemerný a priemerná je aj drevná zásoba (priemerný objem stromov). Menšie medzery, ktoré vznikli v porastovom zápoji po vypadnutí zvyšku stromov predchádzajúceho cyklu alebo náhodným predčasným odumretím jednotlivých silných stromov nového cyklu, sa opäť rýchlo zapoja.
- b) **štádium optima**. V tomto štádiu sa porast aj napriek značnej rôznovekosti výškove vyrovná, dosahuje sa maximálna zásoba – maximum objemu stromov, výškový rast pre zníženú vitalitu skoro celkom ustrnul a bežný objemový prírastok sa silne zmenšil. Záverečné štádium sa vyznačuje malým počtom stromov na plošnej jednotke, stratou vrstevnatosti, citeľne zvýšenou mortalitou najsilnejších stromov, čiastočne rozpojeným zápojom, výrazným prevládaním stromov posledných (najväčších) hrúbkových tried. Výstavba porastu je výškove silne znivelizovaná, dostáva vzhľad tzv. halového porastu, ktorý je podobný horizontálne zapojenému rovnovekému hospodárskemu lesu.
- c) **štádium rozpadu**. V tomto štádiu zásoba stromov rapídne klesá, pretože početné hynutie mohutných stromov nestačí byť nahrádzané zväčšujúcim sa bežným prírastkom na zostávajúcich živých stromoch, ani na jedincoch nastupujúcej novej generácie, ako je to napr. v štádiu dorastania. Zásoba je rozmiestnená veľmi nepravidelne. Hlúčky až skupiny stromov sú vystriedané medzerami alebo nastupujúcou obnovou. Sporadické skupinky alebo roztratené jedince tienných drevín ešte z konca štádia optima postupne alebo náhle prechádzajú do kontinuitnej obnovy.

5.1.1. VÝBEROVÝ DIZAJN INVENTARIZÁCIE LESA

Výberový dizajn sa týka rozhodnutí o druhu jednotlivých výberových jednotiek (skusných plôch), ich rozmiestnení a počte, čo má rozhodujúci vplyv na presnosť výsledkov a organizáciu práce pri inventarizácii lesa.



Obrázok č. 19 Výšková kategorizácia horských lesov Babej hory

5.1.1.1. VÝBEROVÁ JEDNOTKA

Výberová jednotka, ktorá bola v uvedenej oblasti aplikovaná, pozostáva z kombinácie kruhovej skusnej plochy o konštantnej výmere (500 m²) a jedného špeciálneho variabilného koncentrického kruhu. Veľkosť konštantnej skusnej plochy zodpovedá výmere skusnej plochy pre inventarizáciu porastov v štádiu optima, v ktorom je počet stromov na hektár najmenší. Na tejto veľkosti skusnej plochy by sme mali zachytiť cca 20 stromov, čo zodpovedá štatistickým princípom optimalizácie výberu (ŠMELKO 1968). Skusné plochy o konštantnej výmere najlepšie vyhovujú princípu integrovaného monitoringu, pretože miery diverzity sa vzťahujú na rovnakú výberovú veľkosť. Týmto činom odpadajú rôzne problémy pri zhodnocovaní nameraných údajov (MERGANIČ 2001).

Na skusnej ploche o konštantnej výmere sa merali všetky stromy, ktoré majú hrúbku väčšiu ako 7 cm. Jedince s výškou nad 1.3m a s hrúbkou do 7cm sa popísali na špeciálnom variabilnom koncentrickom kruhu. Výmera tohto kruhu taktiež zodpovedá požiadavke optimálnej výmery a stanoví sa priamo v teréne na základe reálneho stavu hustoty zmladenia.

Po výbere vhodného miesta pre skusnú plochu sa táto stabilizovala železnou rúrkou, ktorú sme zabili ku koreňovému nábehu najbližšieho mohutnejšieho stromu takmer na úroveň terénu. Stred skusnej plochy je síce fiktívny, ale presne stanovený a to 2 metre na sever od železného kolíka (výtyčka + turistická buzola). V prípade, že sa toto nedá dodržať, zvolí sa iný vhodný smer a vzdialenosť, ktoré sa presne zaznačia do pracovného zázpisníka. Smer a vzdialenosť volíme tak, aby sme mali dobrý výhľad pre popis a hodnotenie zaujatých stromov. Po vykonaní podrobných



Obrázok č. 20 Stabilizácia skusnej plochy

meraní na skusnej ploche je potrebné zamerať polohu skusnej plochy a zachytiť ju k niektorej z jednotiek lesníckeho detailu (ak je to možné) a zároveň sa pomocou GPS prístroja odmerajú súradnice polohy skusnej plochy a zapíšu do zápisníka. Do pracovného zápisníka urobíme podrobný zápis o stabilizácii skusnej plochy vrátane náčrtku lokalizácie skusnej plochy v porastovej mape.

5.1.1.2. VÝBEROVÝ SYSTÉM

Pod pojmom výberový systém sa rozumie usporiadanie výberových jednotiek (skusných plôch) po inventarizovanom objekte. Pri riešení tohto projektu sme pristúpili ku stratifikovanému výberovému systému v kombinácii s účelovým výberom miesta pre založenie skusných plôch v jednotlivých stratách a to tak, aby boli splnené požiadavky výskumného zámeru.



5.2. INFORMAČNÉ SPEKTRUM REGIONÁLNEJ INVENTARIZÁCIE LESA

Návrh informačného spektra vychádza z potreby zachytiť dostatočný počet charakteristík pre komplexné zhodnotenie nielen štrukturálnej diverzity, ale aj produkčných a ekologických charakteristík. Údaje zachytené na skusných plochách sa zapisovali do pripravených formulárov pomocou kódového kľúča. Zisťované veličiny je možné rozdeliť na veličiny charakterizujúce skusnú plochu, stanovište a charakteristiky popisujúce jednotlivé stromy.

5.2.1. CHARAKTERISTIKA SKUSNEJ PLOCHY A STANOVIŠŤA – FORMULÁR A

Vo formulári A sú zachytené charakteristiky zamerané na popis skusnej plochy (jej identifikácia) a stanovišťa, na ktorom sa skusná plocha nachádza. Obsahuje nasledovné položky:

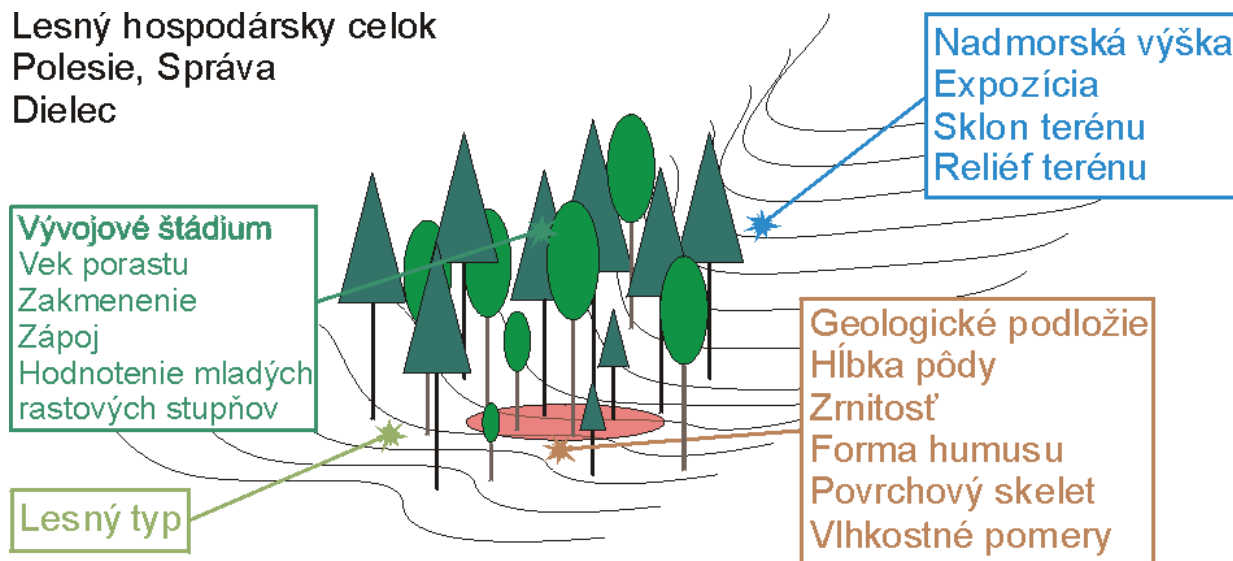
Lesný hospodársky celok
Polesie, Správa
Dielec

Vývojové štádium
Vek porastu
Zakmenenie
Zápoj
Hodnotenie mladých
rastových stupňov

Lesný typ

Nadmorská výška
Expozícia
Sklon terénu
Reliéf terénu

Geologické podložie
Hĺbka pôdy
Zrinitosť
Forma humusu
Povrchový skelet
Vlhkostné pomery



Obrázok č. 21 Schéma informačného spektra skusnej plochy

1. Číslo skusnej plochy

poradové číslo

2. LHC

3. Polesie, správa

4. Dielec

Určí sa z podkladov LHP.

5. Nadmorská výška

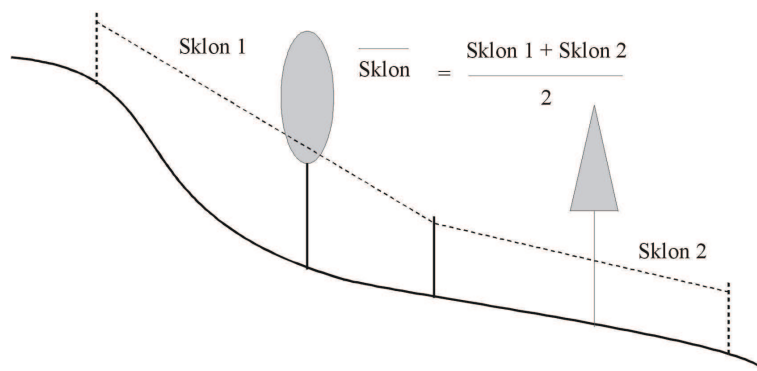
Určí sa odčítaním z porastovej mapy s presnosťou na ± 10 m, resp. pomocou GPS prístroja.

6. Expozícia

Zaznamená sa presný azimut s presnosťou na 5° .

7. Sklon terénu

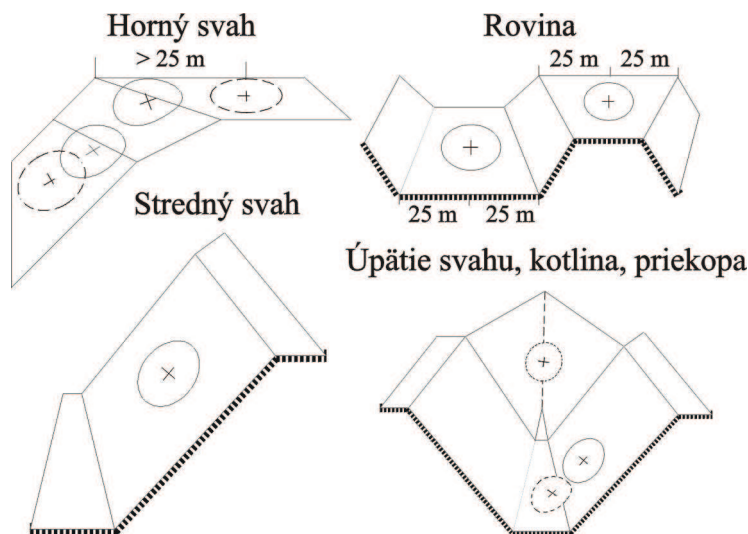
Odmeria sa výškomerom v stupňoch s presnosťou na 1° . Priemerný sklon na skusnej ploche sa určí ako aritmetický priemer sklonu nad stredom skusnej plochy a pod stredom skusnej plochy.



8. Reliéf terénu (Instruktion für die Feldarbeit der Öster. Forstinventur 1981-1985, ZINGG & BACHOFEN 1988)

Forma terénu s rozlohou minimálne 25m od stredu skusnej plochy, t.j. v minimálnej šírke 50m.

- 1 - *rovná plocha*: sklon žiadny alebo do 10% (5°): rovina, planina, terasa, základ doliny
- 2 - *vrchol, horný svah*: konvexná forma, prevažuje odtok vody: kopec, horný svah, chrbát, rebro, násyp
- 3 - *stredný svah*: naklonená plocha, odtok a prítok vody vyrovnaný: stredný svah, rozvalený a naplavený kužeľ, blok haldy, príkry svah
- 4 - *úpätie svahu, kotlina, priekopa*: konkávna forma, prevažuje prítok vody: úpätie svahu, spodný svah, žľab terasy, svahová kotlina, kotlina, priekopa, rozvalina
- 5 - *neurčitý*: nedá sa jednoznačne priradiť k 1 – 4, terén s častým striedaním sklonu a expozície.



9. Lesný typ (LT) (ZLATNÍK 1978, HANČINSKÝ 1977)

Číslo lesného typu určíme z mapových podkladov (mapa lesných typov). Okrem toho sa nezávisle vykoná fytoocenologický zápis na vytýčenej fytoocenologickej ploche.

10. HSLT (ZLATNÍK 1978, HANČINSKÝ 1977)

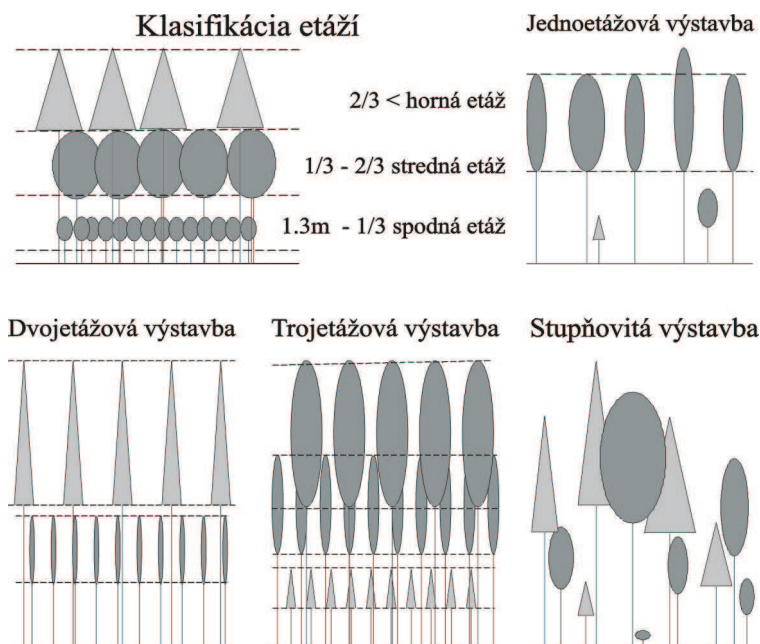
HSLT sa určí z podkladov LHP.

11. Výstavba porastu (Instr. für die Feldarb. der Öster. Forstinventur 1981-1985, ZINGG & BACHOFEN 1988)

Rozlišujú sa 3 vrstvy: horná, stredná a spodná. Odvodenie rozpätia vychádza zo strednej výšky porastu a jednotlivé vrstvy zaberajú tretinové podiely.

- 1 - *jednovrstvová*: porast má len jednu výraznú korunovú vrstvu (spravidla je rovnoveký)

- 2 - *dvojvrstvová*: má dve výrazné horizontálne korunové úrovne, pod hlavnou úrovňou je ďalšia, ktorá patrí inej drevine alebo vekovej triede, je vitálna a vývoja schopná. Zakmenenie druhej vrstvy musí byť väčšie ako 2. V nevychovávaných porastoch a porastoch vychovávaných úrovňovou prebierkou sa za vrstvu nepovažujú stromy v 4. a 5. stromovej triede podľa klasifikácie KRAFTA, KONŠELA (KORPEL 1991).
- 3 - *viacvrstvová*: porast má viac korunových vrstiev, je rôznoveký a rôznorodý
- 4 - *stupňovitá*: ide o výberkové porasty a porasty s charakterom výberkových lesov.



12. Vek porastu

Vek sa určí v teréne buď spočítaním ročných kruhov na čerstvých pňoch na skusnej ploche alebo v jej okolí (P), odobratím vývrtu (V) alebo v mladších porastoch spočítaním praslenov (PR), prípadne sa prevezme z platného LHP. V rovnovekých porastoch sa vek určí osobitne pre všetky zastúpené druhy drevín na skusnej ploche, z ktorých sa vypočíta vážený aritmetický priemer. V porastoch, v ktorých môžeme jednoznačne vylíšiť viac vrstiev - etáží sa vek určí osobitne pre všetky vrstvy. V rôznovekých porastoch (výberkové štruktúry lesa) sa vek určí bez ohľadu na druh dreviny intervalovým spôsobom, t.j. vek_{MIN} - vek_{MAX}. V prípade potreby sa vek jednotlivých druhov drevín uvedie do poznámky.

13. Vývojové štádium prírodného lesa

- 1 - štádium dorastania
- 2 - štádium optima
- 3 - štádium rozpadu

14. Zakmenenie

Určí sa odhadom, tj. posúdením medzier v poraste na danom stanovišti, a vyjadrí sa hodnotou v intervale od 0 po 10 osobitne pre všetky vrstvy - etáže porastu.

15. Zápoj (KORPEL 1991)

Zapíše sa do kolónky vo forme druh/stupeň samostatne pre všetky vyskytujúce sa vrstvy.

Druh

Charakterizuje vertikálne rozmiestnenie a dotyk korún stromov.

- 1 - *horizontálny* vzniká vtedy, ak sa koruny stromov navzájom dotýkajú v rovnakej výške a vytvárajú rovnako hrubú vrstvu korún prevažne rovnako vysokých stromov;
- 2 - *stupňový* vzniká vtedy, ak sa korunový priestor porastu plynule alebo stupňovite zvyšuje či znižuje a koruny stromov sa bočne plynule alebo schodovite v rôznej výške dotýkajú;

3 - *priestorový* je taký, pri ktorom sa koruny stromov vzájomne v rôznych výškach nepravidelne dotýkajú a vyplňajú takmer celý produkčný priestor porastu.

Stupeň

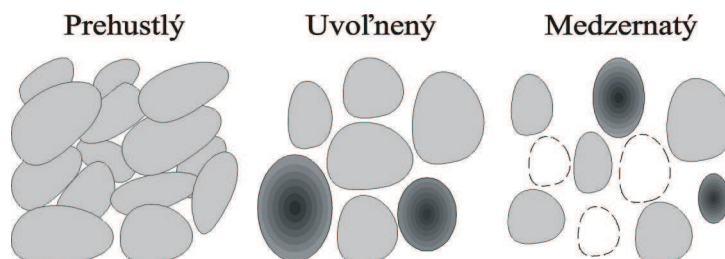
Predstavuje vzájomný dotyk a prelínanie korún v korunovej vrstve.

1 - *prehustlý*, dochádza k vzájomnému prenikaniu vrstiev korún hodnotených stromov;

2 - *uvoľnený*, vetvy stromov sa nedotýkajú, ale vzájomne sa ešte ovplyvňujú;

3 - *medzernatý*, do medzier medzi korunami by bolo možné umiestniť niekoľko stromov príslušnej etáže:

4 - *riedina*, medzery väčšie ako pri 3.



5.2.1.1. FYTOCENOLOGICKÉ ŠETRENIE

Predmetom fytocenologického zápisu je hodnotenie bylinnej a krovinnej vrstvy. Veľkosť fytocenologickej plochy je 25 m². Táto veľkosť zodpovedá podľa MUELLER-DOMBOISA & ELLENBERGA (in KRÍŽOVÁ 1995) zásade minimálneho areálu pri fytocenologických popisoch v lesných porastoch (nižšie etáže). Vytýčenie fytocenologickej plochy realizujeme pomocou lesníckej buzoly a ultrazvukového diaľkomeru tým spôsobom, že buzolou sa vytýčia uhly na rohy plochy a diaľkomerom sa výtyčka postaví do požadovanej vzdialenosti.

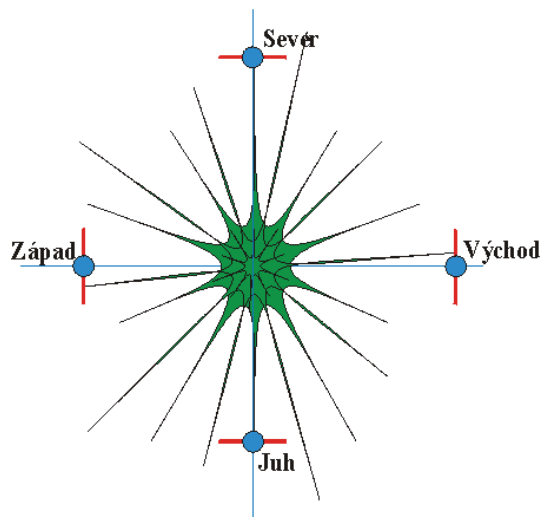
Roh fytocenologickej plochy	Uhol zo stredu skusnej plochy	Vzdialenosť od stredu skusnej plochy
1	0° (0g)	3.54 m
2	90° (100g)	
3	180° (200g)	
4	270° (300g)	

Na fytoploche sa najprv odhadne celková pokryvnosť bylinných druhov a v druhom kroku sa urobí odhad pokryvnosti jednotlivých druhov podľa BRAUN & BLANQUETOVEJ (in KRÍŽOVÁ 1995) kombinovanej stupnice abundancie a dominance upravenej ZLATNÍKOM 1953.

Kód	Slovný popis	Priemer [%]
-	<i>druh vzácny (1 – 3 exempláre)</i>	0.1
+	<i>druh hojný s malou pokryvnosťou alebo riedko sa vyskytujúci s pokryvnosťou 1 – 5 %</i>	3
2	<i>druh hojný až veľmi hojný s pokryvnosťou 5 – 25 %</i>	
- 2	druh hojný s pokryvnosťou 5 – 15 %	10
+ 2	druh veľmi hojný s pokryvnosťou 15 – 25 %	20
3	<i>druh dominantný s pokryvnosťou 25 – 50 %</i>	
- 3	druh dominantný s pokryvnosťou 25 – 37 %	31
+ 3	druh dominantný s pokryvnosťou 37 – 50 %	44
4	<i>druh dominantný s pokryvnosťou 50 – 75 %</i>	
- 4	druh dominantný s pokryvnosťou 50 – 62 %	56
+ 4	druh dominantný s pokryvnosťou 62 – 75 %	69
5	<i>druh dominantný s pokryvnosťou 75 – 100 %</i>	
- 5	druh dominantný s pokryvnosťou 75 – 87 %	81
+ 5	druh dominantný s pokryvnosťou 87 – 100 %	94

5.2.1.2. PEDOLOGICKÉ ŠETRENIE

Pre lepšie zachytenie pôdnych pomerov, teda potencionalnej rastovej sily miesta, na ktorom skúmaný porast rastie, sa odoberie z každej skusnej plochy pedologická vzorka (chemický rozbor). Miesta odberu vzorky sú situované na okraj priemetu koruny najbližšieho mohutnejšieho stromu od stredu skusnej plochy, v štyroch bodoch zhodných so svetovými stranami. Na každom bode odberu sa najskôr šetrne odstráni humusová vrstva a každá odobratá vzorka sa rozdelí na štyri hĺbkové sekcie (0-10, 10-20, 20-30, 30-40cm), ktoré sa uzavrujú do mikrotenových vrecúšok. Okrem toho sa na skusnej ploche vykoná popis pedologických charakteristík podľa formulára.



Obrázok č. 22 Miesta odberu pedologickej vzorky

1. Geologické podložie

Určí sa na základe mapových podkladov.

2. Hĺbka pôdy

Zistí sa z podkladov HÚL (charakteristika HSLT podľa lesných typov) alebo priamo v teréne (BUBLINEC 1991 (in SUPUKA 1991))

- 1 - optimálna > 60 cm
- 2 - prípustná 30 – 60 cm
- 3 - nežiaduca < 30 cm.

3. Povrchový skelet

Určí sa okulárnym odhadom v % podľa výskytu na povrchu alebo podľa obtiažnosti odberu pedologickej vzorky.

4. Forma humusu

Určí sa priamo v teréne:

- 1 - mor a jeho subformy
- 2 - moder a jeho subformy
- 3 - mull a jeho subformy
- 4 - rašeliny a fenmul – Anmoor.

Mor:Ol – silný Of – vždy silný Oh – slabý alebo chýba	Mull:Ol – na A priamo Of – môže byť Oh – vždy chýba	Moder:Ol, Of, Oh – rovnako hrubé Oh – bez hýfov Of – bez uľahnutia
Typický Mor Ol, Of – vždy silné Oh – slabý alebo chýba, ak je, je bohatý na organické hmoty	Typický Mull Of – slabý alebo chýba Kyslý Mull Of – do 1 cm Piesčité Mull v bohatších piesčitých pôdach s bohatou faunou	Surový Moder ostrý prechod Oh – A súdržnosť Of i Oh Oh – nad 3 cm Mullový Moder Oh – do 1 cm i chýba Of – nad 2 cm Typický Moder Oh – 1–2 cm Of – 2–3 cm prechod Oh – A nejasný
Mazľavý Mor Na prechodne mokrych pôdach Oh, Ac – mazľavé		Renzinový Moder Oh a A – prašný Of a Oh – slabý Oh – môže chýbať
Plstový Mor Oh – nepatrný Of – hustá kráčajateľná plst', prevažne suché stanovištia		Smolový Moder Oh a A – dobrý prechod Oh – nad 3 cm Of a Oh – väčšia súdržnosť

5. Vlhkostné pomery – stupeň (Instr. für die Feldarb. der Öster. Forstinventur 1981-1985)

- 1 - suchý: v ročnom priemere vládne nedostatok vody, najčastejšie sú to stanovištia na chrbtoch a horných svahoch s plytkým základom, kamenité alebo ľahké a preto vodopriepustné pôdy. Z pôdnej vegetácie prevládajú ukazovatele – indikátory sucha.
- 2 - mierne čerstvý: prechodná forma medzi 1 – 3 (oblasť horúcej klímy, nížiny, slnečné svahy na mokrych základoch pôd. Suché periódy prerušujú vyrovnaný vodný režim. Indikátory sucha vystupujú spolu s indikátormi čerstvých pôd).
- 3 - čerstvý: v ročnom priemere normálny vodný režim, počas pekného počasia sa môže vyskytnúť vyšší krátkodobý nedostatok vody. Pôda je počas roka prevažne dostatočne premočená. Počas topenia snehu alebo počas dlhších periód daždivého počasia sa môže vyskytovať nadbytok vody. Ide o najrozšírenejšiu formu. Zaberajú prevažne stredné svahy v teplých rastových oblastiach, v nížinných polohách, na tiennych svahoch a vo vyšších polohách aj na slnečných svahoch, tiež na rovných údolných pôdach. Indikátory čerstvých pôd, indikátory sucha iba na holoruboch, presvetlených miestach.

- 4 - *veľmi čerstvý*: bez suchej fázy, prítok svahovej vody prevažuje nad odtokom, prevažne spodné svahy, kotliny na strmších svahoch a stredné svahy, kde sa vyskytujú spodné vody. Vystupujú vlhkomilné ukazovatele.
- 5 - *vlhký*: vlhké až mokré stanovišťa, v ročnom priemere vodný prebytok. Suchá perióda neprichádza do úvahy. Ide prevažne o spodné svahy, kotliny, plytké premočené pôdy.

6. Zrinitosť

Pôdny druh, určí sa palpáciou z odobratej vzorky pôdy nasledujúcou stupnicou (BUBLINEC 1991 (in SUPUKA 1991)):

- 1 - piesočnaté pôdy (do 10% hrubého ílu)
- 2 – hlinito-piesočnaté pôdy (10 – 20% h.í.)
- 3 - piesočnatohlinité a hlinité pôdy (20 – 45% h.í.)
- 4 - ílovitohlinité (45 – 60% h.í.)
- 5 - ílovité až íly (60 < h.í.)

5.2.2. STROMOVÉ CHARAKTERISTIKY – FORMULÁR D

Pri hodnotení stromovej zložky (Formulár B) sa vykoná podrobné dendrometrické meranie všetkých stromov, ktoré patria do skusnej plochy. Na stromoch, ktoré sú vyššie ako 1.3m sa zachytia nasledovné veličiny:

1. Poradové číslo

2. Drevina

Zaužívanými skratkami sa uvedie druh dreviny.

3. Azimut

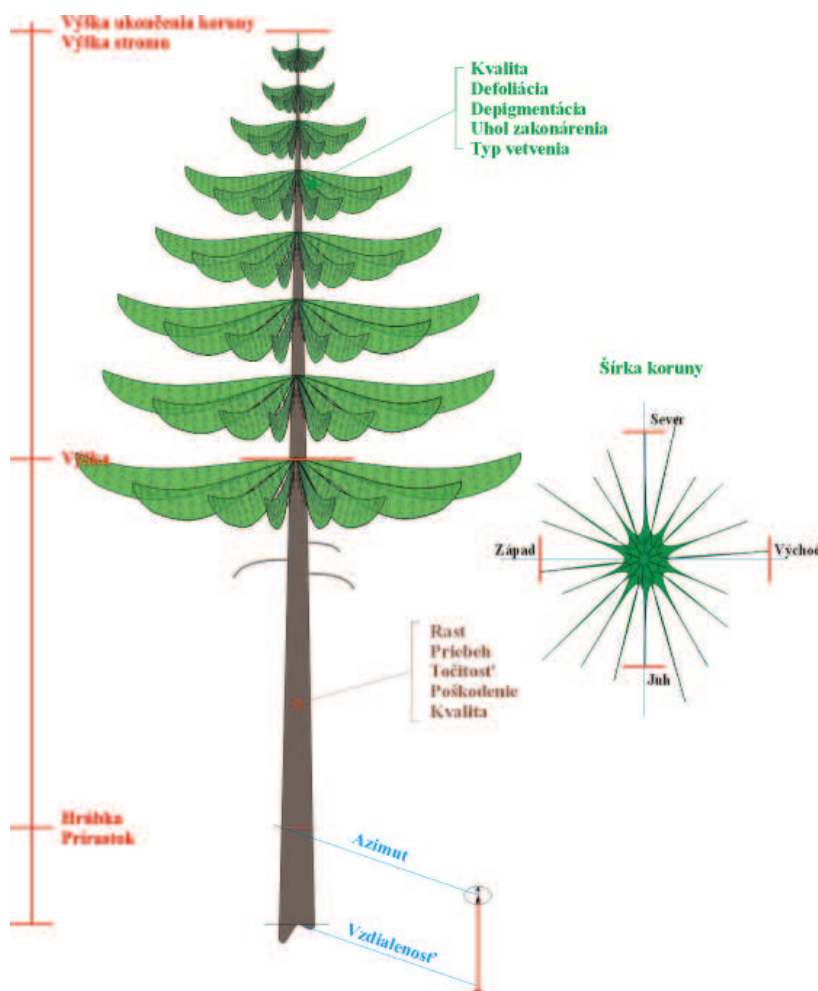
Zameria sa každý strom (peň i ležanina), ktorý spĺňa kritériá skusnej plochy. Zámera sa vedie na ľavý okraj kmeňa vo výške 1.3m.

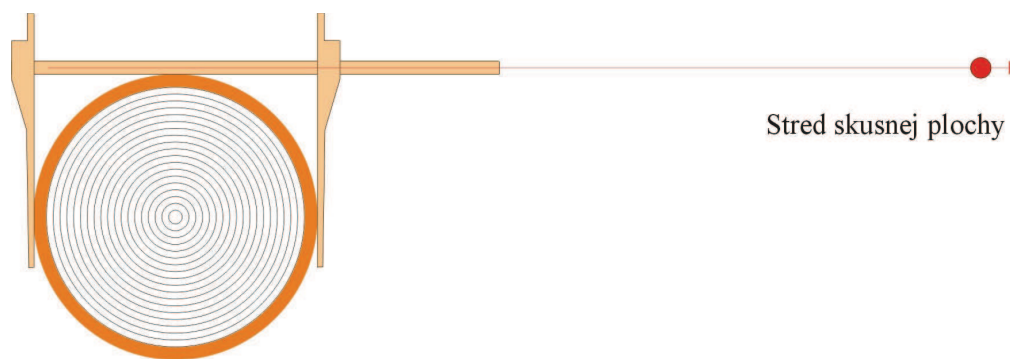
4. Vzďialenosť

Odmeria sa kolmá vzďialenosť od stredu skusnej plochy k osi stromu (vo výške 1.3m).

5. Hrúbka $d_{1,3}$

Odmeria sa milimetrovou kovovou priemerkou s presnosťou na 1mm. Pri meraní smeruje pravítko priemerky do stredu skusnej plochy.





Obrázok č. 23 Princíp merania hrúbky priemerkou

6. Hrúbka $d_{0,3}$ (hrúbka na pni)

Meria sa v dvoch na seba kolmých smeroch, pričom pravítko priemierky pri jednom z meraní smeruje do stredu skusnej plochy.

7. Hrúbkový prírastok

Na výberovej vzorke stromov sa odoberá Presslerovým nebožiecom z výšky 1.2m v smere rovnobežnom do stredu skusnej plochy. Do pracovného zápisníka sa krížikom zaznačí, či bol prírastok bol odobratý.

8. Výška stromu

Vzdialenosť od päty stromu po jeho vrcholec.

9. Výška ukončenia koruny

Výška, v ktorej koruna končí, ale nad ňou pokračuje ešte odumretý vrcholec. Vo väčšine prípadov sa výška ukončenia koruny rovná výške stromu.

10. Výška nasadenia koruny na konci kmeňa

Výška, v ktorej končí kmeň a začína koruna prvými primárnymi vetvami.

11. Šírka koruny

Meria sa v miestach 4 svetových strán s presnosťou na 0.1m.

Koruna

12. Kvalita (Smernice pre uznávanie lesných porastov)

- 1 - zo všetkých strán rovnako, nie príliš rozložitá vyvinutá s jemnejším vetvením
- 2 - z jednej strany menej vyvinutá alebo málo košatá
- 3 - z jednej strany slabo vyvinutá alebo košatá
- 4 - z väčšej časti veľmi slabo alebo veľmi košato vyvinutá
- 5 - veľmi netvárna, extrémne slabo alebo extrémne košato vyvinutá.

13. Defoliácia

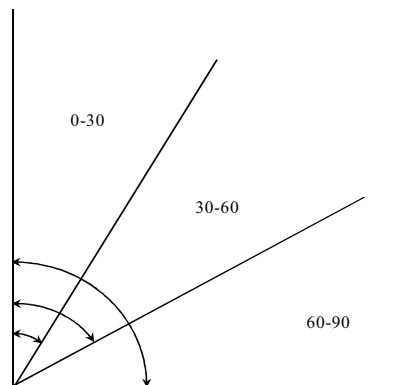
Odhaduje sa na všetkých zachytených stromoch s presnosťou na 5%.

14. Depigmentácia (Zmena farby)

Odhaduje sa na všetkých zachytených stromoch s presnosťou na 5%.

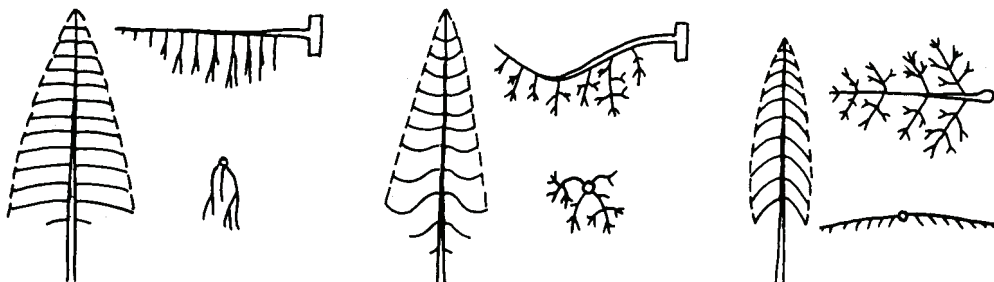
15. Uhol zakonárenia (VESELÝ 1977)

- 1 - 0-30°
- 2 - 30-60°
- 3 - 60-90°
- 4 - < 90°.



16. Typ vetvenia u dreviny smrek

- 1 - hrebeňovitý
- 2 - kefovitý
- 3 - doskovitý.

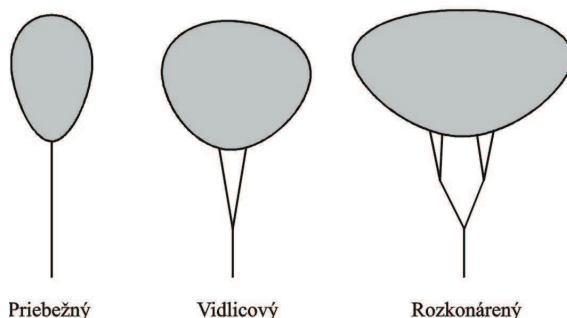


Kmeň

17. Rast (VESELÝ 1977)

- 1 - priebežný
- 2 - vidlicovitý
- 3 - rozkonárený.

Rast kmeňa



18. Priebek (VESELÝ 1977)

- 1 - rovný
- 2 - šabl'ovitý
- 3 - pokrivený (viacsmerná krivosť).

19. Točitosť

- 1 - žiadna
- 2 - slabá (do 4 cm na 1 dĺžkový meter)
- 3 - výrazná (do 4 cm na 1 dĺžkový meter).

20. Poškodenie (ŠMELKO *et al.* 1988)

V prípade viacerých druhov poškodení sa tieto uvedú do jednej kolónky cez lomítko.

- 0 - bez poškodenia
- 1 - mechanické
- 2 - zverou
- 21 - odhryz
- 22 - lúpanie
- 24 - ostatné
- 3 - hmyzom
- 4 - hubami
- 5 - zlomy.

21. Kvalita (PETRÁŠ & NOCIAR 1991)

- 1 - A: kmene vysokej kvality, dobre vyčistené, rovného vzrastu, bez deformácií, bez technických chýb. Pripúšťajú sa nepatrné hrče (do 1cm), 1 hrča do 3.5cm na 1 bežný meter (bm) u listnáčov, u ihličnanov 1 hrča na 1bm do 3cm a povrchové poškodenie hmyzom do hĺbky bele (ide o výrezy I. a II. triedy akosti).

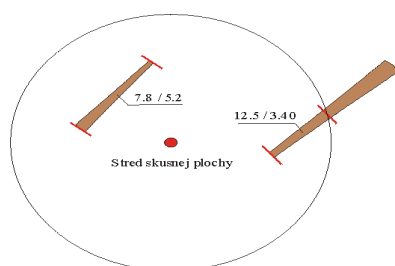
- 2 - *B*: kmene primeranej kvality s menšími technickými chybami. Pri listnatých drevinách sú prípustné všetky zdravé hrče a nezdravé do 4cm. Pri SM a JD zdravé a nezdravé do 4 cm a pri BO do 6 cm. Patria sem kmene, ktoré zodpovedajú požiadavkám výrezov III/A.
- 3 - *C*: kmene nekvalitné s veľkými technickými chybami, značne zavetvené, s točitosťou do 4%. Môžu byť s určitými deformáciami a krivšie. Prípustné sú zdravé hrče bez obmedzenia veľkosti, nezdravé u ihličnatých do 6cm a u listnatých do 8cm (výrezy III/B a V. ak. triedy).
- 4 - *D*: kmene najhoršej kvality s nezdravými hrčami nad 6cm pri ihličnatých drevinách a nad 8cm pri listnatých. Sú napadnuté vnútornou hnilobou a ich drevo je vhodné len ako palivo.

22-24. Peň, sucháre a ležanina

Odumreté stromy a pne zachytené na skusnej ploche. Na dobre viditeľných pňoch sa odmerá hrúbka $d_{0,3}$. Na stojacich stromoch sa odmeria hrúbka $d_{1,3}$ a presná výška. Na odumretých ležiacich kmeňoch sa odmeria hrúbka $d_{1/2}$ (uvedie sa do kolonky hrúbka $d_{1,3}$) a presná dĺžka (uvedie sa do kolonky výška stromu), ale len tej časti kmeňa, ktorá spadá do skusnej plochy.

Stupeň rozkladu	Povrch	Tvar	Hĺbka vniknutia ostrého predmetu	Poloha	Konáre	Kôra
1 -	hladký	okrúhly	tvrdý povrch	kmeň vysoko nad povrchom pôdy, opiera sa o haluze	prítomné všetky konáre o hrúbke > 1cm	najčastejšie pokrýva celý kmeň, čiastočne môže chýbať po žere podkôrneho hmyzu
2 -	hladký	okrúhly	povrch sa len uhýba pod tlakom ostrého predmetu	kmeň nad povrchom pôdy, opiera sa o hrubé haluze	prítomné len hrubé konáre a ich krátke násadové časti	opadá na spodnej časti kmeňa
3 -	prítomné brázdny o hĺbke niekoľko mm	okrúhly	do 1cm	nízko umiestnený nad povrchom, opiera sa o zbytky konárov	prítomné len násadové časti o hrúbke nad 2cm	občas prítomné zbytky na hornej časti kmeňa
4 -	prítomné brázdny o hĺbke 0.5 cm	okrúhly	do 3cm	čiastočne leží na povrchu pôdy	prítomné len násadové časti o hrúbke nad 4 - 5cm	najčastejšie chýba
5 -	v spodnej časti odpadajú pláty o hrúbke niekoľko cm; bočný povrch s brázdami do 1cm	okrúhly	do 5cm	celý leží na podloží; nedotýka sa podložia v terénnych depresiách	chýba	chýba
6 -	z bokov odpadávajú pláty o hrúbke niekoľko cm	okrúhly	len v stredovej časti tvrdé; slabo rozložené časti dreva	tesne prilieha k podložiu	chýba	chýba
7 -	celý pokrytý brázdami o hĺbke niekoľko cm	výrazne sploštený	celým povrchom	tesne prilieha k podložiu, kopíruje jeho nerovnosti	chýba	chýba
8 -	celý pokrytý rastlinstvom	tvorí val vyčnievajúci nad okolitým terénom	celým povrchom	splýva s podložím	chýba	chýba

Tabuľka č. 3 Stupnica pre posúdenie rozkladu moderového dreva (HOLEKSA 1998)



Obrázok č. 24 Schéma merania ležaniny

5.2.3. HODNOTENIE MLADÝCH RASTOVÝCH STUPŇOV - FORMULÁR C

Mladé rastové stupne sa hodnotia na 10 skusných plôškach o veľkosti 1x1m ($\Sigma 10m^2$), ktoré zakladáme systematicky v pravidelnom odstupe okolo stredu skusnej plochy. Vytyčujeme ich pomocou buzoly (do zápisníka sa zaznačí azimut) a diaľkomeru. Každá plôška sa ďalej člení na 4 kvadranty (50x50cm), na ktorých sa počítajú a hodnotia vyskytujúce sa jedince a zapisujú do špeciálneho zápisníka. Vlastné hodnotenie realizujeme pomocou rámu o rozmeroch 1x1m, ktorý je delený drôtom na 4 kvadranty.

Hodnotenie sa vzťahuje na každého zaujatého jedinca. V závislosti od výšky stromčeka rozlišujeme štyri kategórie mladých rastových stupňov:

- A) $h < 30$ cm (semenáčiky staré 1, 2, 3, 4+ rokov)
- B) $h = 31 - 50$ cm
- C) $h = 51 - 80$ cm
- D) $h = 81 - 130$ cm.

1. Skusná plocha, Štvorec, Kvadrant

2. Výšková kategória

A, B, C, D podľa horeuvedenej stupnice

3. Druh dreviny

Poškodenie rastových stupňov (ŠMELKO *et al.* 1988)

4. Druh poškodenia

V prípade, že ten istý jedinec má viacero druhov poškodenia, uvedie sa silne prevládajúci druh, resp. cez zlomok sa zaznačia aj ostatné druhy poškodenia.

- 1 - ťažbou a približovaním (mechanické)
- 2 - zverou
- 21 - odhryz
- 22 - obhryz
- 23 - lúpanie
- 24 - ostatné
 - 3 - imisiami
 - 4 - hmyzom
 - 5 - hubami
 - 6 - burinou
 - 7 - snehom a námrazou
 - 8 - ostatnými škodlivými činiteľmi a pasením dobytkom.

5. Stupeň poškodenia

- 1 - slabý, krátkodobé zdržanie vzrastu bez následkov na ďalší vývoj
- 2 - stredný, strata na prírastku
- 3 - silný, takmer úplné zničenie.

6. Podklad

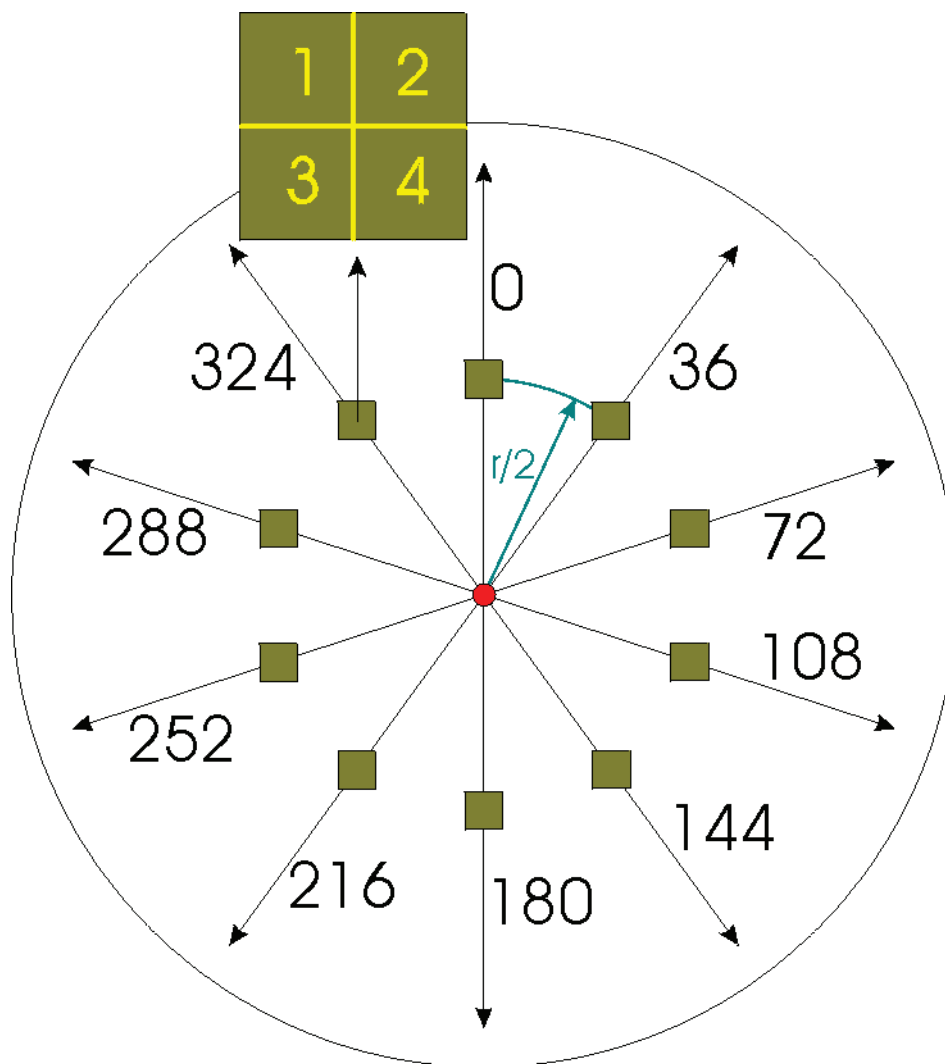
- 1 – minerálna pôda
- 2 – kopčeky po vývratoch
- 3 – ležanina
- 4 – peň.

7. Stupeň rozkladu moderového dreva (HOLEKSA 1998)

(ako pri ležanine – Formulár D)

8. Výškový prírastok

Na výberovej vzorke, max. po 5ks v každej výškovej kategórii (A, B, C, D), sa odmeria súčtovým spôsobom výškový prírastok v mm posledných 3 ročníkov s presnosťou na 1mm.



Obrázok č. 25 Schéma výberu plôšok pre hodnotenie mladých rastových stupňov

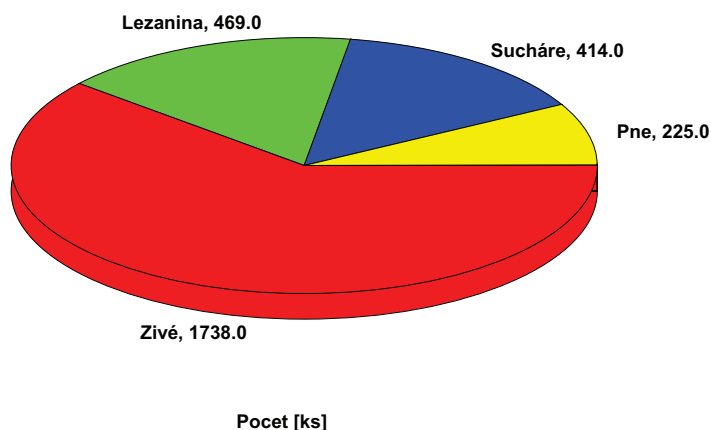
5.3. PODKLADOVÝ MATERIÁL

V rámci inventarizácie lesa sa založilo 57 skusných plôch o nasledovnej štruktúre:

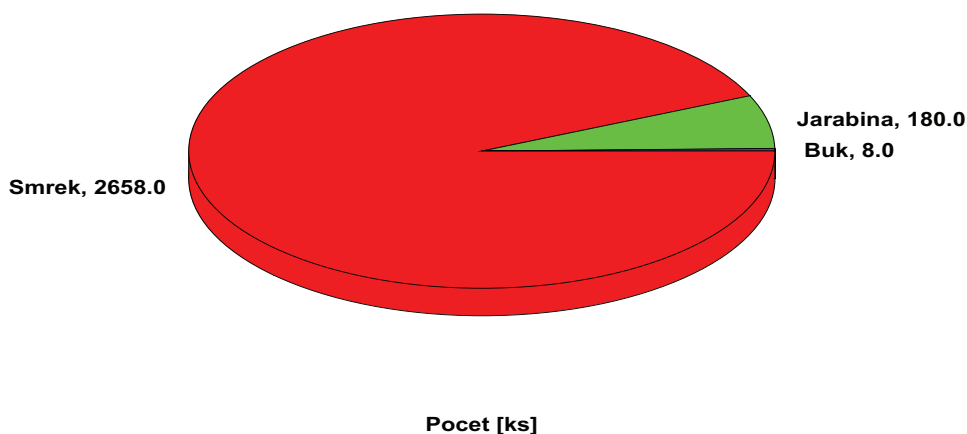
Výšková kategória	Vývojové štádium		
	Rozpad	Dorastanie	Optimum
do 1260 m.n.m	14, 6, 3, 2, 54	9, 8, 5, 4, 52	16, 15, 13, 7, 53
1260 – 1360 m.n.m.	20, 18, 1, 24, 48	22, 19, 10, 25, 49	17, 23, 11, 12, 50
1360 – 1460 m.n.m.	21, 28, 33, 51, 43	26, 29, 32, 46, 45	27, 30, 31, 47, 44
nad 1460 m.n.m.	34, 39, 42, 55	35, 37, 41, 57	36, 38, 40, 56

V každej výškovej kategórii a v každom vývojovom štádiu sa založilo po 5 skusných plôch (okrem najvyššej výškovej kategórie, kde sa založili 4 skusné plochy v každom štádiu, pretože táto kategória tvorí len nepatrnú časť záujmovej oblasti a bolo problematické nájsť a vylíšiť jednotlivé štádiá).

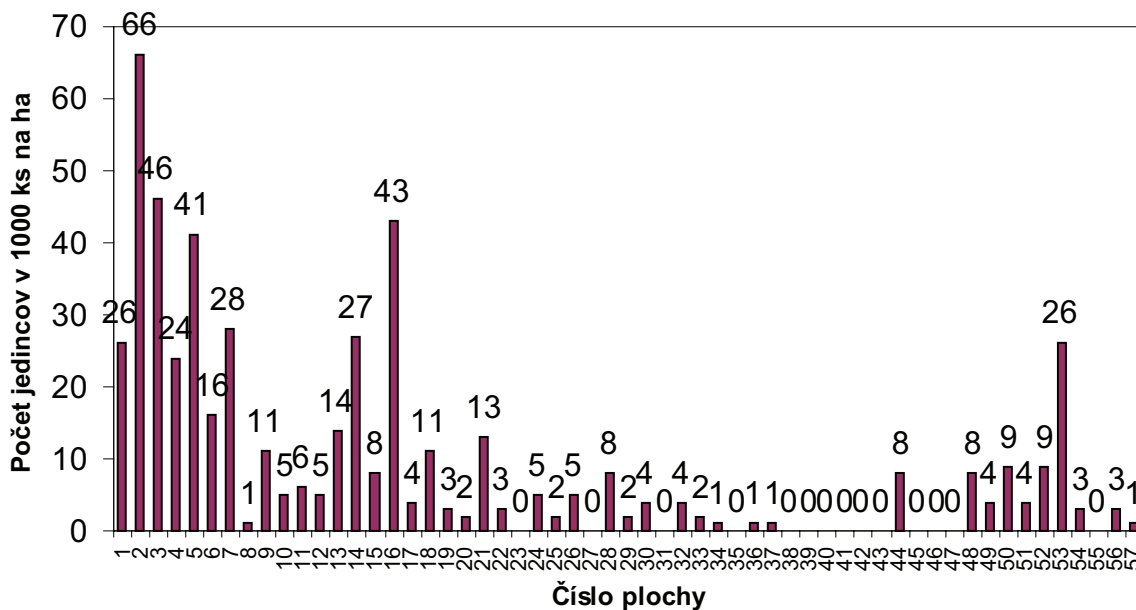
Celkovo bolo pomeraných 2846 ks stromov. Z tohto počtu bolo 1738 ks živých stromov, 414 ks suchárov (odumretých stojacich stromov), 225 ks pňov a 469 ks ležiacich odumretých stromov vedených pod názvom ležanina. Ďalších 513 ks jedincov bolo pomeraných v rámci hodnotenia mladých rastových stupňov, teda do výšky 1.3m. Drevinové zloženie tvorí smrek obyčajný (*Picea abies* L.), jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.).



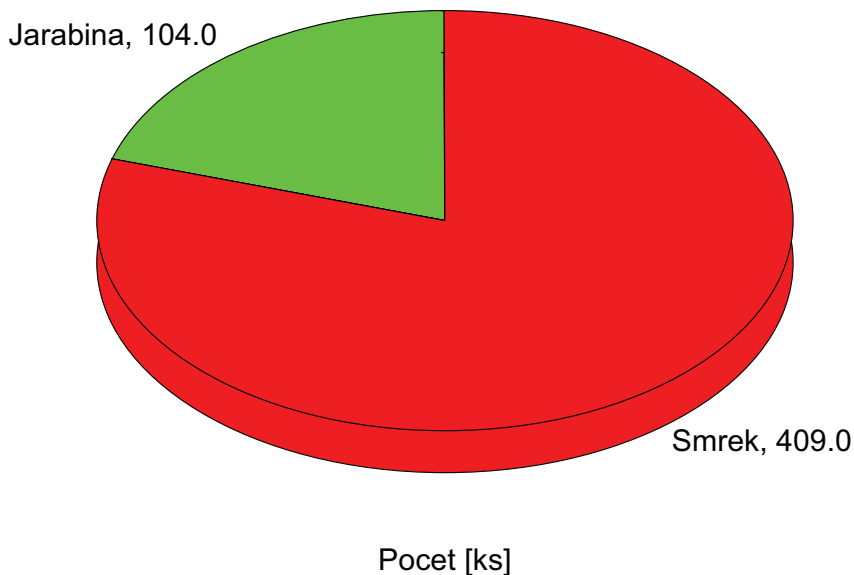
Obrázok č. 26 Štruktúra meraných stromov s výškou nad 1.3m



Obrázok č. 27 Druhové zloženie meraných stromov s výškou nad 1.3 m



Obrázok č. 28 Počet jedincov obnovy s výškou do 1.30m zachytených na jednotlivých výskumných plochách



Obrázok č. 29 Druhové zloženie meraných stromov s výškou do 1.3m

5.4. METODIKA ZHODNOTENIA ZISŤOVANÝCH VELIČÍN

V tejto kapitole popíšeme matematické modely vyhodnotenia zisťovaných veličín. Zisťované veličiny sú kvantitatívnej a kvalitatívnej povahy, čo vyžaduje osobité postupy pri ich zhodnotení. Predmetom vyhodnotenia bude v prevažnej miere určenie priemernej hodnoty, resp. relatívneho podielu zisťovanej veličiny, ktorou budeme charakterizovať inventarizované územie.

Podstatou inventarizácie a monitorovania lesa z biometrického hľadiska je určiť (štatisticky odhadnúť) neznámy parameter – aritmetický priemer kvantitatívneho znaku μ alebo relatívny podiel kvalitatívneho znaku π v skúmanom objekte (základnom súbore). Výberovým zisťovaním dostaneme iba výberové charakteristiky týchto parametrov \bar{x} a \bar{w} . Tie sa vždy do určitej miery odlišujú od μ a π , pretože majú charakter náhodnej premennej. Z toho dôvodu sú výberové charakteristiky zaťažené chybami (z merania a z reprezentácie) a preto je informácia o ich presnosti dôležitým poznatkom. Číselným ukazovateľom presnosti určenia parametra μ a π pomocou výberového \bar{x} , resp. \bar{w} je chyba odhadu, ktorú možno symbolicky zapísať

$$\text{pre } \mu : \Delta\bar{x} = t_{\alpha/2} \cdot s_{\bar{x}} \quad \Delta\bar{x}\% = \frac{\Delta\bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [1]$$

$$\text{pre } \pi : \Delta\bar{w} = t_{\alpha/2} \cdot s_{\bar{w}} \quad \Delta\bar{w}\% = \frac{\Delta\bar{w}}{\bar{w}} \cdot 100 \quad [2]$$

Táto chyba udáva teoretický rámec, ktorý by skutočná odchýlka ($\bar{x} - \mu$), resp. ($\bar{w} - \pi$), nemala prekročiť so zvolenou pravdepodobnosťou P (pre P = 95% je $t_{\alpha/2} = 1.96$, resp. 2.0 pri $n > 30$). Stredná chyba výberového priemeru, resp. podielu, $s_{\bar{x}}, s_{\bar{w}}$ je teoretický rámec pre výskyt skutočnej odchýlky ($\bar{x} - \mu = \Delta\bar{x}$), resp. ($\bar{w} - \pi = \Delta\bar{w}$), s pravdepodobnosťou 68%.

Veľkosť strednej chyby $s_{\bar{x}}, s_{\bar{w}}$ závisí od dvoch činiteľov:

- * od variability (smerodajnej odchýlky s_x, s_w) zisťovanej veličiny, s ktorou sa $s_{\bar{x}}, s_{\bar{w}}$ zväčšuje;
- * od rozsahu výberu n , t.j. od počtu jednotiek (stromov, skusných plôch, traktov), na ktorých sa zisťovanie uskutočnilo a s rastom ktorého klesá $s_{\bar{x}}, s_{\bar{w}}$ úmerne k \sqrt{n} .

Výsledný odhad parametra μ a π so zvolenou spoľahlivosťou P sa zapisuje zvyčajne vo forme intervalu spoľahlivosti platného pre pravdepodobnosť P%:

$$\mu = \bar{x} \pm \Delta\bar{x}; \quad \pi = \bar{w} \pm \Delta\bar{w} \quad [3]$$

Modely pre výpočet stredných chýb sú závislé od použitého dizajnu, resp. výberového systému. Keďže primárna výberová jednotka je kombinovaná s jedným koncentrickým kruhom, porastové i stromové veličiny x_i sa vzťahujú na variabilnú plošnú výmeru pl_i . Tie nemajú podľa najnovších výsledkov výskumu (ŠMELKO 1997, SABOROWSKI & ŠMELKO 1998) rovnakú pravdepodobnosť dostať sa do výberu, preto je potrebné všetky zisťované veličiny (zásoba, počet stromov) prepočítať na 1ha

$$V_i ha^{-1} = \frac{V_i}{pl_i} \quad N_i ha^{-1} = \frac{N_i}{pl_i} \quad \text{všeobecne } X_i = \frac{x_i}{pl_i} \quad [4]$$

Týmto krokom zároveň štandardizujeme zisťovanú charakteristiku na rovnakú plošnú jednotku, čo nám umožní ich jednoduché vzájomné porovnávanie. Celkovú hodnotu porastovej veličiny na skusnej ploche dostaneme súčtom danej veličiny X_i na jednotlivých kruhoch (i). Obdobne to platí aj pre stromové veličiny s tým rozdielom, že jeden strom, ktorý je nositeľom nejakého znaku (napr. % defoliácie), reprezentuje $1/pl_i$ stromov.

5.4.1. ANALÝZA STROMOVÝCH CHARAKTERISTÍK

5.4.1.1. VÝŠKOVÁ ŠTRUKTÚRA

Rozbor výškovej štruktúry je zameraný na zhodnotenie nasledovných závislostí:

- * horná výška ako funkcia nadmorskej výšky
- * konštrukcia štádiových výškových kriviek.

Horná výška je počítaná ako priemer zo súboru stromov na skusnej ploche, ktoré sú vyššie ako hodnota H_{MAX_MIN} definovaná rozdielom:

$$H_{MAX_MIN} = H_{MAX} - (H_{MAX} \cdot \overline{S_{hd}\%}) \quad [5]$$

kde: H_{MAX} - maximálna výška na skusnej ploche
 $\overline{S_{hd}\%}$ - odhad priemerného variačného koeficienta výšok výškových kriviek

Na vyrovnanie vyššie uvedenej prvej závislosti sa použila exponenciálna rovnica v tvare:

$$y = \left(1 - e^{(a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4)} \right) \cdot a_5 \quad [6]$$

Pre konštrukciu štádiových výškových kriviek sa vybrali iba údaje živých stromov bez poškodenia (Poškodenie = 0). Štádiová výšková krivka pre drevinu smrek bola vytvorená pomocou nasledovnej funkcie:

$$y = \left(a_0 - e^{(a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2)} \right) \cdot a_4 \quad [7]$$

Pri drevine jarabina sa použila Gompertzova funkcia, ktorej tvar je:

$$y = \frac{a_0}{(a_1)(a_2)^x} \quad [8]$$

Pri tvorbe výškových kriviek sa kládol dôraz na to, aby funkcia mala logický priebeh (pri hrúbke 0 cm je výška rovná 1.3m) a čo najtesnejšie popisovala skúmanú závislosť (vyjadrené prostredníctvom indexu korelácie a chybu regresnej krivky).

5.4.1.2. OBJEM STROMU

Integrovanou veličinou hrúbky a výšky stromu je objem stromu. Všeobecný vzťah pre jeho výpočet je:

$$v = g \cdot h \cdot f \text{ resp. } \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot f \quad [9]$$

kde: g - kruhová plocha stromu v mieste merania hrúbky
 d - hrúbka stromu
 h - výška stromu
 f - výtvarnica stromu

Pre regionálne podmienky horských smrečín Slovenska, bola zo vzorníkovej analýzy pre výpočet objemu stromu odvodená nasledovná rovnica platná pre drevinu smrek (ĎURSKÝ 2001 – osobná komunikácia):

$$v = 0.000041887 \cdot (d+1)^{1.851306728} \cdot h^{1.059595680} \quad [10]$$

Uvedená rovnica počíta objem kmeňa bez kôry, preto ak chceme získať objem s kôrou musíme ku hrúbke pripočítať hrúbku kôry. Vzťah pre jej výpočet odvodený z toho istého empirického materiálu má nasledovný tvar:

$$d_k = 2 \cdot (0.25729 + 0.01346 \cdot d) \quad [11]$$

V záujmovej oblasti je pomerne veľké množstvo stromov poškodené vetrovými zlomami ako aj množstvo suchých odumretých jedincov, ktorých terajšia výška je v prevažnej väčšine prípadov nižšia ako ich pôvodná. Ak by sme v takýchto prípadoch použili namerané terajšie parametre stromov, podhodnotili by sme ich objem. V takýchto prípadoch je lepšie použiť rovnicu, ktorá obsahuje výtvarnicu. Aby sme mohli na porastoch Babej hory aplikovať aj rovnicu podľa ĎURSKÉHO (2001), museli sme z tejto rovnice odvodiť rovnicu pre výpočet výtvarnice. Treba mať však na zreteli, že v tomto prípade predpokladáme, že výtvarnica sa počas života stromu nemení, ide teda o priemernú výtvarnicu počas života jedinca. Vzťah pre jej výpočet je nasledovný:

$$f_1 = 5.333218 \cdot 10^{-5} \cdot (d+1)^{1.85130} \cdot \frac{h^{0.059595}}{d^2} \quad [12]$$

Vzhľadom k tejto skutočnosti a zároveň aj vzhľadom k tomu, že rovnica platí len pre drevinu smrek, pristúpili sme ešte k druhej variante výpočtu objemu kmeňa a to na základe výsledkov rakúskych autorov POLLANSCHÜTZA (1974) a SCHIELERA (1988). Uvedení autori odvodili rovnicu pre výpočet výtvarnice pre viacero druhov drevín. Parametre rovnice sú uvedené v tabuľke 4 a rovnica má tento tvar:

$$f_2 = a_0 + a_1 \cdot \ln(d)^2 + a_2 \cdot \frac{1}{h} + a_3 \cdot \frac{1}{d} + a_4 \cdot \frac{1}{d^2} + a_5 \cdot \frac{1}{h \cdot d} + a_6 \cdot \frac{1}{d^2 \cdot h} \quad [13]$$

Tabuľka č. 4 Regresné koeficienty pre výpočet výtvarnice podľa POLLANSCHÜTZA (1974) a SCHIELERA (1988). Drevina jarabina bola počítaná na základe parametrov pre jelšu.

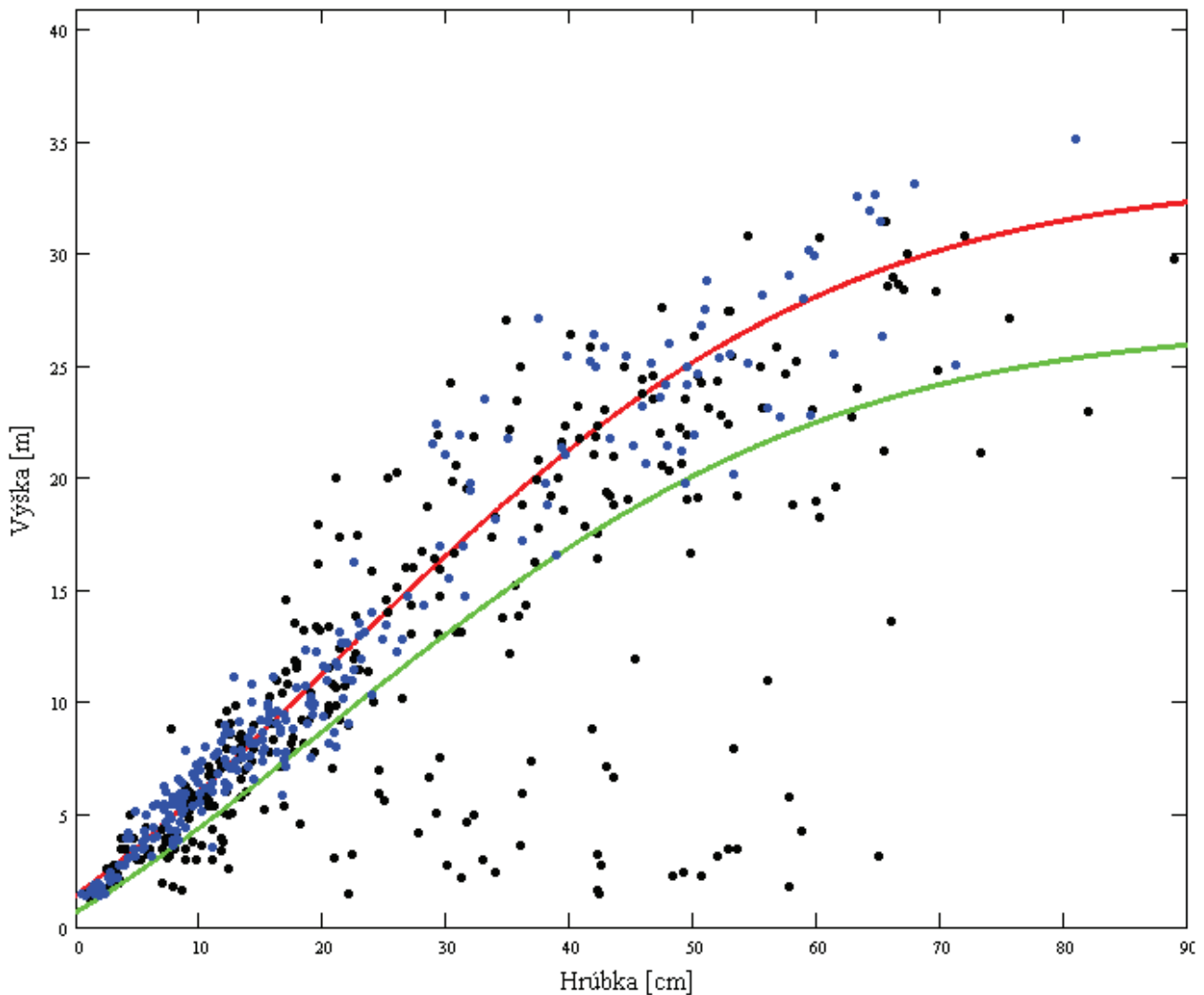
Regresný koeficient	Drevina				
	Smrek		Jelša		Buk
	nad 10 cm $d_{1,3}$	do 10 cm $d_{1,3}$	nad 10 cm $d_{1,3}$	do 10 cm $d_{1,3}$	do 10 cm $d_{1,3}$
a0	0.468180	0.563443	0.429370	0.387399	0.517300
a1	-0.013919	-0.127310	0.000000	0.000000	0.000000
a2	-28.213000	-8.550220	-4.102590	7.171230	-13.621440
a3	0.374740	0.000000	0.000000	0.044070	0.000000
a4	-0.288750	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
a5	28.279000	7.633100	16.757800	0.000000	9.988800
a6	0.000000	0.000000	-5.166310	0.000000	0.000000

Postup výpočtu objemu stromu spočíval v nasledovných krokoch:

1. Pre každý strom sa pomocou výškových kriviek odvodených zo súboru nepoškodených stromov vypočítala modelová výška.

2. Modelová výška konkrétneho stromu sa porovnala s jeho skutočnou výškou. Ak bola skutočná výška menšia ako spodná hranica obalovej krivky modelovej výšky (obrázok 30), bola mu táto modelová výška dočasne pridelená.
3. Pre každý strom sa vypočítala výtvarnica stromu. V prípade, že bola stromu v bode 2 pridelená modelová výška, počítala sa výtvarnica z tejto výšky, ináč sa použila skutočná výška stromu.
4. Vypočítal sa objem stromu podľa vzťahu [9], do ktorého však už vo všetkých prípadoch vstupovala skutočná výška stromu.

Objem ležaniny bol počítaný podľa Huberovej metódy a objem pňov zjednodušene ako objem valca s výškou 0.3m.



Obrázok č. 30 Princíp selekcie stromov s neprirodzenou skutočnou výškou stromu. Modrou farbou sú znázornené stromy, ktoré boli použité na parametrizáciu výškovej krivky. Čiernou farbou stromy, ktoré obsahovali kód poškodenia. Zelenou farbou je znázornená spodná hranica obalovej krivky modelu výškovej krivky.

5.4.2. ANALÝZA PORASTOVÝCH CHARAKTERISTÍK

Pod týmto termínom rozumieme v lesníckej literatúre charakteristiky viažuce sa na lesný porast ako celok. Vo všeobecnosti ich delíme na stromové, napr. stredná hrúbka, stredná výška porastu, a plošné, medzi ktoré patrí napr. zásoba porastu.

V predkladanej práci sú predmetom záujmu nasledovné plošné porastové veličiny:

- * počet stromov na hektár ($N.ha^{-1}$) – vyjadruje počet stromov na ploche jedného hektára;
- * kruhová základňa na ha ($G.ha^{-1}$) – vyjadruje sumu kruhových plôch stromov v mieste merania hrúbky stromu ($d_{1.30m}$) na ploche jeden hektár;
- * zásoba na ha ($V.ha^{-1}$) – je súčet objemov jednotlivých stromov na ploche jedného hektára. Túto porastovú veličinu členíme v predkladanej práci na tri kategórie: na zásobu živých stromov, zásobu odumretých stojacich stromov (suchárov) a zásobu ležiaceho odumretého dreva (ležaniny).
- * Zo stromových porastových charakteristík sa v práci odvolávame na:
 - * strednú hrúbku, ktorá je definovaná ako kvadratický priemer z hrúbok jednotlivých stromov;
 - * a na strednú výšku, čo je výška stromu so strednou hrúbkou.

Na zhodnotenie týchto veličín sme použili základné metódy regresnej analýzy a analýzy variancie.

5.4.3. KVANTIFIKÁCIA DIVERZITY PORASTU

Z predošlého textu už vieme, že vo vedeckej literatúre existuje značné množstvo metód, ktorými môžeme diverzitu hodnotiť. Je samozrejmé, že ruka v ruke s týmto vývojom išiel aj vývoj metód, ktorými je možné diverzitu kvantifikovať. V tejto práci sa zameriavame na metódy, ktoré nesú vyšší stupeň objektívnosti, teda nie sú závislé v plnej miere na subjekte, ktorý meranie, resp. zber dát, pre neskoršie vyhodnotenie získava. V nasledujúcej časti popíšeme vybrané indexy pre kvantifikáciu druhovej ako aj štruktúrálnej diverzity, ktoré sa vo svetovej vedeckej literatúre najčastejšie vyskytujú.

5.4.3.1. INDEXY DRUHOVEJ DIVERZITY

Pri výbere indexov z tejto skupiny využijeme poznatky, ktoré sa získali pri riešení podobnej práce (MERGANIČ 2001). Zo skupiny indexov druhovej bohatosti sme pre analýzy vybrali dva indexy a to počet druhov a index R_2 , ktoré sú nasledovne matematicky definované:

$$N_0 = S \quad (\text{HILL 1973}) \quad [14]$$

$$R_2 = S/\sqrt{N} \quad (\text{MENHINICK 1964}) \quad [15]$$

kde:

- S - počet druhov v poraste
 N - počet jedincov na hektár

Ďalšou skupinou sú indexy druhovej vyrovnanosti, ktorými sa kvantifikuje stupeň rovnomernosti v zastúpení druhov. Už mnoho desaťročí si ekológovia uvedomujú, že väčšina rastlinných a živočíšnych spoločenstiev sa skladá z niekoľkých dominantných druhov a z veľkého počtu druhov, ktoré sú málo zastúpené, čo vytvára medzi druhmi určitý pomer, resp. nepomer. Miera vyrovnanosti zastúpenia jednotlivých druhov sa vyjadruje jedným číslom - indexom vyrovnanosti. Tento koncept prvýkrát navrhli LLOYD & GHELARDI (1964). Pri úplne vyrovnanom zastúpení druhov v populácii sa indexy vyrovnanosti rovnajú maximálnej hodnote 1.0.

Indexy vyrovnanosti je možné kvantifikovať dvojakým spôsobom:

1. ako pomer skutočnej diverzity D k maximálnej možnej diverzite D_{MAX} , t.j.

$$\text{vyrovnanosť} = \frac{D}{D_{MAX}} \quad \text{alebo} \quad [16]$$

2. ako pomer rozdielu skutočnej diverzity D a minimálnej diverzity D_{MIN} k variačnému rozpätiu diverzity t.j.

$$\text{vyrovnanosť} = \frac{D - D_{MIN}}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad [17]$$

Pre predkladanú prácu sme vybrali tri indexy druhovej vyrovnanosti s najlepšimi vlastnosťami (MERGANIČ 2001). Ich matematická formulácia je nasledovná:

$$E1 = H' / \ln(S) = \ln(N_1) / \ln(N_0) \quad (\text{PIELOU 1975, 77}) \quad [18]$$

$$E3 = (e^{H'} - 1) / (S - 1) = (N_1 - 1) / (N_0 - 1) \quad (\text{HEIP 1974}) \quad [19]$$

$$E5 = ((1/\lambda) - 1) / (e^{H'} - 1) = (N_2 - 1) / (N_1 - 1) \quad (\text{HILL 1973}) \quad [20]$$

kde:

- S - počet druhov
 H', λ, N_1, N_2 - indexy druhovej heterogenity uvedené nižšie

Poslednou skupinou indexov druhovej diverzity sú tzv. indexy heterogenity, ako ich nazval PEET (1974). Pravdepodobne najväčšou prekážkou, ktorú je potrebné prekonať pri použití indexov heterogenity je ich interpretácia, čo táto jedna číselná hodnota v skutočnosti znamená, pretože rovnakú hodnotu indexu diverzity môžeme získať pri rôznych kombináciách druhovej bohatosti a vyrovnanosti. Napriek týmto „problémom“ patria tieto indexy k najobľúbenejším a veľmi často používaným. Z tejto skupiny sme vybrali štyri nasledovné indexy:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (\text{SIMPSON 1949}) \quad [21]$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i) \quad (\text{SHANNON \& WEAVER 1949}) \quad [22]$$

$$N_1 = e^{H'} \quad (\text{HILL 1973}) \quad [23]$$

$$N_2 = 1 / \lambda \quad (\text{HILL 1973}) \quad [24]$$

kde:

$$p_i - p_i = \frac{G \cdot ha_i^{-1}}{G \cdot ha^{-1}} - \text{je pravdepodobnosť výskytu } i - \text{teho druhu v spoločenstve}$$

$G \cdot ha_i$ - kruhová základňa i - teho druhu v spoločenstve

$G \cdot ha$ - kruhová základňa všetkých druhov v spoločenstve

5.4.3.2. INDEXY ŠTRUKTURÁLNEJ DIVERZITY

Ako už z názvu tejto skupiny indexov vyplýva, nasledovné indexy kvantifikujú štruktúrnú diverzitu porastu. Pre analýzu štruktúry horských lesov Babej hory sme z nich vybrali štyri indexy: agregáčny CLARK & EVANSOV (1954) index, indexy navrhnuté FÜLDNEROM (1995), index vertikálnej štruktúry navrhnutý PRETZSCHOM (1996) a nakoniec komplexnejší B index porastovej štruktúry od JAEHNE & DOHRENBUSCH (1997).

Agregáčny index R (CLARK & EVANS 1954)

Agregáčny index bol vyvinutý pre účely botanických a fytoecologických štúdií. V lesníckej oblasti sa daný index používal veľmi zriedkavo. Jeho význam v lesníctve začal narastať až so štúdiom biodiverzity resp. diverzity lesných porastov. Pravdepodobne prvýkrát ho uplatnili vo svojich prácach PRETZSCH (1995) a FÜLDNER (1995).

Agregáčny index popisuje horizontálne rozmiestnenie stromov pomocou pomeru priemernej vzdialenosti medzi centrálnym stromom a jeho najbližším susedom k očakávanej vzdialenosti medzi nimi pri náhodnom rozmiestnení stromov po ploche porastu. Matematicky je definovaný nasledovne:

$$R = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i}{0.5 \cdot \sqrt{\frac{n}{Pl}}} \quad [25]$$

kde:

r_i - vzdialenosť i -teho stromu k jeho najbližšiemu susedovi

- n - počet stromov na skusnej ploche
 Pl - výmera skusnej plochy (m^2)

DONNELLY (1978 in FÜLDNER 1995) na základe svojich výskumov modifikoval a upravil uvedenú rovnicu do nasledujúceho tvaru, kde pri výpočte očakávaného teoretického rozostupu zohľadnil veľkosť skusnej plochy ako aj jej obvod.

$$R_{Do} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i}{0.5 \cdot \sqrt{\frac{Pl}{n}} + 0.0514 \cdot \frac{O}{n} + 0.041 \cdot \frac{O}{n^{3/2}}} \quad [26]$$

kde:

- Pl - výmera skusnej plochy (m^2)
 O - obvod skusnej plochy (m)

Clark - Evansov index R môže teoreticky nadobúdať hodnoty od 0 pri maximálnom zoskupení stromov až po hodnotu 2.1491, ktorá sa dosiahne pri pravidelnom 6-uholníkovom rozmiestnení stromov. Hodnota indexu 1 hovorí, že stromy sú rozmiestnené po ploche porastu náhodne. Porasty s hodnotou indexu nad 1 vykazujú tendenciu k pravidelnému rozmiestneniu, kým hodnoty pod 1 vyjadrujú zase tendenciu k zhľukovaniu.

Pre praktické účely nestačí poznať iba konkrétnu hodnotu vypočítaného indexu, teda či ide o hľučkovité alebo pravidelné či náhodné rozmiestnenie. Vieme, že v prírode má veľká väčšina veličín stochastický charakter. Tento index patrí taktiež k takýmto veličinám. Z toho dôvodu je veľmi žiaduce vedieť do akej miery, na akej hladine významnosti, sa líši nami vypočítaná hodnota indexu od hodnoty zodpovedajúcej náhodnému rozdeleniu. Túto skutočnosť môžeme otestovať nasledujúcim spôsobom:

$$t = \frac{r_R - r_T}{\sigma_{r_T}} = \frac{r_R - r_T}{\sqrt{n \cdot \frac{n}{Pl}}} \quad [27]$$

kde:

- r_R - reálna, skutočná vzdialenosť k najbližšiemu susedovi
 r_T - teoretická vzdialenosť k najbližšiemu susedovi
 σ_{r_T} - stredná chyba priemeru teoretickej vzdialenosti k najbližšiemu susedovi
 n - počet stromov na skusnej ploche
 Pl - výmera skusnej plochy (m^2)

V prípade, že je hodnota vypočítaného t väčšia ako 1.96, môžeme s 95% pravdepodobnosťou povedať, že stromy majú v poraste hľučkovité resp. pravidelné rozmiestnenie podľa toho, aká je hodnota indexu R pre daný porast.

Index zmiešania (DM) a diferenciácie (TM) (FÜLDNER 1995)

Ďalšími dôležitými parametrami pre popis štruktúrálnej diverzity je zmiešanie a diferenciácia stromov.

Pre charakteristiku druhovej diverzity, a teda inými slovami aj zmiešania, sme už niekoľko indexov uviedli v kapitole 6.4.3.1. Spomínané indexy, napr. Shannonov index, však nezohľadňujú priestorové rozmiestnenie druhov po ploche porastu. Tento nedostatok sa snažila riešiť už v roku 1977 PIELOUOVÁ, ktorá navrhla tzv. segregáčny index.

Segregačný index určuje premiešanie dvoch druhov na základe podobnej metódy ako Clark & Evansov index, teda metódou najbližšieho suseda. V rámci tohto indexu sa zisťuje skutočný počet zmiešaných párov v poraste, ktorý sa dáva do pomeru k očakávanému počtu zmiešaných párov. Index segregácie môže nadobúdať hodnoty od -1 po $+1$. Ak je index väčší ako 0, majú

jednotlivé druhy drevín tendenciu segregovať sa jeden od druhého a naopak, hodnoty väčšie ako 0 znamenajú, že medzi druhmi vznikajú zväzky, prepojenia. Nedostatok tohto indexu spočíva v tom, že je aplikovateľný len na dva druhy.

Riešením pre porasty tvorené viac ako dvoma druhmi je index DM („Durchmischung“), ktorý berie okrem najbližšieho suseda do úvahy aj ďalších dvoch susedov. Pokrokom oproti segregáčnemu indexu je aj to, že index DM môže byť určený pre všetky druhy spolu ako aj pre každý druh zvlášť. Matematická formulácia tohto indexu je nasledovná:

$$DM_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad [28]$$

kde:

- n - počet stromov na skusnej ploche
- V_{ij} - 0 ak sused patrí k rovnakému druhu ako nultý strom
1 ak sused patrí k inému druhu ako nultý strom

Index zmiešania pre strom i (DM_i) môžeme definovať ako pravdepodobnosť, že žiadny z jeho m najbližších susedov nie je toho istého druhu ako strom i . Priemerná hodnota DM pre všetky stromy je hodnota indexu v danom poraste. DM index môže nadobúdať hodnoty od 0 po 1, pričom nízke hodnoty DM indikujú výskyt silne zastúpeného resp. silne zhlúčeného druhu (t.j. v poraste sa vyskytujú homogénne skupinky jedného druhu), kým vysoké hodnoty napovedajú, že druhy vyskytujúce sa v poraste sú premiešané.

Ďalším dôležitým parametrom štrukturálnej diverzity je diferenciácia stromov. Môžeme ju vyjadrovať z rôznych stromových veličín (hrúbka, obvod, kruhová plocha, výška, objem). Veľmi často používanou veličinou je hrúbka, keďže je ľahko zistiteľná a jednoducho merateľná. Földner kvantifikuje diferenciáciu nasledovným vzťahom:

$$TM_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n (1 - d_{ij}) \quad [29]$$

kde:

- n - počet stromov na skusnej ploche
- d_{ij} - pomer menšej hrúbky ku hrubšej hrúbke v analyzovanom susediacom páre stromov

Index nadobúda hodnoty z intervalu 0 až 1. Porasty s malým hrúbkovým rozrôznením majú hodnoty indexu blízke 0 a naopak, porasty s veľkou hrúbkovou variabilitou nadobúdajú hodnoty indexu blížiac sa 1.

Pre lepšiu interpretáciu indexu navrhuje jeho autor nasledovnú štvorstupňovú stupnicu diferenciácie: malá (0.0-0.3), stredná (0.3-0.5), silná (0.5-0.7) a veľmi silná (0.7-1.0) diferenciácia. O niekoľko rokov neskôr navrhli AGUIRRE *et al.* (1998) rozdeliť hodnoty indexu TM do jemnejšej päťčlennej stupnice za účelom zjednodušenia porovnávania porastov medzi sebou a to nasledovne: nízka diferenciácia (0.0-0.2), mierna diferenciácia (0.2-0.4), zreteľná diferenciácia (0.4-0.6), silná diferenciácia (0.6-0.8) a veľmi silná diferenciácia (0.8-1.0).

Artenprofil index A (PRETZSCH 1996)

Pre kvantifikáciu priestorového vertikálneho rozdelenia druhov navrhol Pretzsch index A . Index je založený na báze Shannonovho indexu (SHANNON & WEAVER 1949) a má nasledovnú formu:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln p_{ij} \quad [30]$$

kde:

- S - počet druhov
- Z - počet vrstiev – etáží porastu
- p_{ij} - podiel stromov i -teho druhu v j -tej vrstve porastu

Vertikálny profil porastu je členený do troch výškových etáží, ktoré Pretzsch definuje relatívne z maximálnej výšky v poraste nasledovne:

1. do 50% (z h_{max})
2. 50-80%
3. nad 80%.

Tento index zahŕňa v sebe druhovú diverzitu a rozmiestnenie druhov v poraste. Index má najnižšiu hodnotu v rovnovekých rovnorodých porastoch. S nárastom etáží a nárastom zmiešania druhov rastie aj hodnota indexu.

Index porastovej diverzity B (JAEHNE & DOHRENBUSCH 1997)

Záverom uvedieme metódu, ktorá sa snaží komplexnejšie hodnotiť diverzitu na úrovni lesného porastu navrhnutú JAEHNEM & DOHRENBUSCHOM (1997). Títo autori vytvorili tzv. B - index, ktorý pozostáva z určenia štyroch premenných štruktúrnej diverzity porastu:

- * druhové zloženie drevín (D_A);
- * vertikálna štruktúra (D_S);
- * priestorové rozdelenie stromov (D_V);
- * diferenciácia korún (D_K).

Diverzita druhového zloženia, ktorá vychádza z myšlienky Shannonovho indexu, sa určuje na základe nasledovného vzťahu:

$$D_A = \log(S) \cdot (par - MA_{MAX} + MA_{MIN}) \quad [31]$$

kde:

- S - počet druhov drevín
- par - parameter, autori odporúčajú hodnotu 1.5
- MA_{MAX} - hodnota maximálneho zastúpenia dreviny
- MA_{MIN} - hodnota minimálneho zastúpenia dreviny

Premenná D_A dosahuje v čisto rovnorodých porastoch hodnotu 0. Pre zmiešané porasty strednej Európy sa za pomerne vysokú hodnotu D_A považuje 2.

Diverzita vertikálnej štruktúry D_S vyjadruje výškovú diferenciáciu medzi stromami tvoriacimi porast. Určuje sa na základe vzťahu využívajúceho parametre hrúbky, ktoré sú ľahko merateľné a dobre korelujú s výškou.

$$D_S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m d_{1.3MIN}}{\sum_{i=1}^m d_{1.3MAX}} \quad [32]$$

kde:

- m - počet meraných stromov (navrhujú 3)
- $d_{1.3MIN}$ - hrúbka najtenších stromov (cm)
- $d_{1.3MAX}$ - hrúbka najhrubších stromov (cm)

Hodnota D_S sa v reálnych podmienkach pohybuje v rozpätí od 0.4 do 0.9.

Ďalšou premennou, ktorá vstupuje do výpočtu B - indexu, je diverzita priestorového zloženia. Určuje sa na základe premennej D_V :

$$D_V = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n Ab_{MIN}}{\sum_{i=1}^n Ab_{MAX}} \right) \cdot ff \cdot st \quad [33]$$

kde:

- n - počet zmeraných rozostupov (navrhujú 3)
- Ab - rozostup stromov (m)

- ff - korekčný faktor
 st - faktor zohľadňujúci pňové výmladky

Pre výpočet premennej D_V je potrebné určiť dva korekčné faktory ff a st :

$$ff = U - \frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^n Ab_{MIN}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n Ab_{MAX}}{n}} \quad [34]$$

$$st = M_{250} - 0.1 + 1 \quad [35]$$

kde:

U - parameter, autori odporúčajú hodnotu 1.1

M_{250} - počet pňových výmladkov na 250 m²

Premenná D_V sa v reálnych porastových podmienkach pohybuje v rozmedzí hodnôt 0 - 1.5.

Poslednou premennou vstupujúcou do rovnice B - indexu je premenná D_K merajúca diferenciáciu korún:

$$D_K = \left[1 - \log \left(\frac{\sum_{i=1}^m Hn_{MIN}}{m} \right) \right] + \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m Kd_{MIN}}{\sum_{i=1}^m Kd_{MAX}} \right) \quad [36]$$

kde:

m - počet meraných stromov (navrhujú 2)

Hn_{MIN} - najmenšia výška nasadenia koruny (m)

Kd_{MIN} - najmenší priemer koruny (m)

Kd_{MAX} - najväčší priemer koruny (m).

Na základe výpočtu vyššie uvedených premenných určíme index porastovej diverzity B :

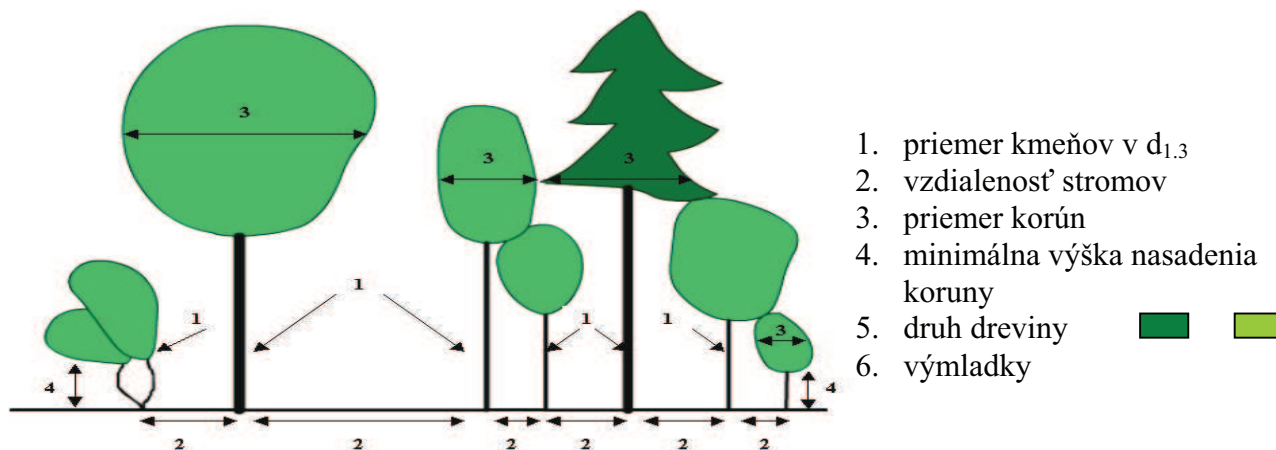
$$B = V_1 \cdot DZD + V_2 \cdot V\check{S} + PRS + DK \quad [37]$$

kde:

V_1, V_2 - váhové faktory ($V_1 = 4$ a $V_2 = 3$).

JAEHNE & DOHRENBUSCH (1997) ponúkajú aj celkové vyhodnotenie porastovej diverzity na základe hodnoty indexu B :

- $B \geq 9.0$ - veľmi rôznorodá výstavba porastu
- $8.0 \leq B < 8.9$ - rôznorodá výstavba porastu
- $6.0 \leq B < 8.0$ - nerovnomerná výstavba porastu
- $4.0 \leq B < 6.0$ - rovnomerná výstavba porastu
- $B < 4.0$ - monotónne porasty



Obrázok č. 31 Základné stromové charakteristiky pre výpočet B indexu

5.4.4. METODIKA SLEDOVANIA A MODELOVANIA ATMOSFÉRICKEJ DEPOZÍCIE

Výber plôch pre monitorovanie atmosférickej depozície podliehal zásadám medzinárodného monitoringu depozície (ICP – Forest, Level II). Na zachytávanie vertikálnych, respektíve podkorunových zrážok sme použili otvorené polyetylénové zberače z chemicky inertného materiálu voči dažďovej vode. Ich umiestnenie bolo nasledovné:

POPIS JEDNOTLIVÝCH PLOCH	OZNAČENIE
kolektor umiestnený na voľnej ploche (Šťaviny – lúka)	BH1-VP
kolektor umiestnený pod korunou smreka (odkvap stromu)	BH2
kolektor umiestnený v mladšej skupine	BH3
kolektor umiestnený v porastovej medzere	BH4

Objektom našej práce boli porasty skupiny lesných typov *Sorbeto Picetum* na lokalite Babia hora – Šťaviny. Vzorky z výskumnej plochy v NPR Babia hora boli odoberané v období od 14.06.2001 do 03.03.2002 v mesačných intervaloch (POLETA 2002). Týmto spôsobom bola zabezpečená nepretržitost' odberov za celé sledované obdobie. Celkovo sa odobrali vzorky 10 –krát. Odoberané vzorky boli transportované do laboratória Katedry prírodného prostredia (KPP) Technickej univerzity vo Zvolene, kde boli urobené chemické analýzy. Chemické analýzy boli prevedené postupmi podľa MIHÁLIKA *et al.* (1992) a novších laboratórnych postupov v laboratóriách KPP.

Tabuľka č. 5 Analyzované prvky a použité metódy pri chemických analýzach vzoriek z NPR Babia hora

PRVOK	METÓDA	JEDNOTKA
pH	potenciometricky, pomocou sklenej vysokoohňovej elektródy	
vodivosť	konduktometer (Conductivity Meter OK-102)	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
SO_4^{2-}	titračne s dusičnanom olovnatým na indikátor ditizon v acetónovom prostredí	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
NO_3^-	kolorimetricky so salycilanom sodným v prostredí kyseliny sírovej	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
K^+	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Na^+	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Mg^{2+}	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Ca^{2+}	atómová absorpčná spektrofotometria (GBC Avanta)	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
NH_4^+	kolorimetricky Nesslerovým činidlom	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

Následne sme vypočítali hodnoty atmosférických depozícií pre jednotlivé analyzované komponenty podľa vzorca:

$$AD = C_1 \cdot Z_1 + C_2 \cdot Z_2 + \dots + C_n \cdot Z_n \quad [38]$$

kde:

- C_n – koncentrácia látky vo vzorke z n -teho odberu
 Z_n – zrážkový úhrn k termínu n -teho odberu

Pomocou hodnôt celkových dlhodobých priemerných depozičných vstupov, príp. aktuálnych, sa vypočítal rozdiel medzi depozíciou a hodnotou kritickej záťaže pre skúmaný ekosystém. Výsledkom je tzv. prekročenie kritickej záťaže, t. j.:

$$\text{Prekročenie (S + N)} = \text{S dep} + \text{N dep} - \text{Kritická záťaž (S + N)}$$

Mapové zobrazenie depozičných procesov sme uskutočnili v prostredí IDRISI. Pre výpočet sme použili model podľa MINĎÁŠA & ŠKVARENINU (1998), kde sa celková depozícia počíta na základe čistej mokrej depozície a depozičného faktora. Klimatické prvky sme modelovali podľa OBREBSKEJ & STARKLOWEJ *et. al* (1998) a podľa databázy SHMÚ. Topografický podklad sme získali digitalizáciou výrezu mapy VKÚ Harmanec, Oravské Beskydy.

5.4.5. METÓDY DENDROCHRONOLÓGIE A DENDROKLIMATOLÓGIE PRI VÝSKUME BIODIVERZITY HORSKÝCH LESOV BABEJ HORY

Jeden z hlavných cieľov tejto štúdie bolo zistenie úrovne rastovo-produkčného procesu horských lesov Babej Hory, aby bolo možné posúdiť jeho závislosť od štruktúrnej diverzity a to hlavne v spojitosti s vývojovým štádiom prírodného lesa, podmienok prostredia a odhadnúť potenciálny možný vplyv klimatických zmien na rast smreka v tejto oblasti.

Empirický materiál pre naplnenie stanovených cieľov pozostával z 68 vzorníkov smreka vybratých na 57 plochách založených pri riešení tohto projektu. Vzorníky boli vybraté z úrovne a nadúrovne založených plôch a to tak, aby reprezentovali homogénne biosociologické postavenie. Z každého vzorníka boli Presslerovým nebožiecom odobraté vývrty vo výške 1.20 m od zeme a následne spracované podľa zásad dendrochronológie (transport, opracovanie, meranie a synchronizácia).

Ročné radiálne prírastky sa zistili zmeraním vývrtov na digitalpositiometri s presnosťou 0.01mm. Získané empirické letokruhovú diagramy sa synchronizovali a následne spracovávali v programe DAS (Dendrochronological Analysis System, JANIČEK 1991).

Synchronizácia bola vykonaná metódou krížového datovania. Porovnávaciu bázu tvorili letokruhovú diagramy získané z kmeňových analýz v roku 2001 z horských lesoch Babej Hory (ĎURSKÝ & ŠKVARENINA 2001). Vzhľadom na veľké rozpätie nadmorských výšok odobratých vzorníkov (1173 – 1503m n.m.) boli vytvorené štyri pásma nadmorskej výšky (do 1260 m n.m., 1260-1360 m n.m., 1360-1460 m n.m. a nad 1460 m n.m.), v ktorých sa synchronizovali letokruhovú diagramy diferencovane. Tým sa zabezpečila väčšia spoľahlivosť synchronizácie. V prvom pásme sa synchronizovalo 14 vývrtov, v druhom 16, v treťom 20 vo štvrtom 14 sérií.

Základným prostriedkom pre predikciu klimatickej zmeny boli klimatické modely berúce do úvahy všetky hlavné zložky klimatického systému vrátane radiačnej bilancie, ktorá je ovplyvnená zmenou koncentrácií GHGs. Súčasný stav klímy je s dostatočnou presnosťou simulovaný súčasnými prepojenými modelmi všeobecnej cirkulácie ovzdušia (General Circulation Models (GCMs) = modely všeobecnej cirkulácie atmosféry). Modely sú najpresnejšie na globálnej úrovni. Na regionálnej úrovni je ich presnosť menšia.

Pri riešení tejto úlohy je využitý scenár z kategórie GCMs a to odvodený z modelov Kanadského strediska pre klimatické modelovanie a analýzu vo Victorii (Britská kolumbia, Kanada). Ide o najnovší prepojený model 2. generácie, ktorý sa označuje ako CCCM 2000. Tento model predstavilo stredisko s krátkou charakteristikou na internete v roku 2000 a v literatúre o rok neskôr (FLATO & BOER 2001). Model predpokladá postupný nárast radiačne aktívnych plynov (GHGs) v atmosfére zodpovedajúci pozorovaniam od roku 1850 do súčasnosti (1996) a rast o 1% za rok až do roku 2100. Model tiež predpokladá priame účinky síranových aerosólov prostredníctvom albeda povrchu zeme. Pri tejto novej generácii modelov je tým, že sú jednotlivé klimatické premenné medzi sebou navzájom previazané, zabezpečená fyzikálna konzistentnosť prognózy. V priebehu regionálnej modifikácie sa však môže takáto fyzikálna konzistentnosť porušiť, preto sa buď následne rieši analyticky alebo pomocou štatistickej analýzy (LAPIN *et al.* 2001).

Výstupy GCMs nereprezentujú reálne sa vyskytujúcu klímu v konkrétnom bode. S určitosťou však môžeme predpokladať, že reprezentujú územné priemery klimatických premenných v priestore uzlových bodov, teda na ploche asi 60-100 tisíc km², čiže až na dvojnásobku plochy Slovenska. Navyše ide o priestor so značne zladenou orografiou bez reálne sa vyskytujúcich lokálnych náveterných a záveterných efektov. Ak pri modifikácii výstupov GCMs

chceme získať časové údaje pre jednotlivé stanice, tak je potrebné nájsť vzťah medzi časovými údajmi územných priemerov a časovými radmi na jednotlivých stanicach a tak následne územné priemery modifikovať. Pre účely tejto práce boli územné priemery modifikované pre meteorologickú stanicu Oravská Polhora a to s využitím referenčného obdobia 1951 – 1980. Modifikácia sa dotýkala dvoch klimatických charakteristík a to mesačných úhrnov zrážok a priemerných mesačných teplôt a bola vykonaná v rámci riešenia Národného klimatického programu v roku 2001 kolektívom autorov LAPIN & MELO & DAMBORSKÁ (2001).

Dendroklimatický model patrí do kategórie empirických modelov, ktoré sú založené na štatistickom hodnotení empiricky odvodených závislostí medzi časovými radmi letokruhových parametrov a mesačnými klimatickými charakteristikami. Podstatou štatistického hodnotenia je viacnásobný lineárny regresný model (FRITTS 1976, COOK & KAIRIUKŠTIS 1990):

$$\hat{y}_i = \sum_{k=0}^K x_{i,k} \cdot \beta_k + a + \varepsilon_i \quad [39]$$

kde:

- \hat{y}_i – odhad hodnoty parametrov radiálneho prírastku (šírky letokruhov)
- $x_{i,k}$ – nezávislá premenná reprezentujúca mesačné klimatické charakteristiky v roku i
- β_k – regresný koeficient
- a – konštanta
- ε_i – reziduál po regresnom odhade.

V našom prípade bol dendroklimatický model zostavený ako jednotlivo-stromový, do ktorého ako nezávislé premenné ($x_{i,k}$) vstupovali priemerné mesačné teploty ($T_1...T_{14}$) a mesačné úhrny zrážok ($Z_1...Z_{14}$) od júla predchádzajúceho roku do augusta bežného roku, teda celkom 28 klimatických premenných. Výhodou takéhoto postupu je, že môžeme pomerne presne odhadnúť rastovú reakciu na klimatické faktory, pričom nemusíme poznať fyziologické procesy súvisiace s rastovou odozvou. Dôsledkom naopak je, že nie sme schopní postihnúť rastové reakcie na bunkovej úrovni, ale hodnotíme sumarizované prejavy vyjadrené napr. šírkou letokruhu.

Dendrochronologický rad (závislá premenná - \hat{y}_i) predstavovali relativizované (vykonala sa indexácia) hodnoty nameraného radiálneho prírastku jednotlivých stromov. Indexáciou sa dosiahlo odstránenie vplyvu vekového trendu na veľkosť prírastku, čím sa splnila jedna z dôležitých podmienok dendroklimatického modelovania – tj. stacionarita časovej rady. Vekový trend bol v našom prípade stanovený matematicky definovanou rastovou funkciou, ktorá popisuje priebeh radiálneho rastu v závislosti od veku (ŠMELKO 2000). Pri tejto operácii sa zároveň odstránil aj vplyv stanovišťa na absolútnu hodnotu prírastku. Letokruhový index sa vypočítal podľa nasledujúceho vzťahu:

$$I_t = \frac{y_t}{\bar{y}_t} \quad [40]$$

kde:

- I_t – index radiálneho prírastku,
- y_t – skutočný prírastok,
- \bar{y}_t – vyrovnaná hodnota odpovedajúca vekovému trendu

5.5. VÝSLEDKY POKUSU A ICH ZOVŠEOBECNENIE

5.5.1. ZHODNOTENIE STROMOVÝCH CHARAKTERISTÍK

5.5.1.1. ANALÝZA VÝŠKOVEJ ŠTRUKTÚRY

Záujmové územie zaberá pomerne široké rozpätie prírodných podmienok. Ide o lesy na hornej hranici lesa, čo významne zvyrazňuje efekt vplyvu faktora minima na rast a produkciu lesa ako celku či jeho jednotlivých zložiek - stromov.

Dobrym už dlhodobejšie v lesníctve zaužívaným indikátorom kvality prostredia pre rast stromov je horná výška porastu. Prvá časť tejto analýzy je preto zameraná na konštrukciu v podstate jednoduchého modelu popisujúceho závislosť hornej výšky na nadmorskej výške.

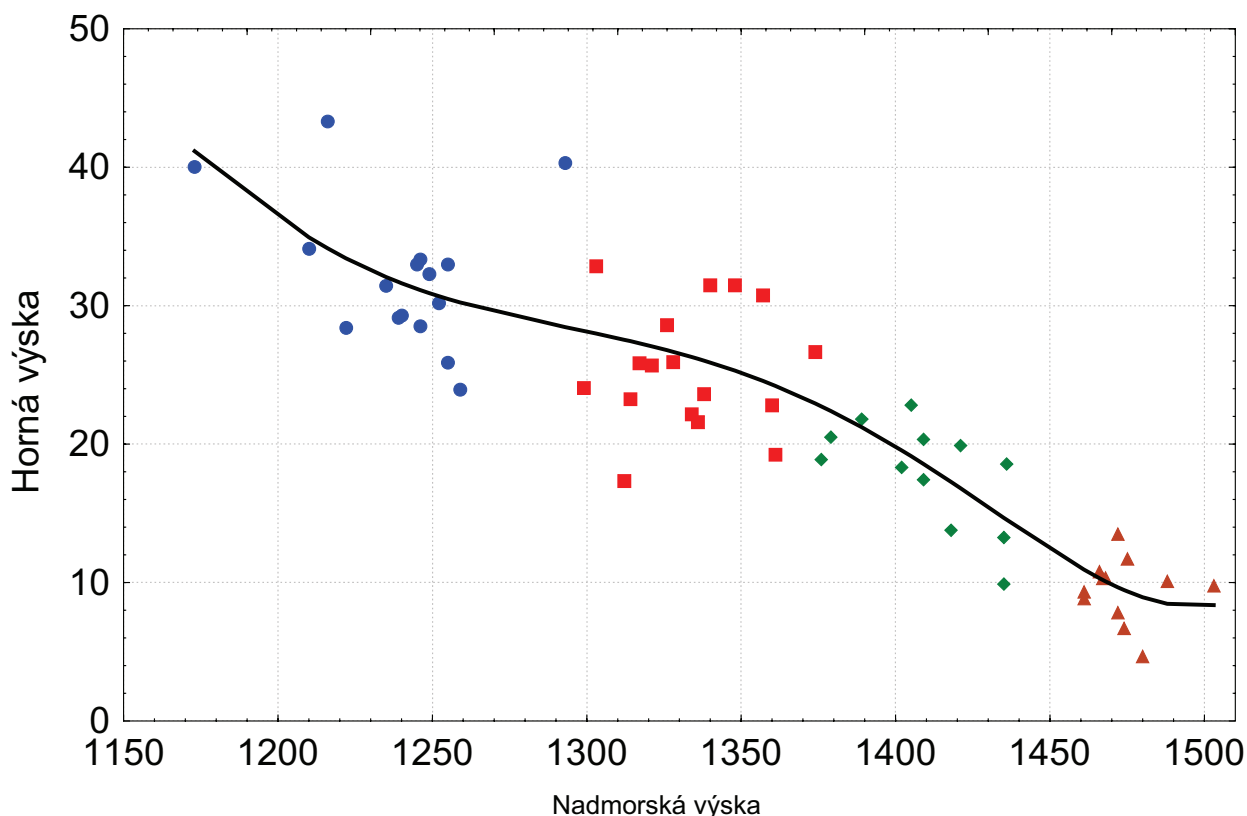
Ako vyplýva z obrázku 32, horná výška výrazne reaguje na rast nadmorskej výšky. Na obrázku sú farebne vylíšené štyri výškové zóny s približne rovnakou hornou výškou. Táto výšková zónovitosť sa pomerne dobre zhoduje s výškovou kategorizáciou navrhnutou pred začatím terénneho merania. Význam výškovvej zónovitosti pre matematicko – štatistickú analýzu spočíva v znížení variability výšok pri konštrukcii štádiových výškových kriviek. Odhadnuté parametre funkcie [6] uvádzame v tabuľke 6. Platnosť tejto funkcie je čiastočne obmedzená na rozpätie nadmorskej výšky, pre ktoré bola parametrizovaná. V skutočnosti tu ide o 350 výškových metrov.

Tabuľka č. 6 Parametre (a) funkcie [6] pre odhad hornej výšky v závislosti na nadmorskej výške a jej štatistická charakteristika (n - rozsah výberu, I_{yx} - index korelácie, $(I_{yx})^2$ - index determinácie, S_{yx} - absolútna stredná chyba regresnej krivky, $S_{yx}\%$ - relatívna chyba regresnej krivky)

Parametre					
a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
-1984.12663	5.87253462	-0.00651265417	0.00000320502521	-0.000000000590286008	56.29
N			57		
I_{yx}			0,905		
$(I_{yx})^2$			0,819		
S_{yx}			3,940		
$S_{yx}\%$			17,700		

Z tabuľky č. 6 vyplýva, že medzi nadmorskou výškou a hornou výškou porastu je tesná závislosť, keďže navrhnutou funkciou vysvetľujeme približne 82% variability hornej výšky. Zvyšok, t.j. 18%, pripadá na náhodné a nami neuvažované faktory. Chyba určenia hornej výšky na základe nadmorskej výšky je však pomerne veľká a predstavuje 3.9m (pri spoľahlivosti 68%).

Z nameraného empirického materiálu sa pre parametrizáciu štádiových výškových kriviek, ktoré vyjadrujú závislosť výšky stromu od jeho hrúbky, použili iba nepoškodené živé stromy. Odvozené parametre pre výškové krivky ako aj ich štatistickú charakteristiku uvádzame pre drevinu smrek v tabuľke 7. Pri drevine jarabina sa robila iba jedna štádiová výšková krivka, nakoľko nebolo pre nedostatok empirických údajov možné urobiť podrobnejšiu analýzu. Jej charakteristiku uvádzame v tabuľke 8.



Obrázok č. 32 Závislosť hornej výšky na nadmorskej výške

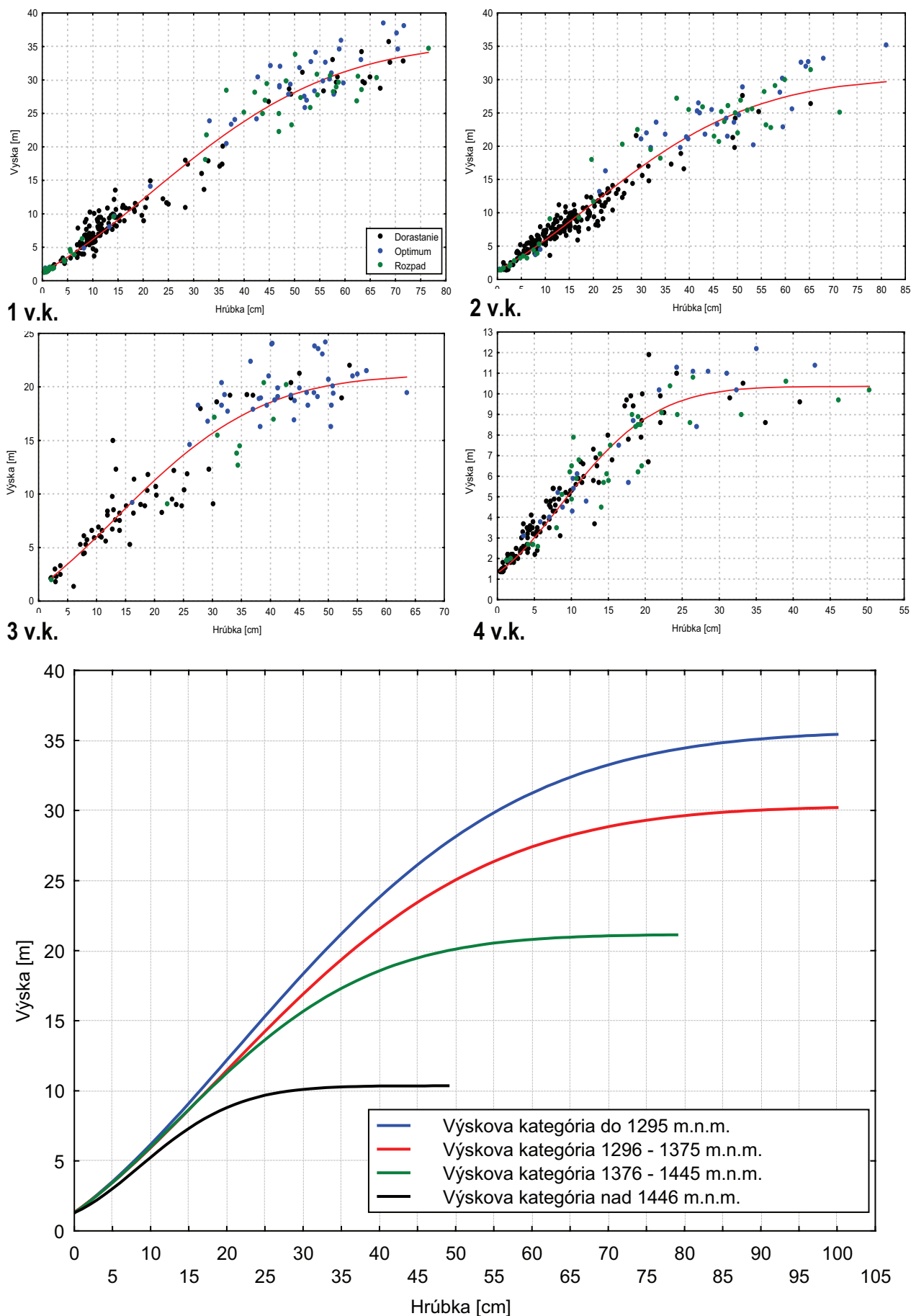
 Tabuľka č. 7 Parametre štádiových výškových kriviek pre drevinu smrek (*Picea abies* L.) a ich štatistická charakteristika

Výšková zóna	Parametre funkcie					n	lyx	$(Iyx)^2$	Syx	$Syx\%$
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4					
do 1295	0.44000	-0.85817	-0.01153	-0.00038	81.22822	210	0.986	0.971	1.962	13.32
1296 – 1375	0.11111	-2.23864	-0.01250	-0.00032	293.59935	247	0.972	0.945	1.933	16.60
1376 – 1445	0.20610	-1.64300	-0.01900	-0.00100	102.68700	105	0.945	0.894	2.165	16.40
nad 1446	0.02000	-4.04600	-0.02600	-0.00300	517.83400	178	0.958	0.918	0.854	16.75

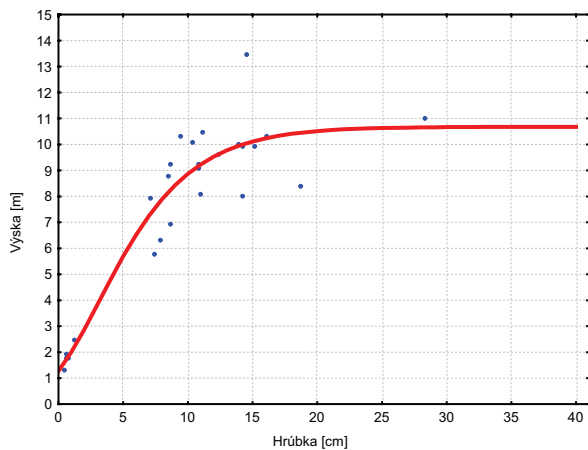
 Tabuľka č. 8 Parametre štádiovej výškovej krivky pre drevinu jarabina (*Sorbus aucuparia* L.) a jej štatistická charakteristika

Výšková zóna	Parametre funkcie			n	lyx	$(Iyx)^2$	Syx	$Syx\%$
	a_0	a_1	a_2					
1170 - 1490	10.683	8.445	0.784	26	0.932	0.869	1.178	15.16

Z tabuliek vyplýva, že závislosť medzi hrúbkou stromov a ich výškou v jednotlivých zónach i drevinách je veľmi tesná a pohybuje sa v rozpätí 0.93 – 0.99. Index determinácie $(Iyx)^2$ hovorí, že 87 – 97% tejto závislosti je popísané zvolenou funkciou. Chyba odhadu výšky stromu Syx (pri spoľahlivosti 68%) na základe hrúbky pri použití funkcií ([7] [8]) sa pohybuje od 85 – 217 cm. Najnižšia absolútna variabilita je v najvyššej výškovej zóne a najvyššia v zóne 3, t.j. od 1376 do 1454 m.n.m.. Ak sa však pozrieme na relatívne odchýlky, vidíme, že z pribúdajúcou nadmorskou výškou sa variabilita veľmi nemení a ostáva proporcionálne k výške rovnaká. Priemerná variabilita výšok okolo výškovej krivky sa pohybuje okolo 15.8%.



Obrázok č. 33 Štádiové výškové krivky pre drevinu smrek obyčajný (*Picea abies* L.)



Obrázok č. 34 Štádiová výšková krivka pre drevinu jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.)

štádiách prírodného lesa ako aj po vylíšených výškových kategóriách.

Prvá a druhá výšková kategória lesov v oblasti Babej Hory je ovplyvnená prímiesou jarabiny v spodnej etáži, čo samozrejme ovplyvňuje aj výškovú štruktúru porastu. Prejavuje sa to vo variačnom rozpätí, resp. vo variabilite výšok stromov. Veľkosť tohto vplyvu môžeme vidieť na obrázku 38, kde uvádzame variačné koeficienty výšok stromov okolo ich priemernej výšky. Z obrázku tiež vyplýva, že pri samostatnej analýze výšok pre drevinu smrek poklesne variačný koeficient zhruba na 2/3 z celkovej variability výšok bez ohľadu na druh dreviny. Výsledky na obrázku zároveň dokumentujú, že v tretej a štvrtej výškovvej kategórii nedošlo k výraznejšej zmene variability po vylúčení jedincov jarabiny, pretože v týchto zónach je porast tvorený takmer výlučne smrekom. Jarabina teda svojou prítomnosťou výrazne zvyšuje štruktúrovnosť lesného porastu.

V nasledujúcej časti otestujeme vplyv viacerých vybraných faktorov, o ktorých predpokladáme, že majú na štruktúru výšok vplyv, resp. chceme ich vplyv na túto veličinu overiť.

V prvom kroku nás zaujímalo, či existuje významný vplyv vývojového štádia na priemernú výšku stromu. Túto analýzu sme vykonali samostatne pre každú výškovú kategóriu. Keďže výška je veličina, ktorá sa vzťahuje na jeden strom a v každej výškovvej kategórii sme založili po päť, resp. štyri, pokusné plochy, celkový rozptyl sa tu rozkladá na tri zložky a to na rozptyl výšok stromov okolo priemernej výšky na konkrétnej skusnej ploche, na rozptyl priemerných výšok okolo priemernej výšky v príslušnom štádiu a nakoniec na rozptyl priemerných výšok jednotlivých vývojových štádií okolo celkového priemeru výšok. Nás prevažne zaujíma variabilita medzi štádiami pri vylúčení vplyvu variability výšok na skusných plochách, ale zároveň pri účasti celkovej variability tvorenej jednotlivými stromami.

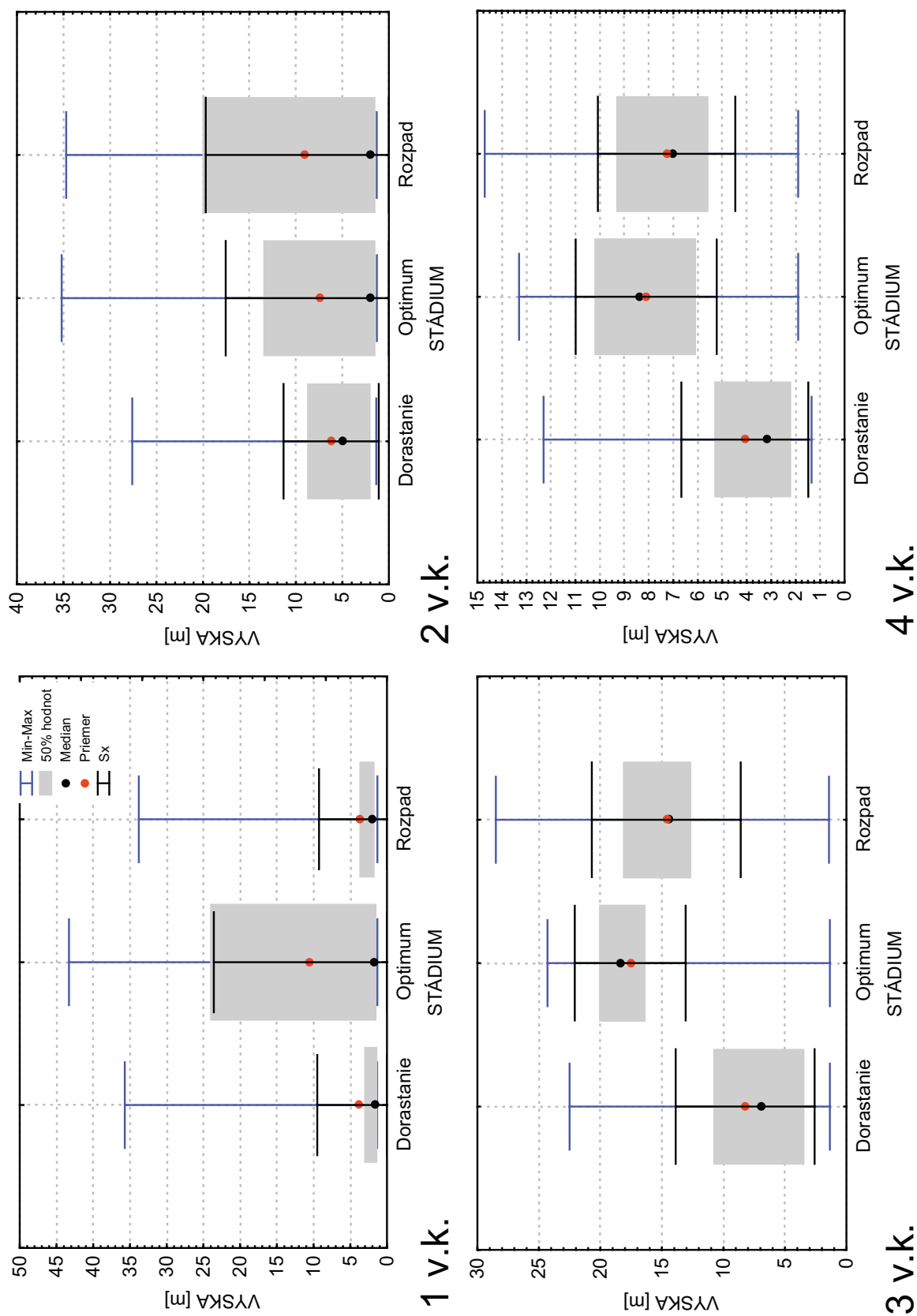
Pre analýzu tohto problému sme použili hierarchickú dvojfaktorovú analýzu variancie. Výsledky analýzy uvádzame v tabuľke 9. Ako je možné z údajov v tabuľke vidieť, v takmer všetkých prípadoch sme zistili silný vplyv vývojového štádia prírodného lesa na výškovú štruktúru (testovacia charakteristika F). Jedine v druhej výškovvej kategórii sme v súbore dát bez ohľadu na druh dreviny ako aj pri drevine jarabina zaznamenali štatisticky nevýznamné rozdiely v priemerných výškach medzi jednotlivými štádiami. V súbore porastovej zmesi je ale výsledok na hranici štatistickej významnosti, čo je určite spôsobené prímiesou jarabiny, ktorá, ako sme už uviedli výrazne zvyšuje variabilitu výšok.

Ďalšou analýzou testujeme kombinovaný vplyv vývojového štádia a výškovvej kategórie na priemernú výšku. Obdobne ako v predchádzajúcom prípade sme k tomuto účelu použili dvojfaktorovú analýzu variancie. V tabuľke 10 uvádzame výsledky, z ktorých vyplýva, že v porastovej zmesi ako aj pri drevine smrek vychádza samostatný vplyv týchto faktorov štatisticky významne. Interaktívny vplyv oboch skúmaných faktorov sa štatisticky významne prejavil iba pri drevine smrek. Pri drevine jarabina sme nezaznamenali ani v jednom prípade štatisticky významný výsledok.

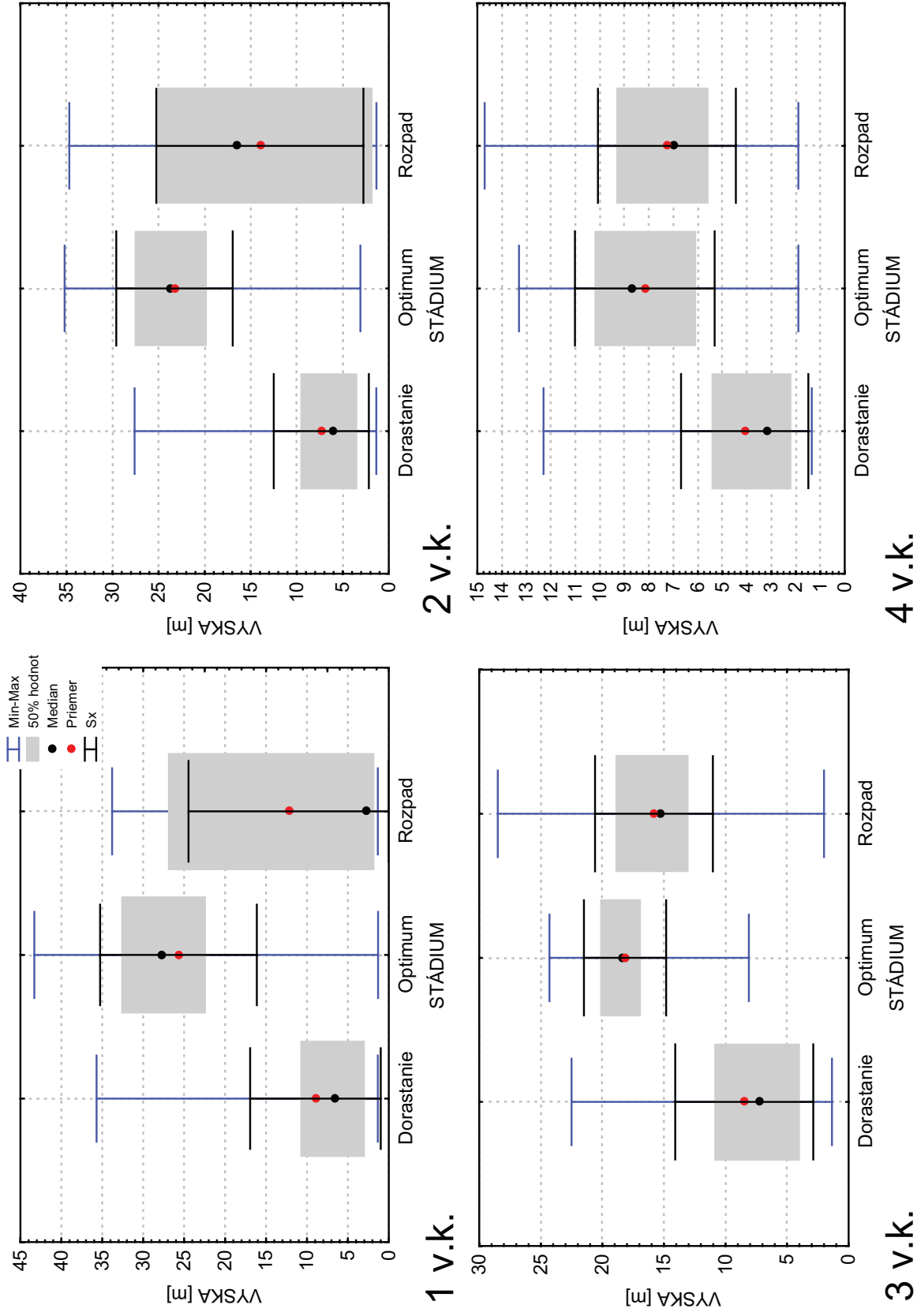
Priebeh výškovvej krivky jarabiny je v porovnaní s krivkami smreka strmší a výškový rast kulminuje skôr – pri tenších hrúbkach. Výskyt stromov s väčšími dimenziami je pri tejto drevine v skúmanej oblasti len sporadický, pretože jarabina tu rastie pod silným tlakom dominantného smreka a zároveň je silne poškodzovaná zverou.

Maximálnu výšku sme zaznamenali v prvej výškovvej zóne v štádiu optima pre drevinu smrek, ktorá má hodnotu cca 44m. Pri drevine jarabina sme najvyššiu výšku namerali taktiež v prvej výškovvej kategórii v štádiu dorastania s hodnotou cca 14m.

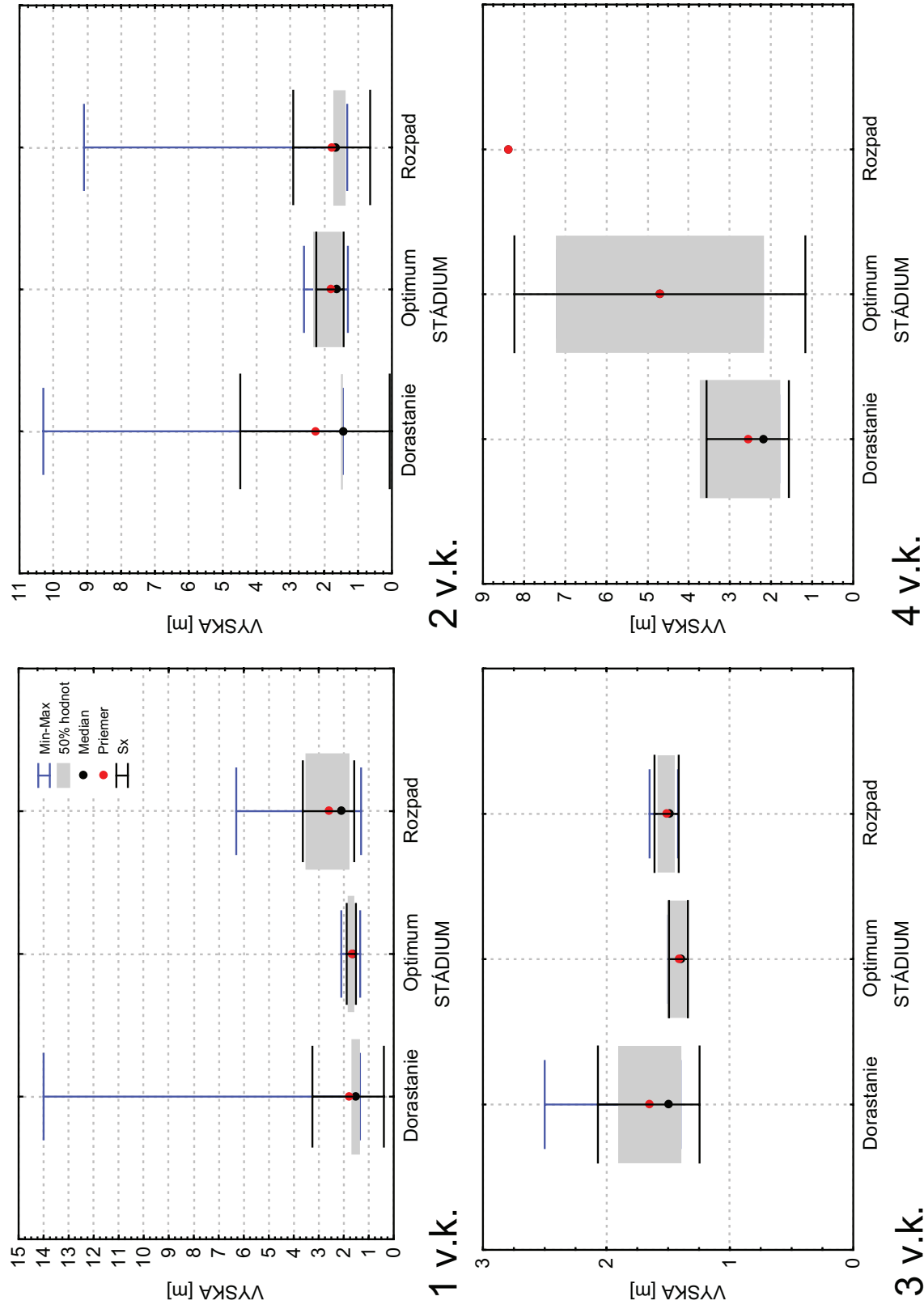
V ďalšej časti analyzujeme výškovú štruktúru podrobnejšie. Na obrázkoch 35- 37 máme možnosť vidieť štatistickú charakteristiku výšok jednotlivého stromu po vývojových



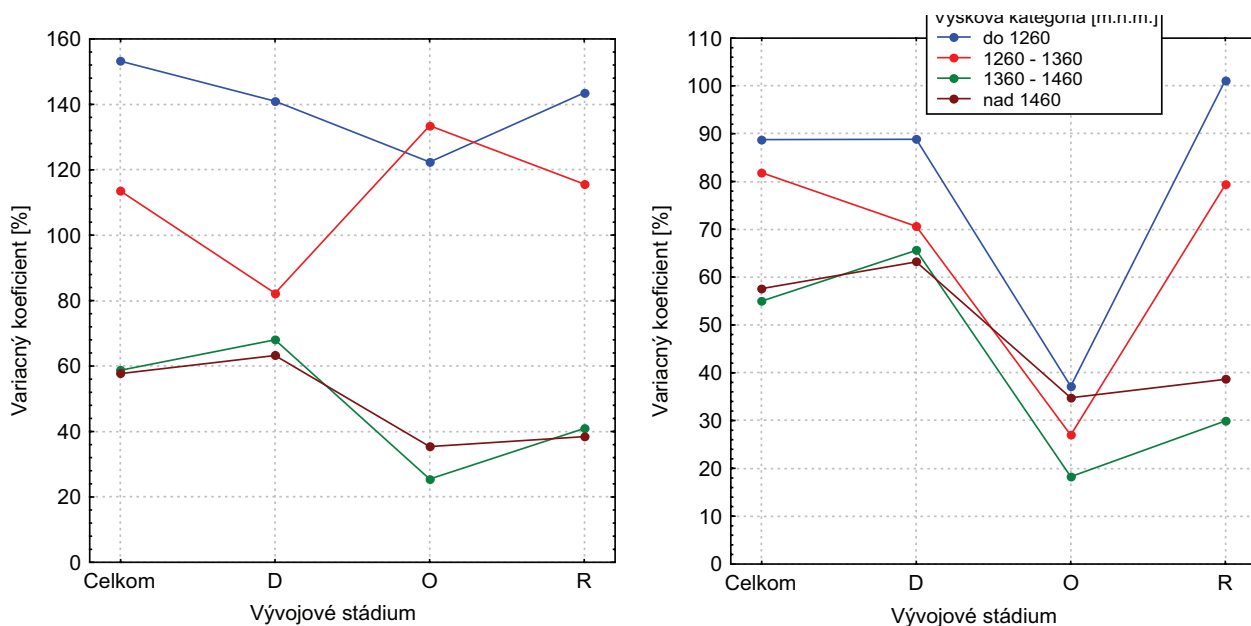
Obrázok č. 35 Štatistická charakteristika výškovej štruktúry v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách bez ohľadu na druh dreviny



Obrázok č. 36 Štatistická charakteristika výškovej štruktúry v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách pri drevine Smrek obyčajný (*Picea abies* L.)



Obrázok č. 37 Štatistická charakteristika výškovej štruktúry v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách pri drevine Jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.)



Spolu

Smrek

Obrázok č. 38 Priebeg variačných koeficientov výšky stromu v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

Grafickú interpretáciu tejto analýzy môžeme vidieť na obrázku 39, ktorý zobrazuje zmenu priemernej výšky v závislosti od vývojového štádia resp. výškovej kategórie. Pri porastovej zmesi (smrek a jarabina spolu) v štádiu dorastania priemerná výška s nadmorskou výškou stúpa po tretiu výškovú kategóriu. Tento tak trochu nelogický trend je spôsobený práve vplyvom prímеси jarabiny, ktorej početnosť s nadmorskou výškou klesá, čím sa mení vyspelosť porastu. V štvrtej výškovej kategórii je už rast stromov silne ekologicky, hlavne klimaticky, limitovaný, čo má za následok zníženie priemernej výšky. V štádiu rozpadu je situácia obdobná. V optime sa priemerná výška s nadmorskou výškou znižuje, resp. po tretiu výškovú kategóriu ostáva zhruba na rovnakej úrovni, a vo štvrtej výškovej zóne prudko klesá. Nižšia priemerná výška v druhej výškovej zóne opäť súvisí s prítomnosťou jarabiny.

Pri drevine smrek sa priemerná výška v štádiu dorastania a rozpadu veľmi nemení, až vo štvrtej výškovej zóne prudšie klesá. V prvých troch výškových zónach sa vyrovnáva vplyv množstva mladších jedincov s vplyvom klimatických podmienok. V optime sa priemerná výška smreka s pribúdajúcou nadmorskou výškou znižuje.

Pri drevine jarabina sme takéto jednoznačné priebehy nezistili, ale môžeme usudzovať, že vitálna jarabina nalieta v štádiu rozpadu, veľmi dobre obsadí priestor a rastie rýchlejšie ako smrek, o čom svedčí aj strmosť jej výškovej krivky. Jej rast však nedosahuje takú potenciú ako rast smreka a to už z hore uvedených príčin (konkurencia smreka, poškodzovanie zverou), preto sa len veľmi zriedka dostane do vyšších vrstiev. To sa práve prejavuje v štádiu dorastania, kedy sa pre ňu končí obdobie výhodného postavenia. Logicky by sme očakávali, že s nadmorskou výškou bude jej priemerná výška klesať, čo potvrdzuje aj priebeh kriviek v prvých troch výškových kategóriách. Vo štvrtej výškovej zóne však v priebehu nastáva obrat, z čoho usudzujeme, že v nižších nadmorských výškach bol jej rast limitovaný smrekom. Na hornej hranici lesa konkurencia smreka ustupuje, pretože tu sú porasty zväčša rozpojené s dostatkom svetla, čím sa pre jarabinu vytvárajú vhodné podmienky. V tejto zóne sa môže uchýtiť pod ochranou smreka a na okraji skupiniek nerušené rásť s vrcholom rastu v štádiu optima a rozpadu.

Záverom tejto analýzy sme preskúmali, medzi ktorými vývojovými štádiami existuje štatistický významný rozdiel. Vo väčšine prípadov (obrázok 40) sa štádium dorastania výrazne odlišuje od zvyšných dvoch štádií, t.j. optima a rozpadu (neprelínanie sa konfidenčných intervalov $KI = 1.96 \cdot \text{Stredná chyba}$). Jedine v druhej výškovej kategórii sa pri porastovej zmesi a pri drevine jarabina nepreukázali významné rozdiely. Medzi štádiom optima a rozpadu sme ani v jednom

prípade nezistili signifikantný rozdiel, čo je spôsobené tým, že priemerná výška v rozpade je iba o niečo menšia ako v optime, a tiež tým, že variabilita v štádiu rozpadu je vplyvom prítomnosti juvenilných fáz vyššia. Z obrázku 40 taktiež vyplýva, že so stúpajúcou nadmorskou výškou klesá rozdiel medzi štádiom optima a rozpadu.

Tabuľka č. 9 Hierarchická dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia na priemernú výšku. (♣ – počet stupňov voľnosti je počítaný použitím Satterthwait metódy; hladina spoľahlivosti – *95%, **99%, ***99.9%).

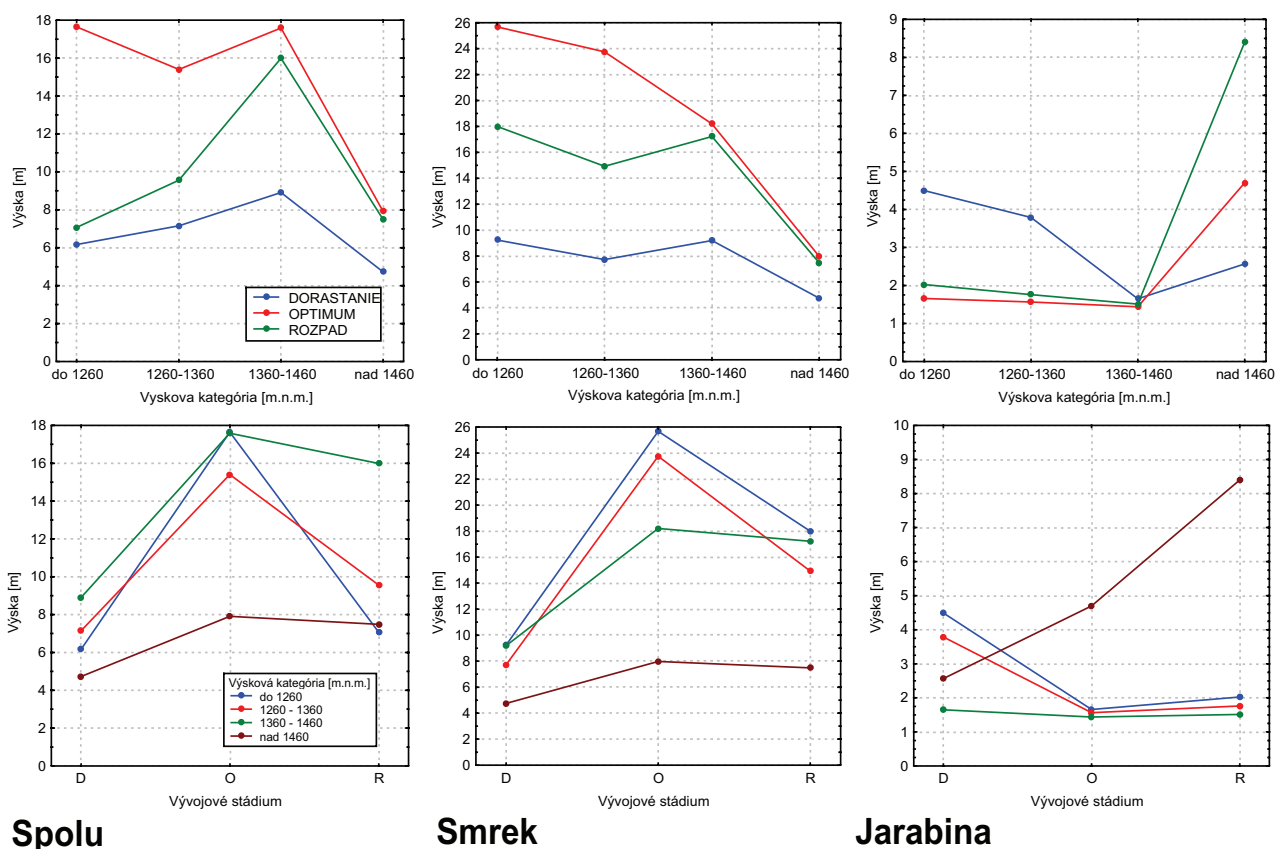
Drevina	Výšková kategória	Faktor	Povaha faktora	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	Počet stupňov voľnosti pre reziduál*	Priemer štvorca odchýlok reziduálu	F	Hladina spoľahlivosti
Spolu	1	Štádium	Pevný	2	5527.32	13.17	524.62	10.54	0.002 **
		Sk. plocha	Náhodný	12	1379.75	1848.00	37.55	36.74	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	2893.22	12.46	843.38	3.43	0.065
		Sk. plocha	Náhodný	12	1249.38	817.00	46.23	27.03	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	2399.79	13.48	109.00	22.02	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	135.37	320.00	25.65	5.28	0.000
	4	Štádium	Pevný	2	560.70	9.27	76.20	7.36	0.012 *
		Sk. plocha	Náhodný	9	92.70	594.00	5.97	15.53	0.000
Smrek	1	Štádium	Pevný	2	8272.71	12.91	540.96	15.29	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	720.30	421.00	70.69	10.19	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	7857.19	13.05	279.18	28.14	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	398.45	470.00	34.87	11.43	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	2582.86	13.11	114.51	22.56	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	145.15	306.00	20.29	7.15	0.000
	4	Štádium	Pevný	2	551.91	9.27	76.22	7.24	0.013 *
		Sk. plocha	Náhodný	9	92.76	588.00	5.95	15.58	0.000
Jarabina	1	Štádium	Pevný	2	98.16	11.29	6.39	15.36	0.001 ***
		Sk. plocha	Náhodný	8	41.53	1409.00	1.16	35.71	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	21.27	10.24	9.65	2.21	0.160
		Sk. plocha	Náhodný	9	27.70	328.00	0.89	30.99	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	0.05	5.07	0.17	0.28	0.765
		Sk. plocha	Náhodný	5	0.17	6.00	0.03	5.33	0.033
	4	Štádium	Pevný	2	13.06	0.95	18.25	0.72	0.647
		Sk. plocha	Náhodný	1	12.50	2.00	1.00	12.46	0.072

Poslednou analýzou, ktorej predmetom je výška stromu, je frekvenčná analýza. Výsledky tejto analýzy dokumentujeme graficky na obrázkoch 41 a 42. Z uvedených obrázkov môžeme veľmi dobre vidieť základné teóremy platné pre charakteristiku vývojových štádií prírodného lesa, pričom sú zreteľnejšie na obrázkoch platných len pre drevinu smrek. V štádiu dorastania prevládajú juvenilné výškové triedy s tým, že variačné rozpätie výšok zasahuje aj do vyšších výškových tried. Ide o stromy, ktoré rástli prevažne v strednej úrovni až podúrovni a po vypadnutí dominantných jedincov hornej vrstvy dostali priestor pre dokončenie svojho rastového procesu. V štádiu optima dominujú jedince dosahujúce „maximálne“ rozmery a chýbajú, resp. sa len sporadicky vyskytujú

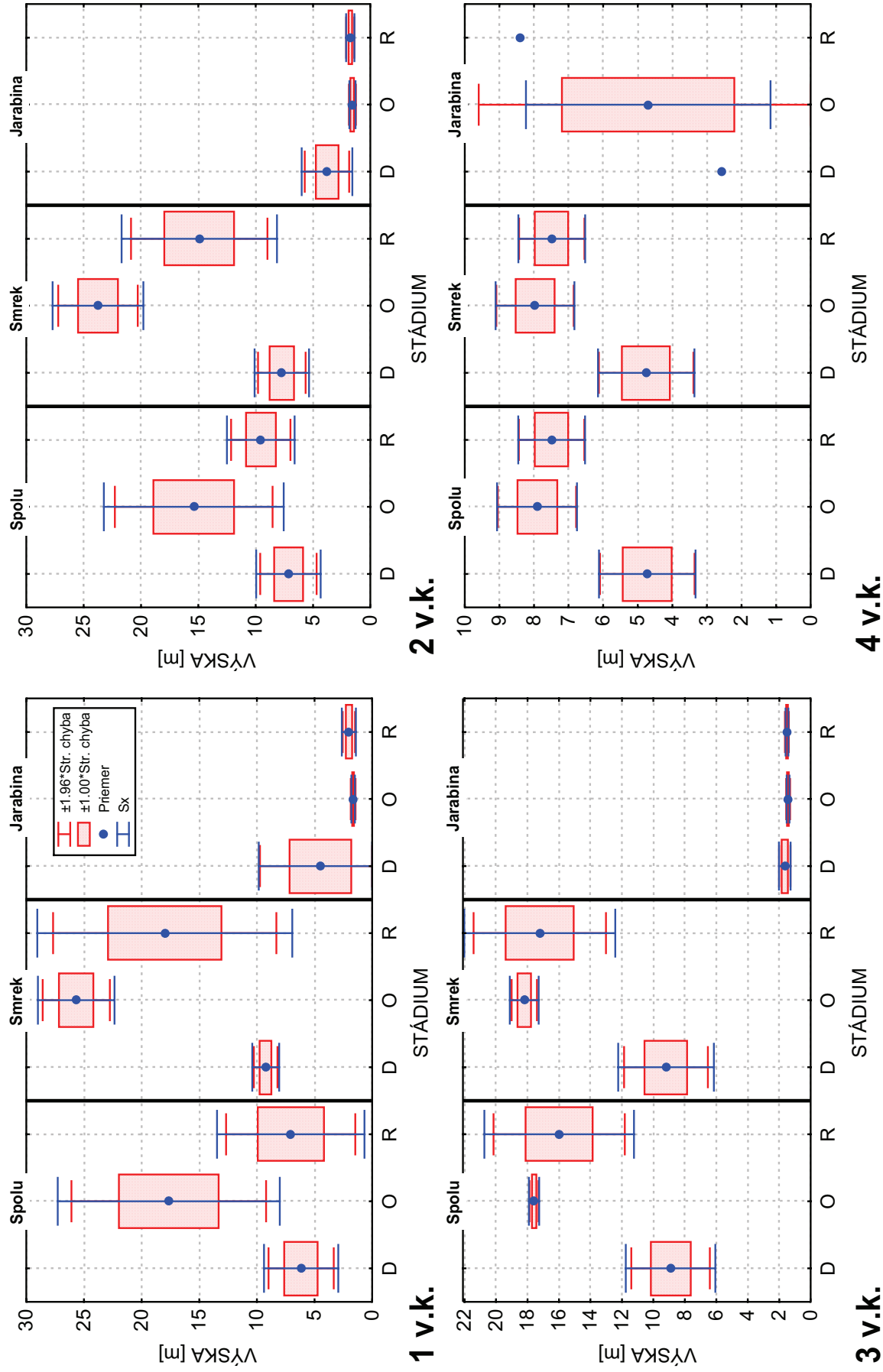
jedince juvenilných fáz. V štádiu rozpadu začínajú vypadávať najmohutnejšie jedince a registrujeme zvýšený výskyt obnovy a jedincov v nízkych výškových triedach.

Tabuľka č. 10 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na priemernú výšku.

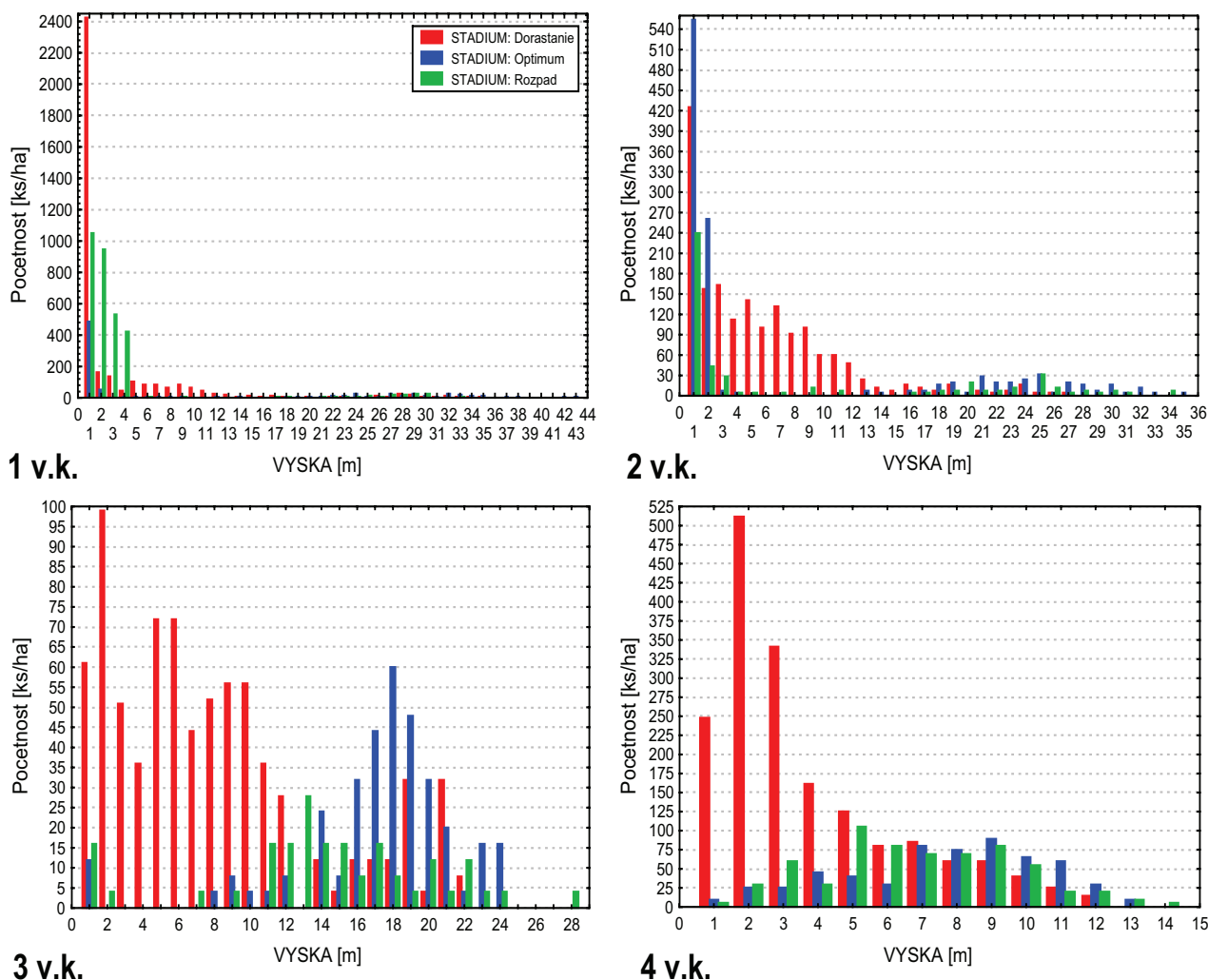
Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Štádium	592.83	2	296.42	13.02	0.000 ***
	Výšková kategória	373.21	3	124.40	5.46	0.003 **
	Štádium* Výšková kategória	187.02	6	31.17	1.37	0.248
	Chyba -Reziduál	1024.40	45	22.76		
Smrek	Štádium	1189.07	2	594.53	28.10	0.000 ***
	Výšková kategória	874.84	3	291.61	13.78	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	297.54	6	49.59	2.34	0.047 **
	Chyba -Reziduál	952.15	45	21.16		
Jarabina	Štádium	5.38	2	2.69	0.51	0.604
	Výšková kategória	33.69	3	11.23	2.15	0.122
	Štádium* Výšková kategória	33.54	6	5.59	1.07	0.409
	Chyba -Reziduál	120.25	23	5.23		



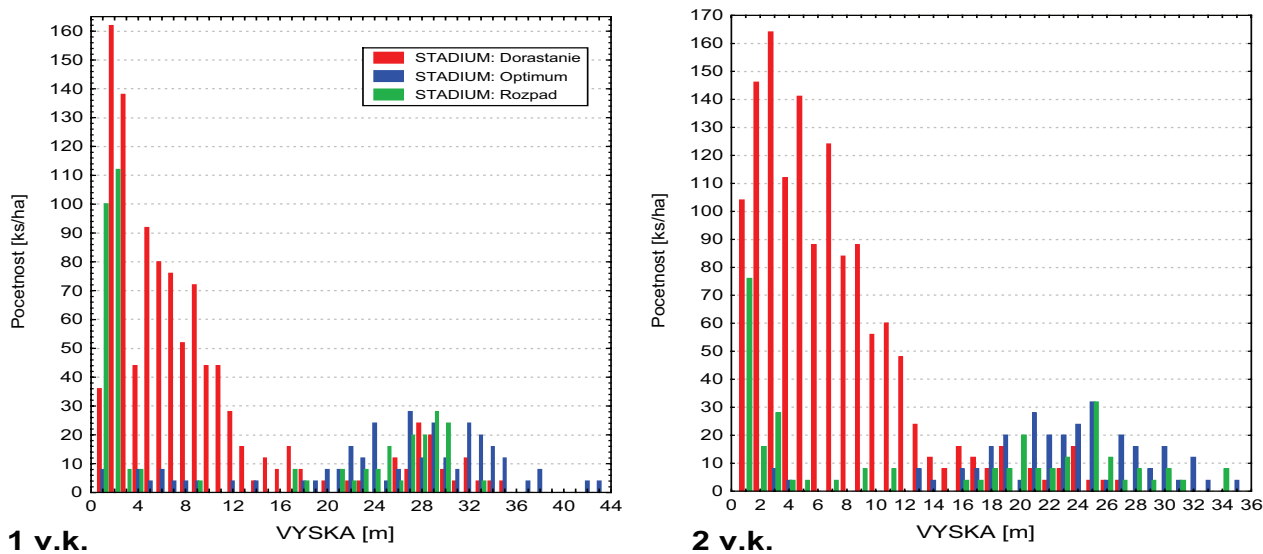
Obrázok č. 39 Priebeh priemernej výšky v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách



Obrázok č. 40 Viacnásobné testovanie rozdielov v priemerných výškach pre jednotlivé dreviny, vývojové štádia a výškové kategórie.



Obrázok č. 41 Frekvenčná analýza výšok a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami (bez rozdielu na drevinu)



Obrázok č. 42 Frekvenčná analýza výšok v prvej a druhej výškovej kategórii a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami (pri drevine smrek)

5.5.1.2. ANALÝZA HRÚBKOVEJ ŠTRUKTÚRY

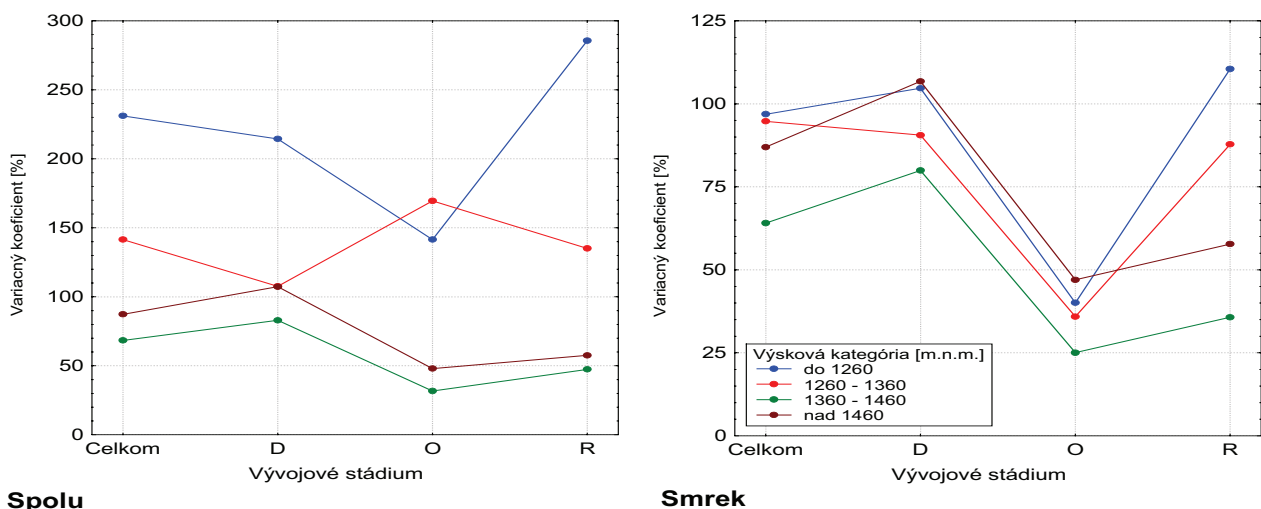
Ďalšou dôležitou veličinou, ktorou môžeme lesný porast charakterizovať, je hrúbka stromov a jej štruktúra. Podobne ako v predošlom prípade je štruktúra hrúbok značne ovplyvnená prímесou jarabiny v prvej a druhej výškovej kategórii, preto je analýza členená aj na jednotlivé dreviny.

Maximálna nameraná hrúbka bola pre drevinu smrek a má hodnotu 100cm. Zaznamenali sme ju v prvej výškovej zóne v štádiu optima. Pri drevine jarabina sme namerali maximálnu hrúbku s hodnotou 28.3cm taktiež v prvej výškovej zóne v štádiu dorastania.

Variabilita hrúbok (obrázok 43) je v porovnaní s variabilitou výšok o niečo väčšia. Je to pochopiteľné, pretože variačné rozpätie hrúbok je väčšie ako pri výške. Zaujímavý je poznatok, že variabilita hrúbok s nadmorskou výškou klesá, ale iba po tretiu výškovú zónu a potom výrazne stúpa. Súvisí to so zmenou štruktúry lesného porastu. Štruktúra lesa po tretiu výškovú kategóriu má charakter kompaktného lesa, ale vo štvrtej výškovej zóne sa mení na rozpojený les s hlúčkovitou štruktúrou.

Ak analyzujeme drevinu smrek samostatne, variabilita hrúbok stromov okolo strednej hrúbky poklesne v prvých dvoch výškových zónach podobne ako pri výške na cca 2/3 celkovej variability. Najnižšia variabilita hrúbok je logicky v štádiu optima.

Pri hodnotení rozdielov v strednej hrúbke je situácia veľmi podobná priemernej výške, akurát niektoré malé rozdiely sa pri hrúbke prejavili ešte menej zreteľne. Z grafov na obrázku 44 vyplýva, že medzi štádiom dorastania a ostatnými dvoma štádiami môžeme očakávať rozdiely. Podobne aj tu sa s nadmorskou výškou znižujú rozdiely medzi štádiami optima a rozpadu. K uvedeným konštatovaniám sme nepoužili štatistické analýzy, pretože nás zaujíma stredná hrúbka a nie priemerná hrúbka, čo vedie k určitým ťažkostiam vo výpočtoch.



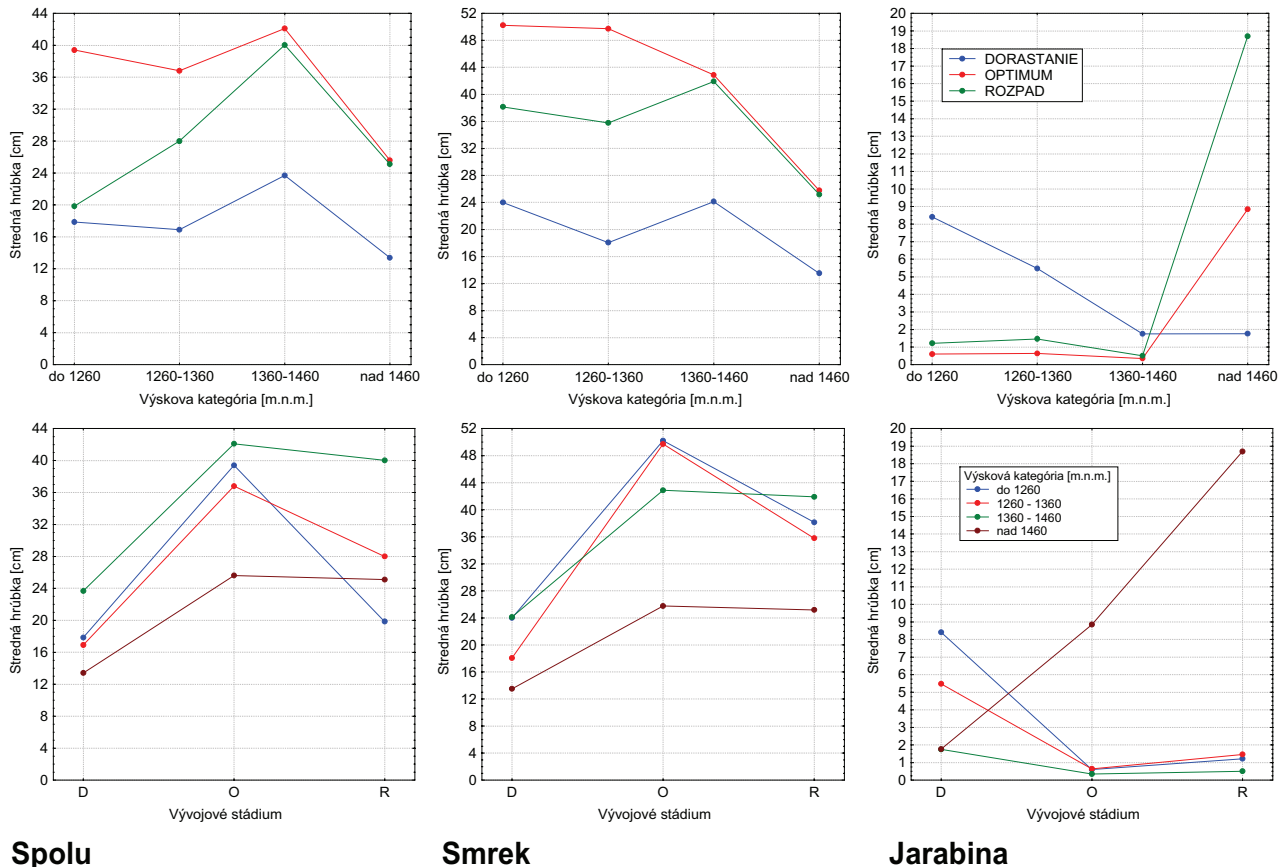
Obrázok č. 43 Priebeh variačných koeficientov stredných hrúbok v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

V nasledovnej časti sa však obšírnejšie zameriame na frekvenčnú analýzu hrúbkových početností. Analýzu sme orientovali na dva samostatné celky a to na stromy s hrúbkou do 7cm a nad 7cm.

Rozdelenia početností stromov s hrúbkou do 7cm s ohľadom na štádium a výškovú kategóriu zobrazujú obrázky 45 a 46. Najnižší počet jedincov s hrúbkou pod 7 cm sa podľa očakávania vyskytuje v štádiu optima. Iba v druhej výškovej zóne registrujeme v tomto štádiu zvýšené množstvo jedincov v týchto hrúbkových triedach, čo je spôsobené zvýšeným výskytom jarabiny, ktorá vyplňa hrúbkové triedy optima aj v ostatných výškových kategóriách. Vo štvrtej výškovej zóne ku nej pristupuje v malom množstve aj smrek, lebo v týchto polohách sú porasty

rozpojené a obnova tu môže nastupovať v kratších cykloch. Všeobecne majú hrúbkové početnosti v štádiu optima klesajúci tvar rozdelenia.

V štádiu dorastania, ktoré je charakteristické najvyšším počtom mladých jedincov, sa s pribúdajúcou nadmorskou výškou mení frekvenčná krivka hrúbkových početností z klesajúceho rozdelenia na ľavostranne asymetrické rozdelenie. Toto tvrdenie platí však len pre porastovú zmes. Drevina smrek vykazuje v tomto štádiu vo všetkých výškových kategóriách skôr



Obrázok č. 44 Priebeh strednej hrúbky v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách

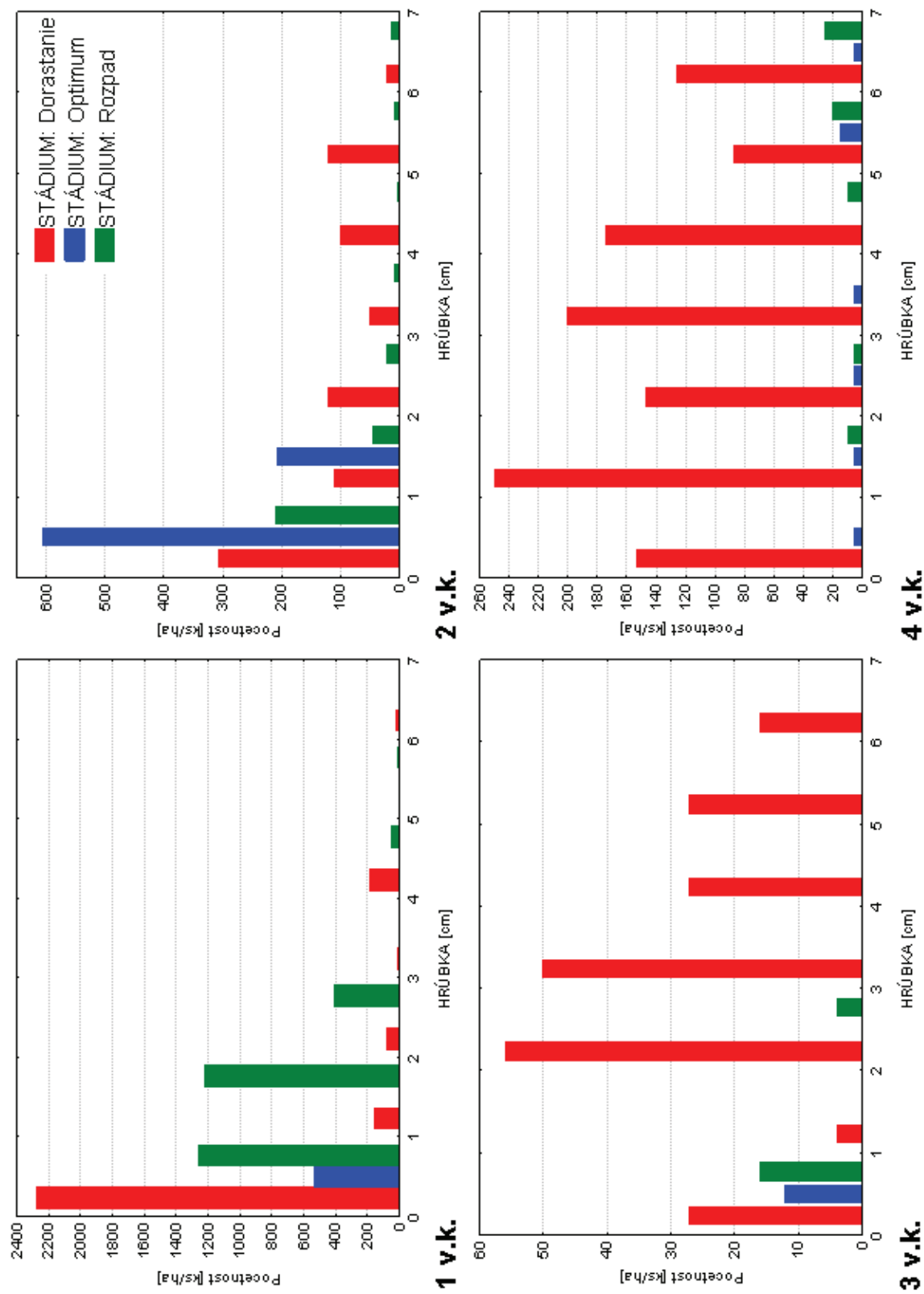
rovnomerné až symetrické rozdelenie. Naopak drevina jarabina má vo všetkých výškových zónach klesajúce rozdelenie.

Štádium rozpadu môžeme opäť ako pri dorastaní popísať klesajúcim tvarom rozdelenia, ktoré sa vo štvrtej výškovej kategórii mení na pravostranné až stúpajúce rozdelenie. Takéto rozdelenie nadobúda aj drevina smrek samostatne. Pri drevine jarabina ostáva hrúbkové rozdelenie v tomto štádiu vo všetkých výškových kategóriách klesajúce.

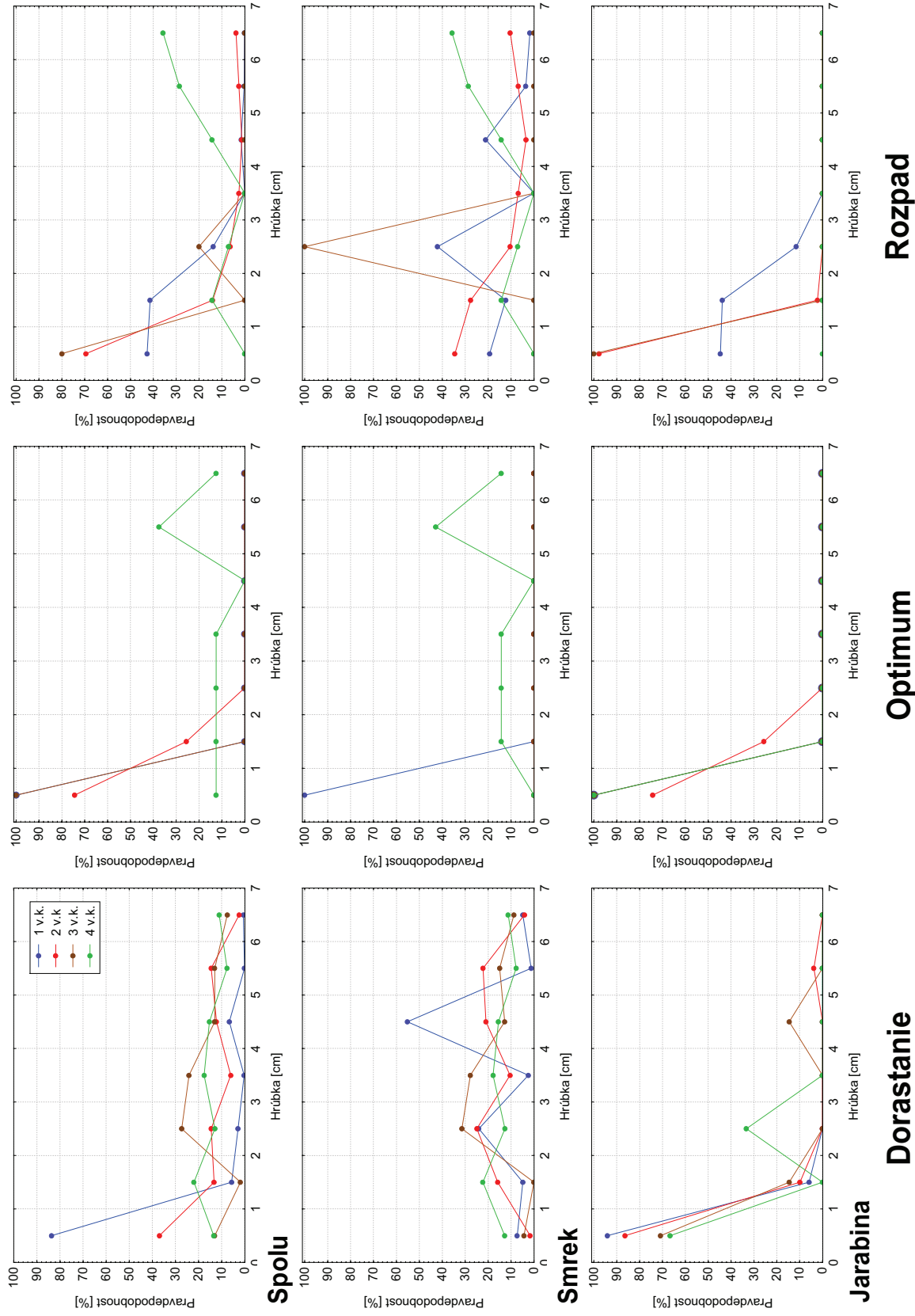
Pri hodnotení frekvencie hrúbok u stromov s hrúbkou nad 7cm (obrázok 47 a 48) je situácia nasledovná. Štádium dorastania je charakteristické silne ľavostranným až klesajúcim rozdelením a nemení sa ani s pribúdajúcou nadmorskou výškou. Rovnaký priebeh rozdelenia pozorujeme aj pri drevine smrek. Pre drevinu jarabina nebolo možné túto analýzu pre nedostatok empirického materiálu vykonať.

Štádium optima nadobúda po tretiu výškovú kategóriu symetrické až pravostranne asymetrické rozdelenie. Vo štvrtej výškovej kategórii sa stáva toto rozdelenie ľavostranne asymetrické, čo súvisí s už uvedeným poznatkom, že v tejto zóne prebieha nepretržitá obnova. Obdobná charakteristika platí aj pre štádium rozpadu.

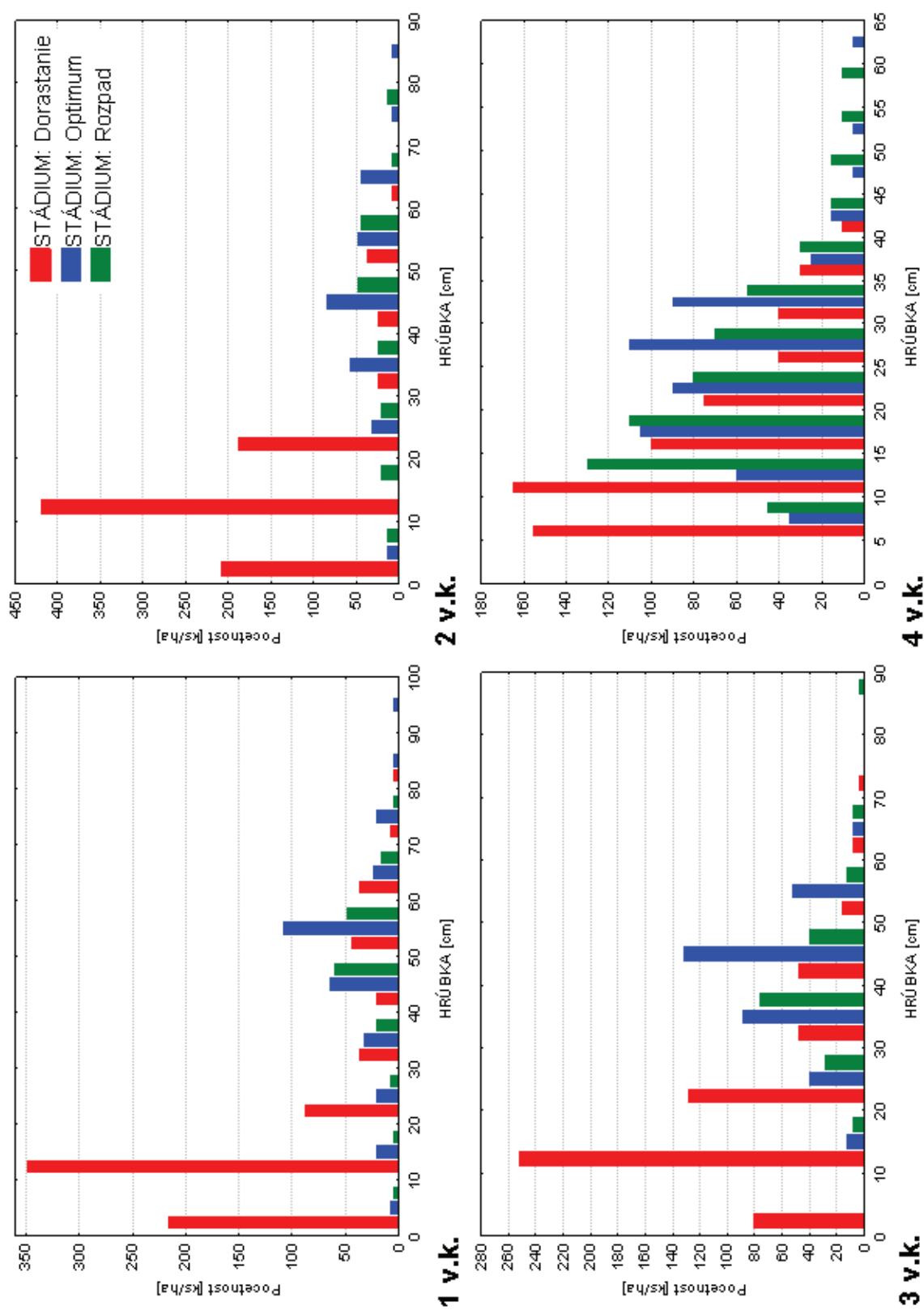
Obrázok 48 znázorňuje navyše aj posun rozdelenia hrúbok smerom doľava v dôsledku zvyšujúcej sa nadmorskej výšky a teda zhoršujúcich sa rastových, najmä klimatických podmienok prostredia. Tento posun je možné eliminovať relativizáciou mierky na osi X.



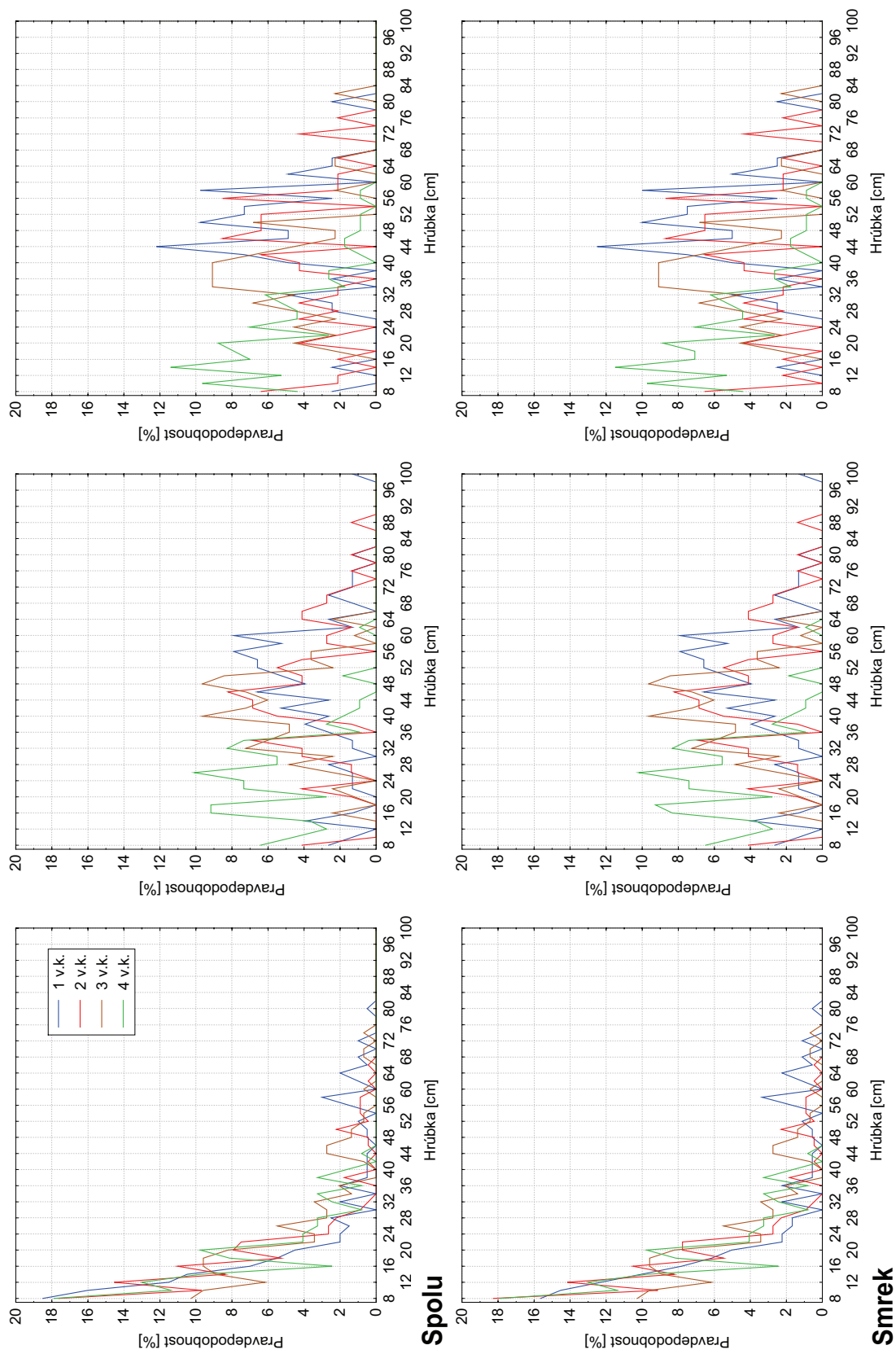
Obrázok č. 45 Frekvenčná analýza hrúbok stromov do 7cm s absolútnymi početnosťami a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami (bez rozdielu na drevinu)



Obrázok č. 46 Frekvenčná analýza hrúbok stromov do 7cm s relatívnymi početnosťami a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami



Obrázok č. 47 Frekvenčná analýza hrúbok stromov nad 7cm s absolútnymi početnosťami a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami (bez rozdielu na drevinu)



Obrázok č. 48 Frekvenčná analýza hrúbok stromov nad 7cm s relatívnymi početnosťami a porovnanie rozdielov medzi jednotlivými štádiami

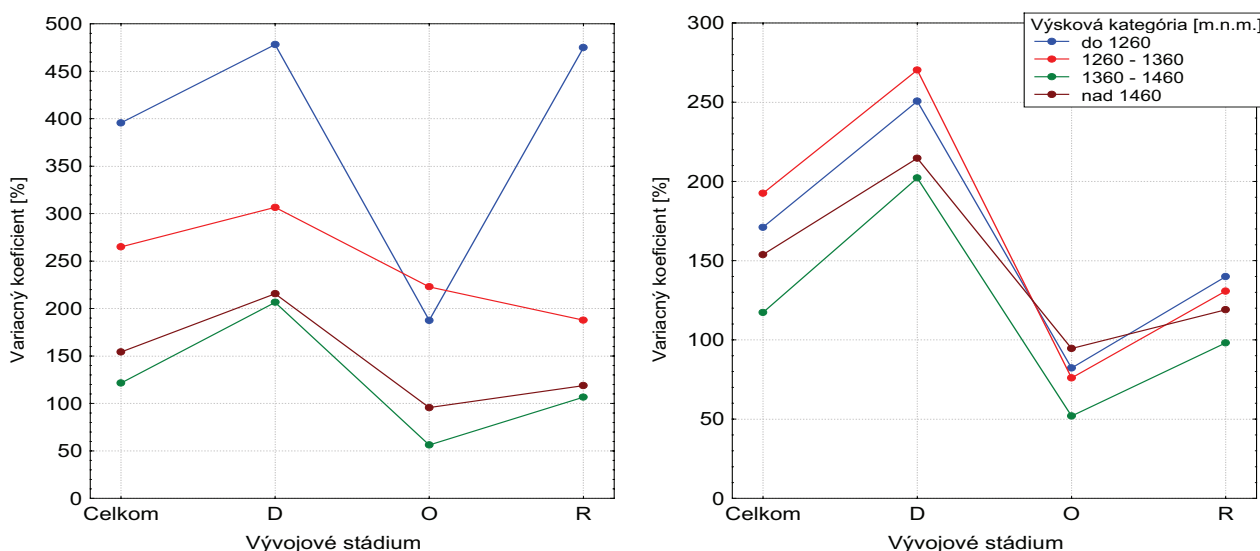
5.5.1.3. ANALÝZA ŠTRUKTÚRY V OBJEME STROMU

Ako sme už spomenuli, objem stromu v sebe integruje hrúbku a výšku stromu. Preto by mala analýza tejto veličiny priniesť komplexnejší obraz o štruktúre vo veľkosti jednotlivého stromu v konkrétnom štádiu či výškovej kategórii.

Maximálny objem stromu sme zaznamenali v prvej výškovej zóne pri drevine smrek. Jedná sa o strom s maximálnymi hodnotami výšky a hrúbky, ktorého objem činí 12.59m^3 . Pri drevine jarabina bol najväčší vypočítaný objem 0.37m^3 .

Variabilita v objeme stromu je v porovnaní s už hodnotenými veličinami hrúbkou a výškou najvyššia, pretože objem stromov v sebe kulminuje variabilitu hrúbok, resp. kruhovej plochy, a variabilitu výšok. V biometrii je známy vzťah, že variabilita objemu stromu je približne 2.5-násobkom variability hrúbky. Obrázky 43 a 49 tento pomer medzi veličinami potvrdzujú.

Priebeh variability objemu stromu je podobný ako pri predchádzajúcich veličinách. Najnižšia variabilita je logicky v štádiu optima, vyššia v štádiách dorastania a rozpadu, ktoré sa vyznačujú väčším variačným rozpätím dimenzií jednotlivých stromov. Toto konštatovanie neplatí pre porastovú zmes v druhej výškovej kategórii, kde je variabilita v rozpade menšia ako v optime. V predchádzajúcich statiach sme už sme uviedli, že optimum v tejto výškovej zóne je veľmi ovplyvnené výskytom jarabiny. Veličina objem reagovala na to tak silne, že sa zmenil celkový priebeh variačného koeficienta v porovnaní s už skôr hodnotenými veličinami. Relatívny vplyv v zmene veľkosti jedinca je pri objeme podstatne vyšší ako pri výške či hrúbke.



Spolu

Smrek

Obrázok č. 49 Priebeh variačných koeficientov priemerného objemu stromu v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

Obdobne ako pri veličine výška nás zaujímal vplyv vybraných faktorov (vývojové štádium, výšková kategória) na veľkosť objemu stromu. V prvom kroku sme opäť otestovali, či existuje vplyv štádia na priemernú hodnotu objemu stromu. Z tabuľky 11 vyplýva, že výsledky sú štatisticky významnejšie ako pri výške. Jedine priemerný objem jarabiny sa v druhej až štvrtej výškovej zóne medzi štádiami štatisticky signifikantne nelíši.

Taktiež sme za použitia dvojfaktorovej analýzy variancie testovali vplyv interakcie faktorov vývojového štádia a výškovej kategórie na zmenu priemerného objemu stromu. Aj tu sme dosiahli významnejšie rozdiely ako pri výške. Interaktívny vplyv uvedených faktorov na objem stromu bol pri analýze dreviny smrek samostatne štatisticky signifikantný. Pri porastovej zmesi sa síce tento vplyv nepotvrdil, ale jeho hodnota je veľmi blízko požadovanej hladiny významnosti. Pri drevine jarabina je situácia iná, pretože výsledky platia na vyššej hladine spoľahlivosti a jednoznačne potvrdzujú, že sa nedá očakávať vplyv skúmaných faktorov na veľkosť objemu stromu. Grafickú

interpretáciu uvedených konštatovaní prezentujeme na obrázku 50, z ktorého je zreteľné, že priebeh priemerných hodnôt objemu stromu ako aj príčiny tohto vývoja sú veľmi podobné ako pri veličine výška.

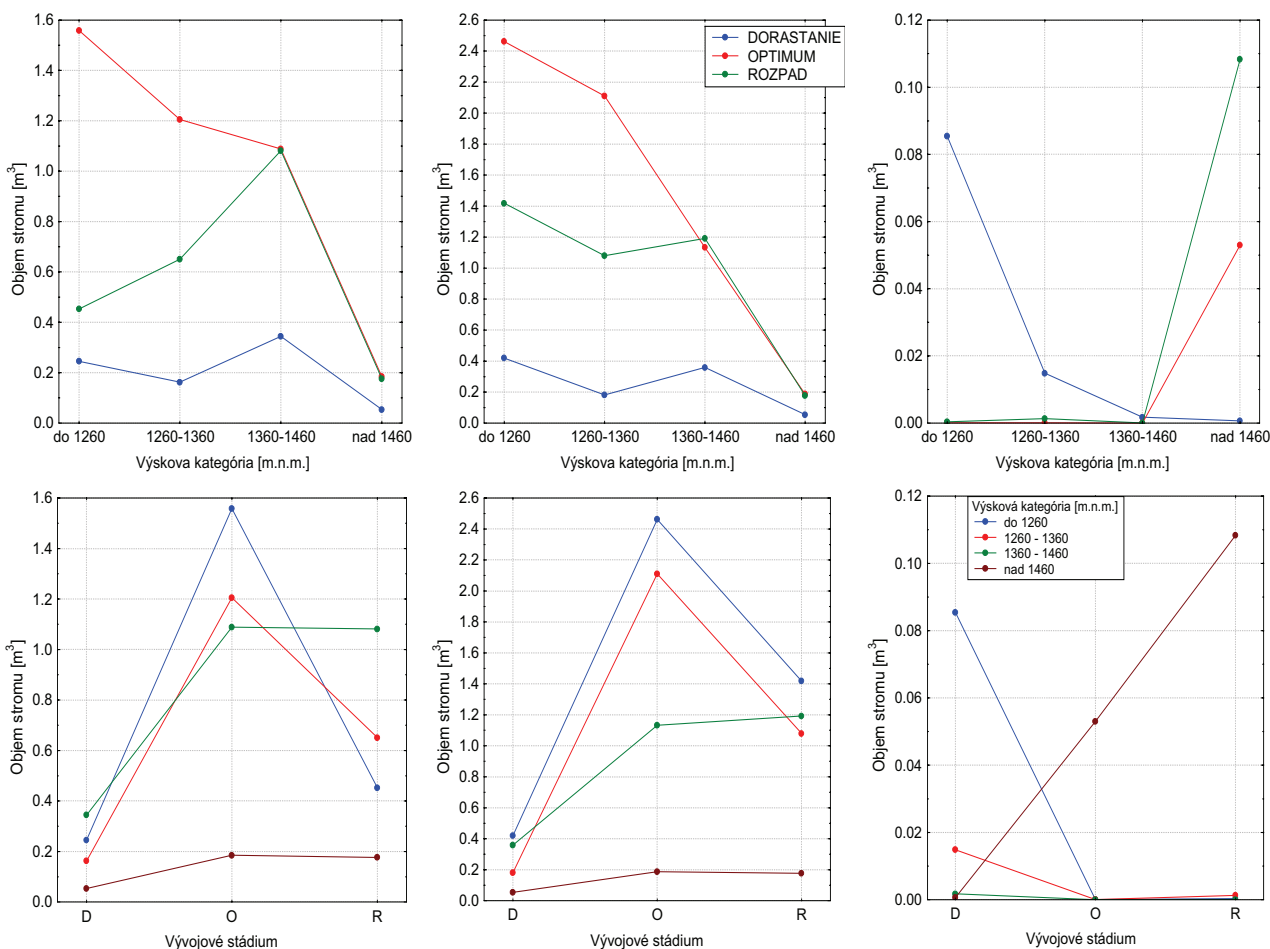
Záverom tejto časti zameriame analýzu na zistenie rozdielov vyplývajúcich z vývojového štádia (tabuľka 12). Aj tu podobne ako pri predchádzajúcich veličinách nastal v prevažnej väčšine prípadov štatisticky významný rozdiel medzi štádiom dorastania a ďalšími dvoma štádiami. S pribúdajúcou nadmorskou výškou opäť registrujeme znižujúci sa rozdiel medzi štádiom optima a rozpadu (obrázok 51).

Tabuľka č. 11 Hierarchická dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia na priemerný objem stromu. (♣ – počet stupňov voľnosti je počítaný použitím Satterthwait metódy; hladina spoľahlivosti – *95%, **99%, ***99.9%).

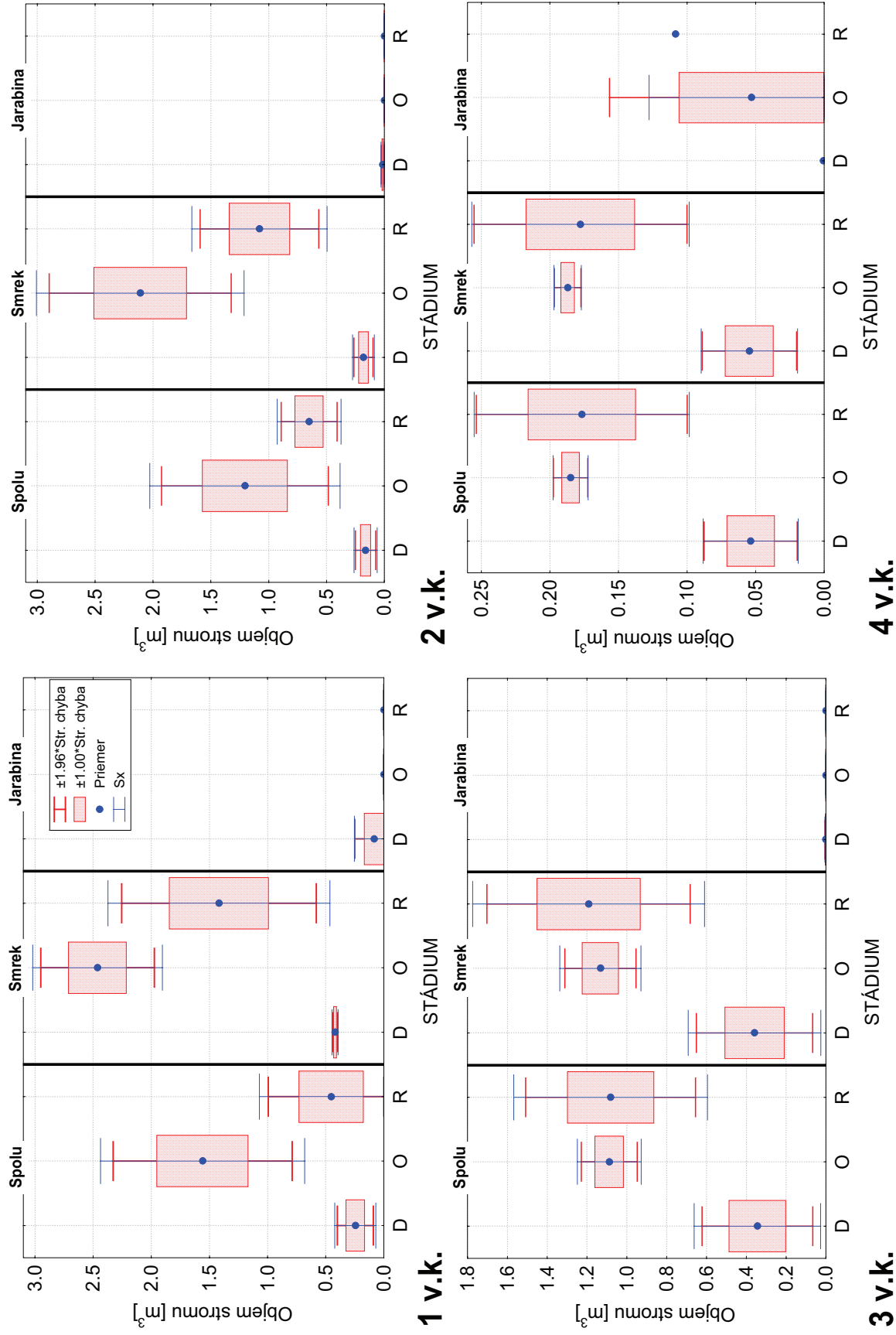
Drevina	Výšková kategória	Faktor	Povaha faktora	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	Počet stupňov voľnosti pre reziduál*	Priemer štvorca odchýlok reziduálu	F	Hladina spoľahlivosti
Spolu	1	Štádium	Pevný	2	1415.32	12.11	80.28	17.63	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	220.22	37284.00	0.55	397.62	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	964.26	12.05	107.35	8.98	0.004 **
		Sk. plocha	Náhodný	12	162.11	16701.00	0.62	262.25	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	352.09	12.06	27.76	12.68	0.001 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	36.37	6658.00	0.29	124.55	0.000
	4	Štádium	Pevný	2	16.75	9.02	1.88	8.89	0.007 **
		Sk. plocha	Náhodný	9	2.30	11843.00	0.01	162.66	0.000
Smrek	1	Štádium	Pevný	2	2514.85	12.11	95.53	26.33	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	131.32	8699.00	1.57	83.69	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	2313.97	12.07	72.94	31.72	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	12	108.79	9740.00	0.62	174.28	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	387.00	12.05	33.37	11.60	0.002 **
		Sk. plocha	Náhodný	12	44.05	6381.00	0.27	163.31	0.000
	4	Štádium	Pevný	2	16.69	9.02	1.91	8.75	0.008 **
		Sk. plocha	Náhodný	9	2.33	11723.00	0.01	164.19	0.000
Jarabina	1	Štádium	Pevný	2	1.79	8.01	0.07	24.65	0.000 ***
		Sk. plocha	Náhodný	8	0.57	28436.00	0.00	21553.38	0.000
	2	Štádium	Pevný	2	0.02	9.13	0.01	2.13	0.175
		Sk. plocha	Náhodný	9	0.03	6809.00	0.00	309.00	0.000
	3	Štádium	Pevný	2	0.00	5.00	0.00	0.72	0.532
		Sk. plocha	Náhodný	5	0.00	269.00	0.00	4117.43	0.000
	4	Štádium	Pevný	2	0.09	1.00	0.09	1.01	0.575
		Sk. plocha	Náhodný	1	0.06	116.00	0.00	215379.99	0.000

Tabuľka č. 12 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na priemerný objem stromu.

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Štádium	6.0143	2	3.0071	13.89	0.000 ***
	Výšková kategória	3.6086	3	1.2029	5.56	0.002 **
	Štádium* Výšková kategória	2.7237	6	0.4539	2.10	0.072
	Chyba -Reziduál	9.7430	45	0.2165		
Smrek	Štádium	13.9058	2	6.9529	25.83	0.000 ***
	Výšková kategória	12.2499	3	4.0833	15.17	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	6.3344	6	1.0557	3.92	0.003 **
	Chyba -Reziduál	12.1122	45	0.2692		
Jarabina	Štádium	0.0017	2	0.0008	0.21	0.808
	Výšková kategória	0.0085	3	0.0028	0.74	0.538
	Štádium* Výšková kategória	0.0196	6	0.0033	0.85	0.546
	Chyba -Reziduál	0.0883	23	0.0038		


Spolu
Smrek
Jarabina

Obrázok č. 50 Priebeh priemerov objemu stromu v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách



Obrázok č. 51 Viacnásobné testovanie rozdielov v priemerných hodnotách objemu stromu pre jednotlivé dreviny, vývojové štádia a výškové kategórie

5.5.2. ANALÝZA ŠTRUKTÚRY PORASTOVÝCH VELIČÍN

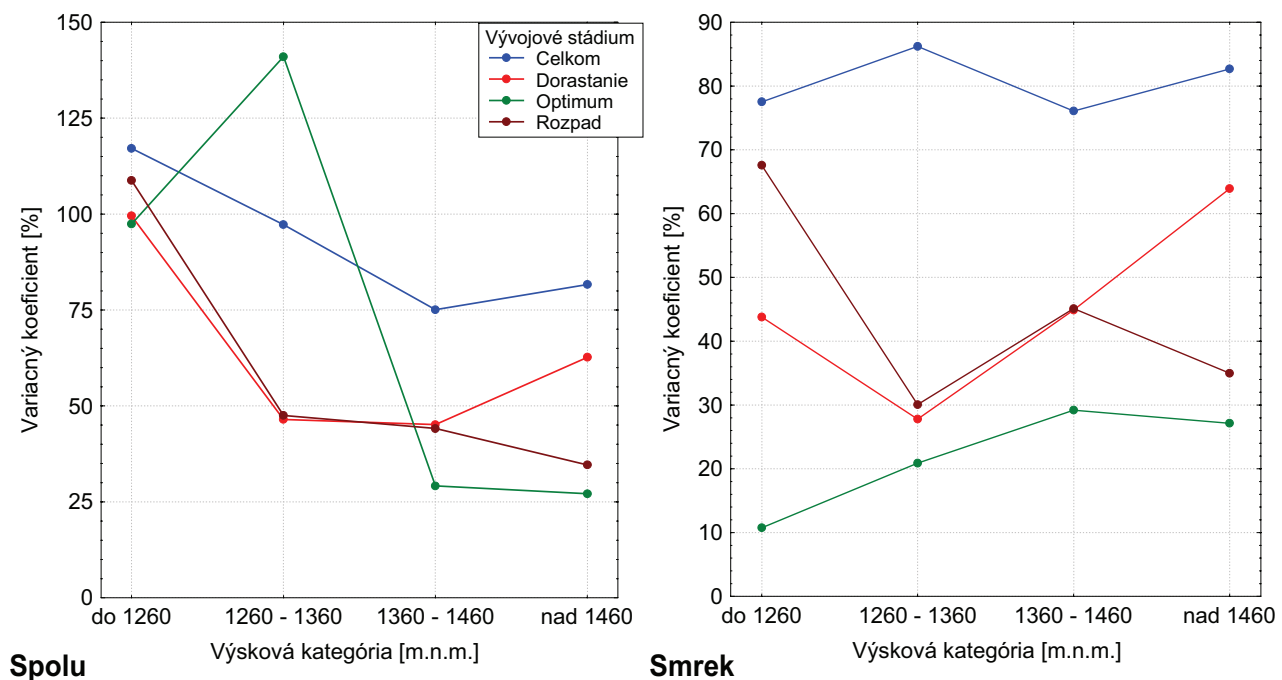
5.5.2.1. POČET STROMOV ($N.ha^{-1}$)

Prvou analyzovanou porastovou veličinou je počet stromov na hektár. Najväčší počet stromov, ktorý sme v skúmanej oblasti zistili, má hodnotu 8874 ks na ha. Ide samozrejme o porastovú zmes v prvej výškovej kategórii v štádiu dorastania. Pri drevine smrek je maximálna zistená početnosť 3323 ks na ha, taktiež v štádiu dorastania, ale vo štvrtej výškovej kategórii. U dreviny jarabina je maximálna hodnota 7425 ks na ha na už spomínanej ploche v prvej výškovej zóne. Základnú štatistickú charakteristiku počtu stromov v jednotlivých štádiách a výškových zónach uvádzame na obrázku 53.

Obrázok 52 znázorňuje variačné koeficienty počtu stromov vypočítané pre jednotlivé vývojové štádiá a varianty pre porastovú zmes a samostatne pre drevinu smrek. Pri porastovej zmesi variačný koeficient s nadmorskou výškou v prevažnej miere klesá. Výnimku tvorí štádium optima v druhej výškovej kategórii a štvrtá výšková zóna. O príčinách sme sa už zmieňovali v predchádzajúcich kapitolách. V druhej výškovej kategórii v štádiu optima je to spôsobené väčšou prímiesou jarabiny v spodnej etáži. Vo štvrtej výškovej kategórii sa v počte stromov odráža vplyv vegetatívneho rozmnožovania.

Z priebehu tohto koeficienta je možné usudzovať, že v nižších výškových zónach má porast z hľadiska počtu jedincov rôznorodejší charakter, ktorý je spôsobený jednak prítomnosťou jarabiny v podraсте, ale aj priestorovou štruktúrou. To isté štádium reprezentujú heterogénnejšie časti lesa, štádium môže mať rôzny vzhlad. Od druhej výškovej zóny (výnimka štádium optima) sa variačný koeficient veľmi nemení, čo naznačuje, že charakter lesa sa v rámci jedného štádia homogenizuje.

Sledovanie týchto závislostí samostatne pre drevinu smrek čiastočne vyvracia toto tvrdenie. Celková variabilita v počte stromov bez ohľadu na štádium vývoja sa u tejto dreviny s nadmorskou výškou nemení, ostáva konštantná s hodnotou okolo 80%. V štádiu dorastania a rozpadu najprv klesá s minimom v druhej výškovej kategórii a potom opäť stúpa. V optime variabilita počtu stromov s nadmorskou výškou stúpa z prekvapujúco nízkej hodnoty, čo hovorí, že v prvej výškovej kategórii bolo toto štádium tvorené veľmi podobným množstvom smrekov. Takmer 90% z celkovej variability počtu stromov pripadá v štádiu optima v prvej výškovej kategórii na drevinu jarabina.



Obrázok č. 52 Priebeh variačných koeficientov počtu stromov na hektár ($N.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

Ďalšiu časť analýzy sme zamerali na zistenie vplyvu skúmaných faktorov, t.j. vývojového štádia a výškovej kategórie, na početnosť stromov v poraste. Výsledky uvádzame v tabuľke 13. Z nich vyplýva, že pri porastovej zmesi jedine výšková kategória vplyva na zmenu v početnosti stromov signifikantne. Faktor štádium ako aj interaktívny vplyv oboch faktorov vyšiel ako nevýznamný. Vplyv vývojového štádia je však blízko hranice štatistickej významnosti.

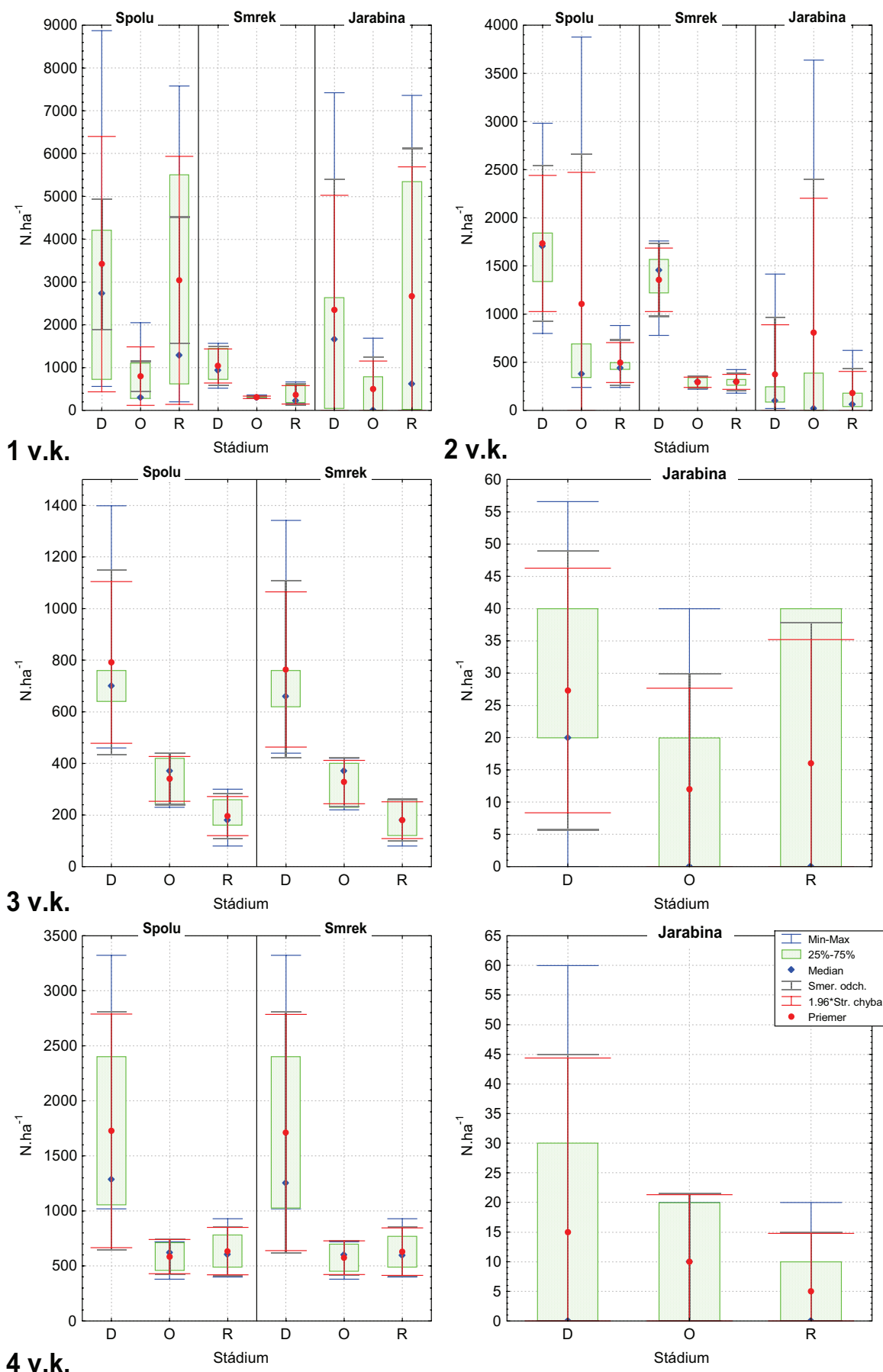
Pri samostatnej analýze pre drevinu smrek sme naopak zistili, že vývojové štádium veľmi významne vplyva na počet stromov na ha. Pri drevine jarabina je situácia obdobná ako pri porastovej zmesi.

Grafické zobrazenie výsledkov tejto analýzy ponúka obrázok 54. S pribúdajúcou nadmorskou výškou počet stromov v štádiu dorastania a rozpadu klesá, avšak len po tretiu výškovú zónu, odkiaľ opäť stúpa. V týchto štádiách registrujeme v porovnaní so štádiom optima silnú zmenu v početnosti pri prechode z prvej do druhej výškovej zóny. Súvisí to s úbytkom početnosti jarabiny. Priemerná početnosť stromov smreka s nadmorskou výškou stúpa, čo by sa dalo odôvodniť tým, že s nadmorskou výškou sa zmenšujú dimenzie stromov (na rovnakú plochu sa zmestí väčší počet menších jedincov) ako aj tým, že v týchto vyšších polohách sa smrek začína rozmnožovať vegetatívne hrúžením, pri ktorom vytvára husté skupiny.

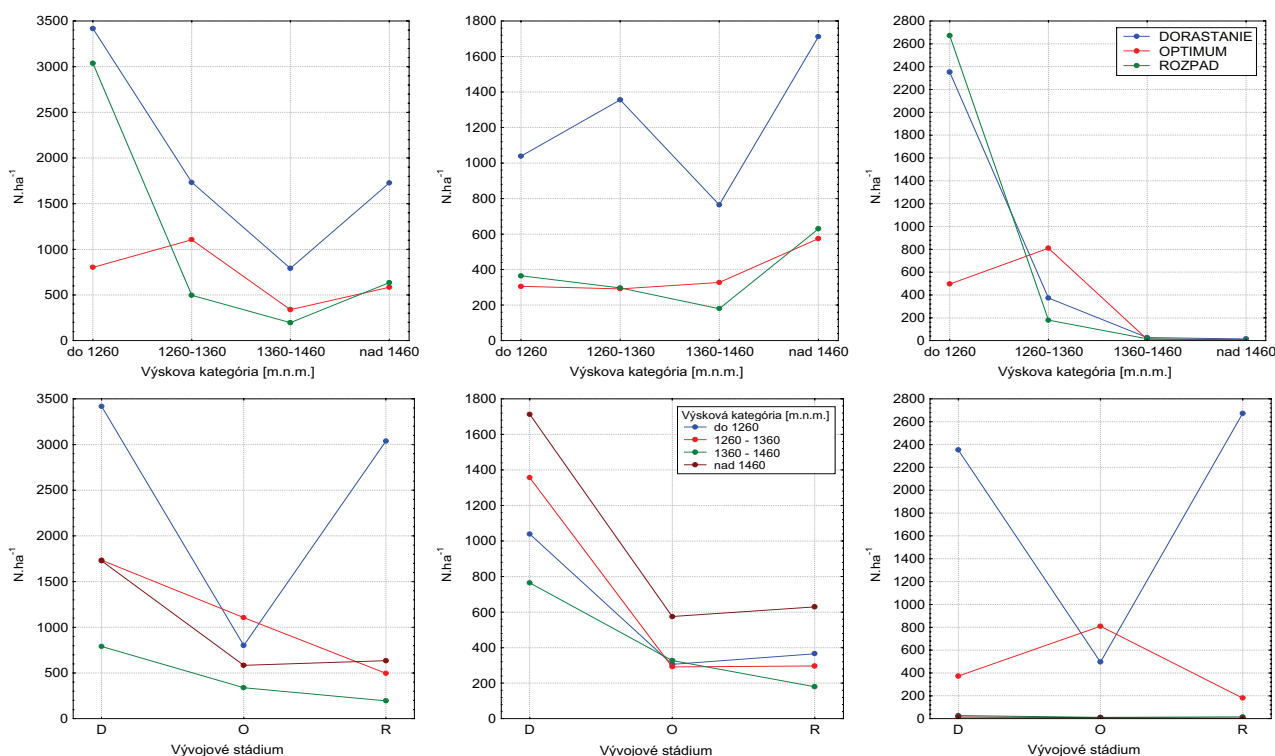
Tabuľka č. 13 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na počet stromov na hektár ($N.ha^{-1}$).

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Výšková kategória	31452657.00	3	10484219.00	4.32	0.009 **
	Štádium	14393774.00	2	7196887.00	2.96	0.062
	Štádium* Výšková kategória	13595439.00	6	2265906.50	0.93	0.481
	Chyba –Reziduál	109317318.75	45	2429273.75		
Smrek	Výšková kategória	2098978.69	3	699659.56	5.21	0.004 **
	Štádium	8991485.00	2	4495742.50	33.49	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	851358.94	6	141893.16	1.06	0.402
	Chyba -Reziduál	6040137.66	45	134225.28		
Jarabina	Výšková kategória	32643072.00	3	10881024.00	4.97	0.005 **
	Štádium	1756071.75	2	878035.88	0.40	0.672
	Štádium* Výšková kategória	12889609.50	6	2148268.25	0.98	0.450
	Chyba -Reziduál	98618366.25	45	2191519.25		

Pri vzájomnom porovnávaní rozdielov medzi štádiami sa pri drevine smrek štádiá optima a rozpadu od štádia dorastania v počte stromov na ha v prvej výškovej zóne štatisticky významne odlišujú (obrázok 53 – neprekrývanie sa konfidenčných intervalov – červené obrátené H). V druhej výškovej kategórii sa pri porastovej zmesi líši štádium dorastania od rozpadu (optimum má vysokú variabilitu vplyvom prítomnosti jarabiny), kým pri drevine smrek sa preukázali opäť rozdiely medzi štádiom optima a rozpadu od dorastania. V tretej výškovej zóne sa pri porastovej zmesi ako aj pri drevine smrek signifikantne odlišujú optimum a rozpad od dorastania. V poslednej štvrti výškovej kategórii sa rozdiel medzi štádiami nepreukázal.



Obrázok č. 53 Štatistická charakteristika počtu stromov na hektár ($N.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách.


Spolu
Smrek
Jarabina

Obrázok č. 54 Priebeg priemerov počtu stromov na hektár ($N.ha^{-1}$) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách

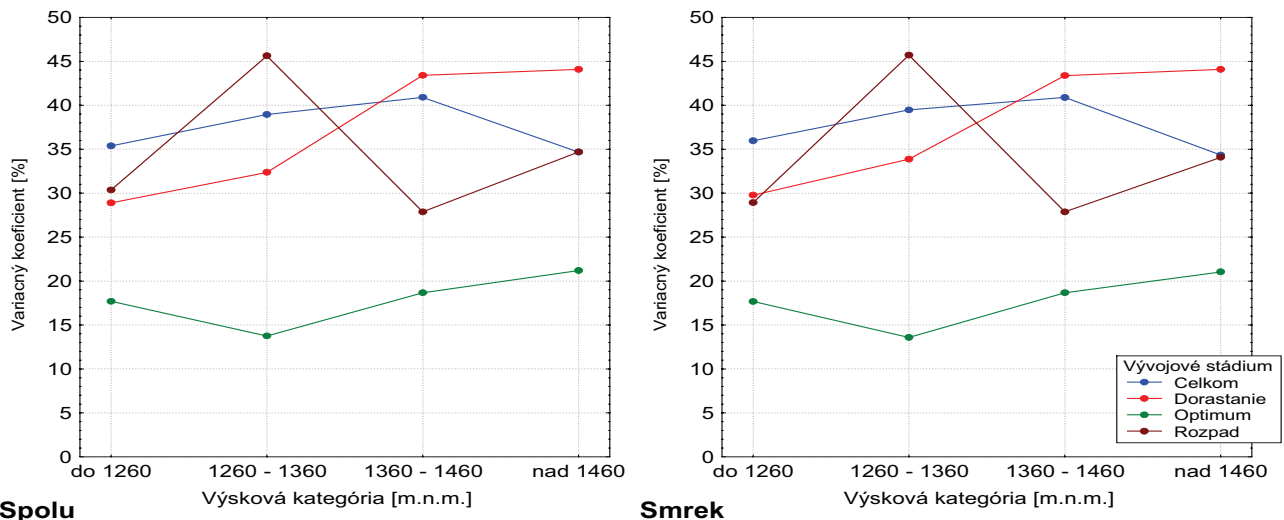
5.5.2.2. KRUHOVÁ ZÁKLADŇA ($G.ha^{-1}$)

Ďalšou dôležitou porastovou charakteristikou je kruhová základňa porastu. Ide o veličinu, ktorá už berie do úvahy veľkosť jedincov tvoriacich porast a to prostredníctvom hrúbky umocnenej na druhú. Maximálnu hodnotu kruhovej základne na ha sme zistili na skusnej ploche 15 v prvej výškovvej kategórii v štádiu optima s hodnotou $75.63m^2 \cdot ha^{-1}$. Pre drevinu smrek bola maximálna zaznamenaná kruhová základňa takmer identická s už uvedenou maximálnou hodnotou a to z dôvodu, že jarabina sa na kruhovej základni podieľa len veľmi malým percentom. Pre túto drevinu bola najvyššia nameraná kruhová základňa $2.46m^2 \cdot ha^{-1}$ v štádiu dorastania v prvej výškovvej zóne. Podrobnejšie charakteristiky uvádzame na obrázku 56 a 57.

Variabilita kruhovej základne porastu (obrázok 55) je v porovnaní s ostatnými rozoberanými veličinami najnižšia a v priemere sa pohybuje okolo 38%. Ak porovnáваме priebeg variačných koeficientov pri porastovej zmesi a pri drevine smrek vidíme, že situácia je takmer identická. Vplyv prímеси jarabiny je tu úplne eliminovaný, čo vyplýva z malého podielu tejto dreviny na kruhovej základni porastu. Najnižšiu variabilitu vykazuje štádium optima, kde s nadmorskou výškou variabilita kruhovej základne jemne stúpa. Pri štádiu dorastania je priebeg veľmi podobný s tým rozdielom, že hodnoty sú posunuté vyššie. Najvyššiu heterogenitu v priebegu variačného koeficienta zaznamenávame pri štádiu rozpadu. Toto štádium tvoria veľmi rôznorodé štruktúry hlavne v druhej výškovvej zóne.

Aj pri tejto veličine sme testovali vplyv vývojového štádia a nadmorskej výšky na zmenu v kruhovej základni. Výsledky uvedené v tabuľke 14 dokumentujú, že oba faktory vplyvajú veľmi signifikantne na kruhovú základňu porastu. Na hranici štatistickej významnosti je aj spoločný vplyv oboch faktorov. Toto tvrdenie sa vzťahuje na všetky tri varianty analýzy, t.j. na porastovú zmes i samostatne na jednotlivé dreviny.

Pri pohľade na priebeg priemerných hodnôt (obrázok 58) vidíme, že s pribúdajúcou nadmorskou výškou kruhová základňa klesá. Tento vývoj je logický, pretože s rastúcou nadmorskou výškou sa zhoršujú ekologické podmienky pre rast stromov, čím sa znižujú i stromové dimenzie. V priemere najnižšiu kruhovú základňu má štádium rozpadu, nasleduje štádium dorastania a potom štádium optima. Pri drevine jarabina je situácia obdobná ako pri stromových charakteristikách.

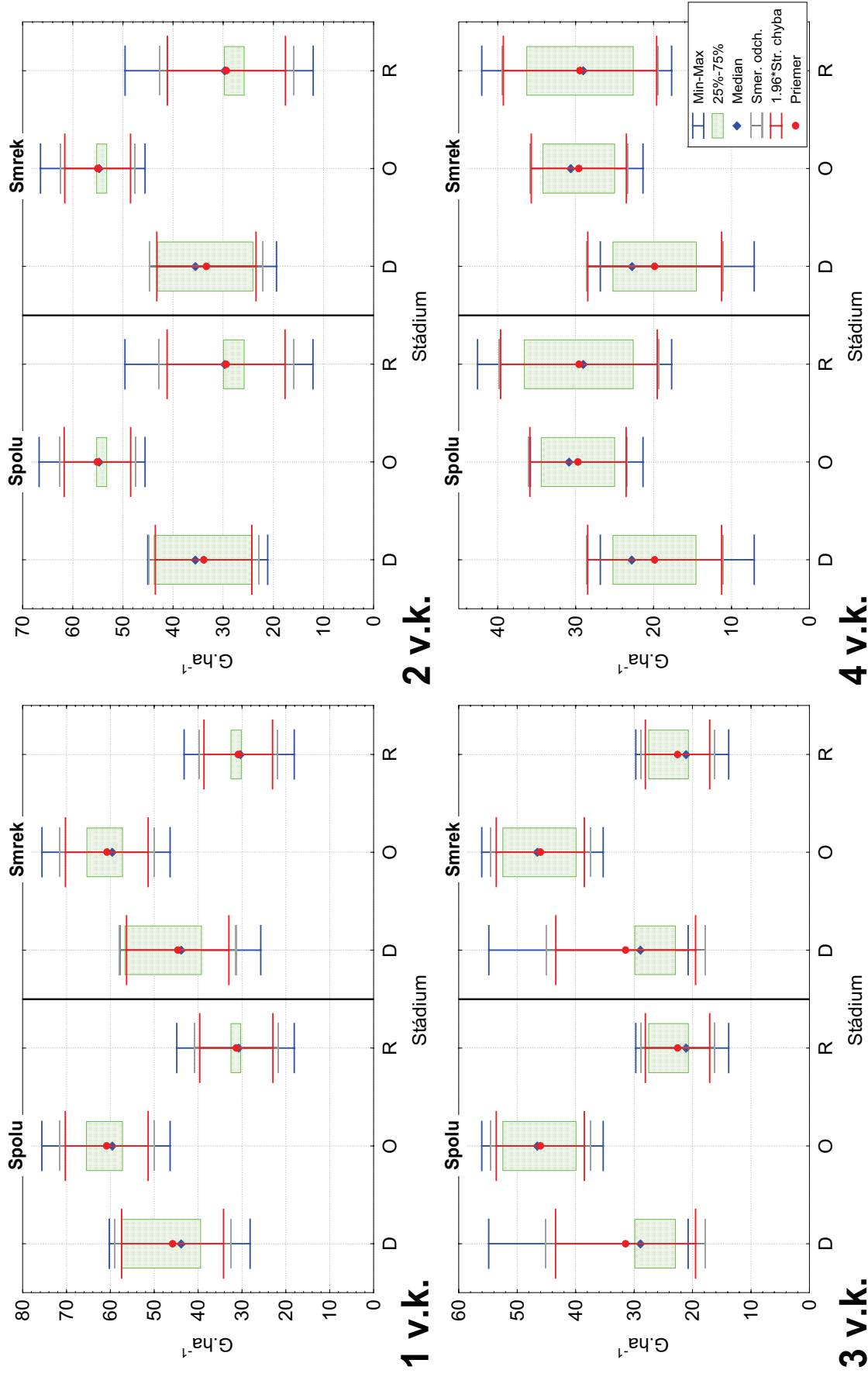


Obrázok č. 55 Priebeg variačných koeficientov kruhovej základne porastu na hektár ($G.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

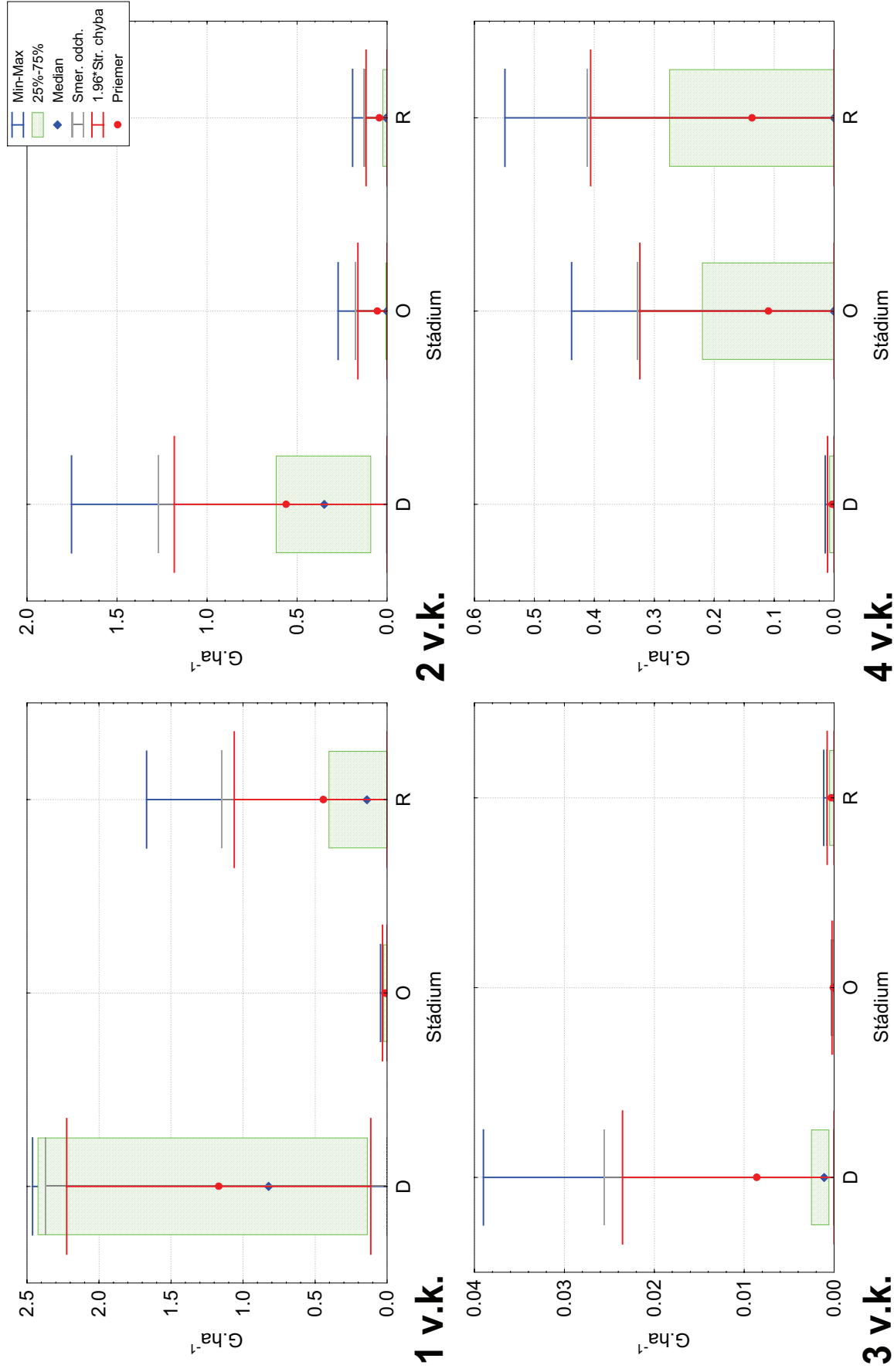
Tabuľka č. 14 Dvojfaktorová analýza variácie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na kruhovú základňu porastu na hektár ($G.ha^{-1}$).

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Výšková kategória	2855.33	3	951.78	8.88	0.000 ***
	Štádium	4006.08	2	2003.04	18.69	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	1312.68	6	218.78	2.04	0.080
	Chyba -Reziduál	4823.29	45	107.18		
Smrek	Výšková kategória	2712.21	3	904.07	8.50	0.000 ***
	Štádium	4093.96	2	2046.98	19.23	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	1309.40	6	218.23	2.05	0.078
	Chyba -Reziduál	4789.01	45	106.42		
Jarabina	Výšková kategória	2.48	3	0.83	3.63	0.020 *
	Štádium	1.53	2	0.76	3.35	0.044 *
	Štádium* Výšková kategória	2.56	6	0.43	1.87	0.106
	Chyba -Reziduál	10.25	45	0.23		

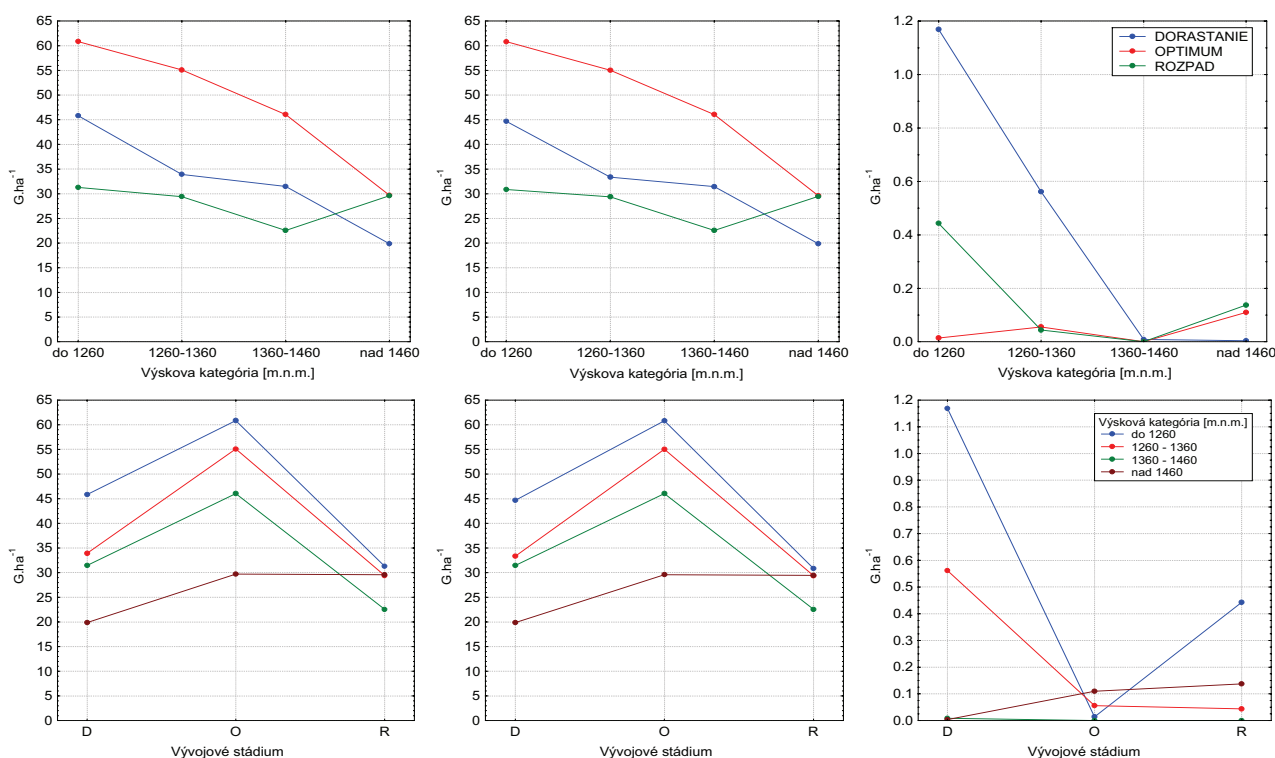
Z analýzy vzájomných rozdielov medzi štádiami (obrázok 56) vyplýva, že v prvej výškovej kategórii sa štádium rozpadu významne odlišuje od optima a dorastania, má nižšiu kruhovú základňu. V druhej výškovej kategórii poklesla kruhová základňa v štádiu dorastania približne na úroveň štádia rozpadu, čím vznikol signifikantný rozdiel medzi optimom a dorastaním ako aj rozpadom. V tretej výškovej zóne je situácia podobná ako v prvej, t.j. rozdiel sa preukázal medzi rozpadom a dorastaním i optimom. Štvrtá výšková zóna je charakteristická tým, že sme nezaznamenali ani v jednom prípade štatisticky významný rozdiel. Tieto konštatovania opäť platia aj pre drevinu smrek. Pri drevine jarabina (obrázok 57) sme zistili signifikantný rozdiel len v jednom prípade a to v prvej výškovej kategórii medzi štádiom dorastania a optima. V tejto výškovej zóne je jarabina v štádiu dorastania podstatne vyspelejšia (mala dostatok času presadiť sa už počas štádia rozpadu) oproti jedincom rastúcim v optime, pretože jej vývojový cyklus je oproti cyklu hlavného porastu posunutý (štádium dorastania je v týchto nadmorských výškach záverečnou fázou vývojového cyklu jarabiny).



Obrázok č. 56 Štatistická charakteristika kruhovej základne porastu na hektár ($G \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách. pre porastovú zmes a drevinu smrek obyčajný *Picea abies* L.



Obrázok č. 57 Štatistická charakteristika kruhovej základne porastu na hektár ($G \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách. pre drevinu jarabina vtáčia *Sorbus aucuparia* L.

**Spolu****Smrek****Jarabina**

Obrázok č. 58 Priebieh priemerov kruhovej základne porastu na hektár ($G \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách

5.5.2.3. ZÁSoba PORASTU ($V \cdot ha^{-1}$)

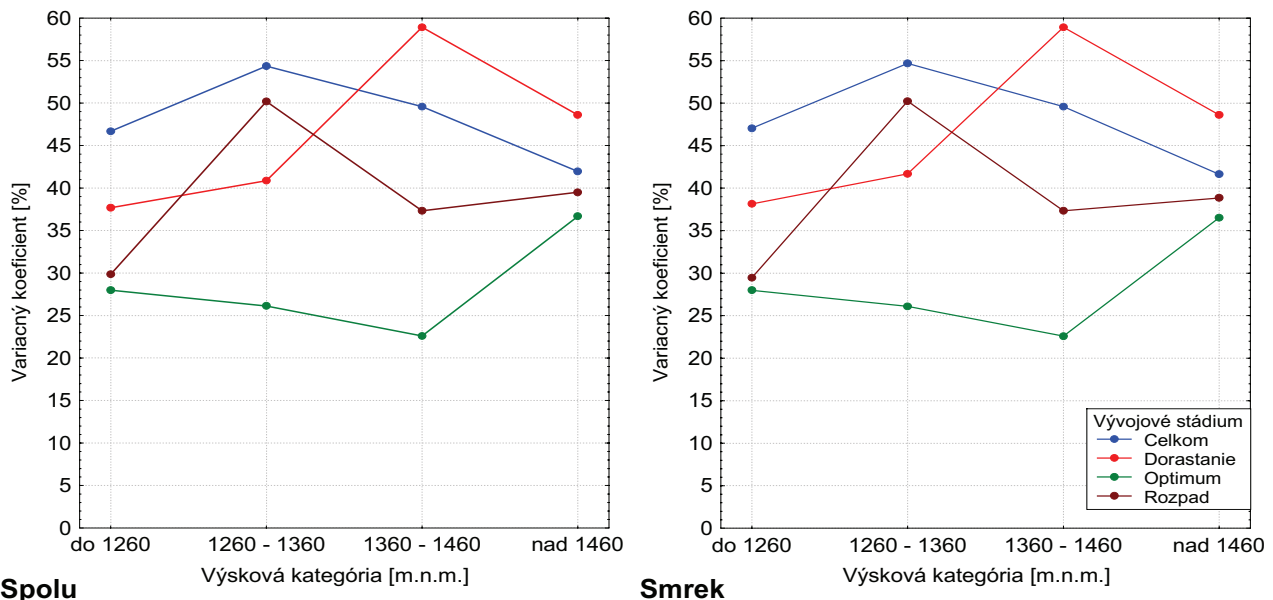
Lesnícky najzaujímavejšou porastovou veličinou je zásoba porastu, ktorá, podobne ako objem jednotlivého stromu, v sebe integruje všetky porastové veličiny. V tomto prípade rozumieme pod termínom zásoba porastu zásobu živých stromov v poraste.

Najvyššiu zásobu sme za použitia vzťahov rakúskych autorov zistili na skusnej ploche 15 s hodnotou $1014.06 m^3 \cdot ha^{-1}$. V porovnaní s hodnotou určenou z rovnice Ďurského je táto hodnota vyššia iba o $25.5 m^3$. Túto hodnotu zásoby však môžeme považovať za extrémnu. Všeobecne by hodnota zásoby v prvej výškovej zóne a v štádiu optima nemala s pravdepodobnosťou 95% prekročiť hodnotu $950 m^3 \cdot ha^{-1}$ (obrázok 60 – horná hranica 1.96 násobku strednej chyby – červené obrátené H). Maximálna zásoba smreka bola zistená rovnako na ploche 15 a činila $1014 m^3 \cdot ha^{-1}$. Pri drevine jarabina sme najvyššiu zásobu namerali na skusnej ploche č. 8, a to $13.48 m^3 \cdot ha^{-1}$, ktorá sa nachádza v prvej výškovej kategórii v štádiu dorastania. Podrobnejší prehľad charakteristiky tejto porastovej veličiny je znázornený na obrázkoch 60 a 61.

Variabilita zásoby na hektár (obrázok 59) je v porovnaní s $G \cdot ha^{-1}$ o niečo vyššia, čo je spôsobené tým, že v tejto veličine sa integruje navyše aj variabilita výšok. Priebieh variačných koeficientov je však veľmi podobný s ich priebehom pri kruhovej základni. Priemerne sa variačný koeficient pohybuje okolo 48%. Najnižšia variabilita je v štádiu optima, rozdiel oproti ostatným štádiám však v tomto prípade nie je až taký výrazný ako pri kruhovej základni. Ďalšiu výraznú zmenu môžeme vidieť v štvrtej výškovej kategórii vo všetkých vývojových štádiách. Zásoba sa medzi skusnými plochami nachádzajúcimi sa v rozpade líšila menej ako v štádiách dorastania a optima v porovnaní s kruhovou základňou, čo naznačuje, že vo štvrtej výškovej kategórii sa výrazne zvýšila heterogenita výšok stromov.

Analýzou vplyvu skúmaných faktorov na zmenu zásoby porastu (tabuľka 15) sa zistil silný vplyv výškovej kategórie ako aj vývojového štádia na túto veličinu. Jediný štatisticky nevýznamný výsledok bol pri drevine jarabina pri spoločnom pôsobení oboch skúmaných faktorov. Obrázok 62 znázorňuje priebeh priemerných hodnôt zásoby. V spodnej časti obrázku je vidieť, že priebeh

priemerov v jednotlivých výškových kategóriách je takmer identický, akurát paralelne posunutý, z čoho sa dá usudzovať, že medzi výškovými kategóriami je silne signifikantný rozdiel v zásobe. V hornej časti obrázku vidíme, že zásoba v štádiu optima sa výrazne odlišuje od dorastania a rozpadu. Zásoba, rovnako ako kruhová základňa, s nadmorskou výškou klesá. Pri zásobe dreveniny jarabina je situácia podobná ako pri kruhovej základni alebo stromových charakteristikách tejto dreveniny, t.j. jej zásoba po tretej výškovú kategóriu klesá a vo štvrtnej v dôsledku lepších podmienok pre rast (dostatok rastového priestoru a svetla v rozpojených porastoch)opäť narastá.

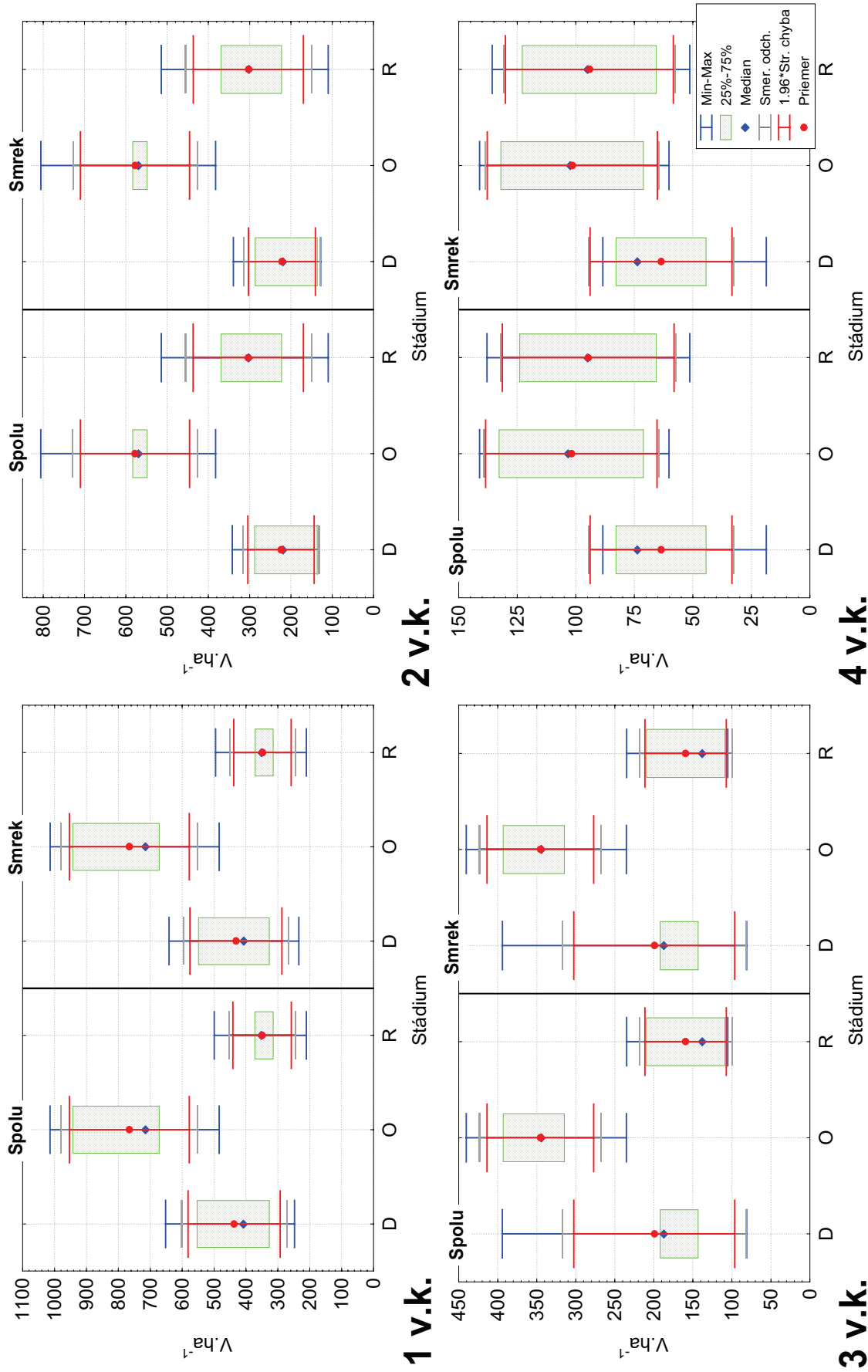


Obrázok č. 59 Priebeh variačných koeficientov zásoby porastu na hektár ($V.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

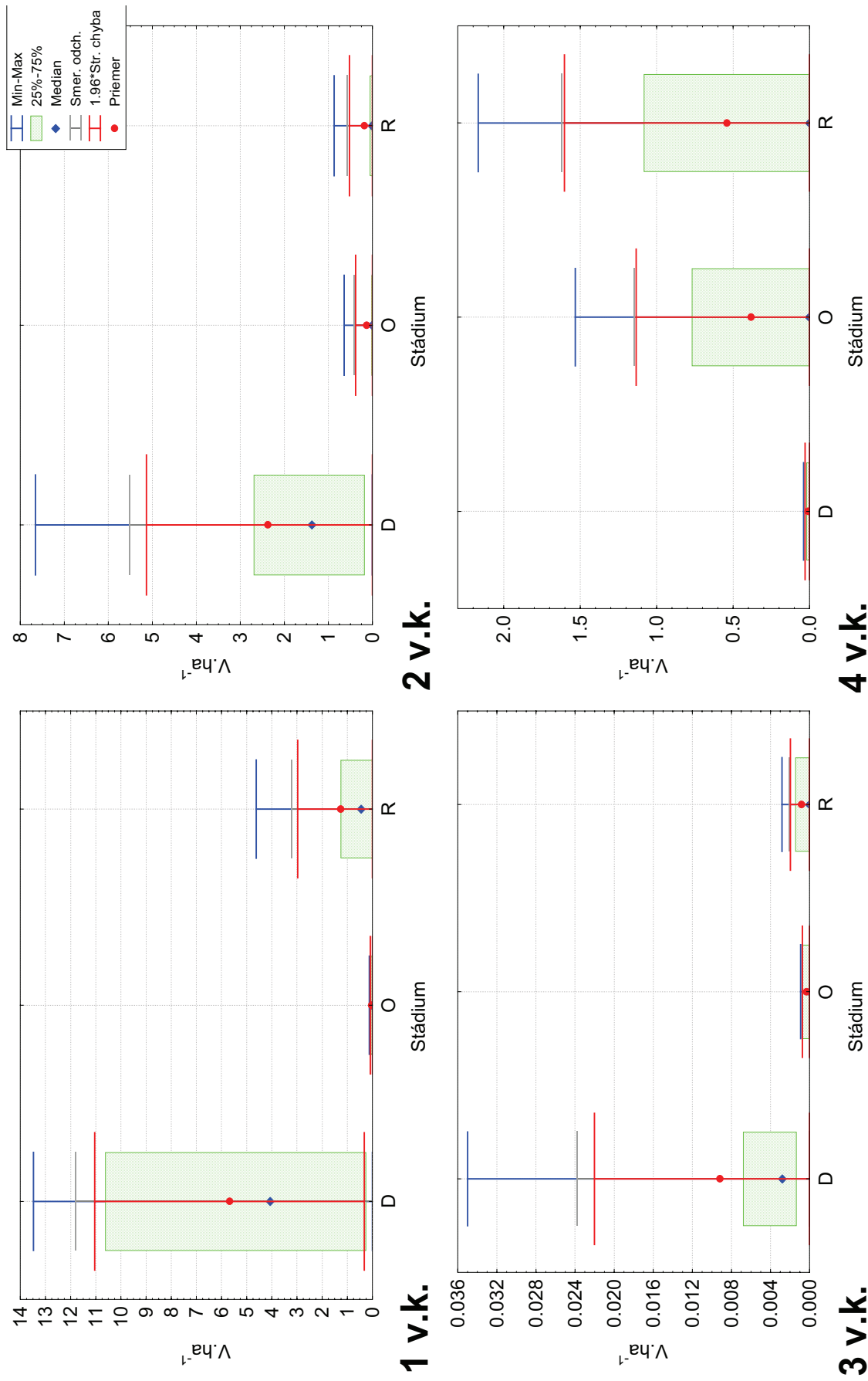
Tabuľka č. 15 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovkej kategórie na zásobu porastu na hektár ($V.ha^{-1}$).

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Výšková kategória	1379370.94	3	459790.31	31.42	0.000 ***
	Štádium	600775.81	2	300387.91	20.53	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	259625.30	6	43270.88	2.96	0.016 *
	Chyba -Reziduál	658560.59	45	14634.68		
Smrek	Výšková kategória	1365351.56	3	455117.19	31.18	0.000 ***
	Štádium	606854.31	2	303427.16	20.79	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	262793.20	6	43798.87	3.00	0.015 *
	Chyba -Reziduál	656901.56	45	14597.81		
Jarabina	Výšková kategória	46.77	3	15.59	3.34	0.028 *
	Štádium	37.57	2	18.78	4.02	0.025 *
	Štádium* Výšková kategória	62.14	6	10.36	2.22	0.059
	Chyba -Reziduál	210.34	45	4.67		

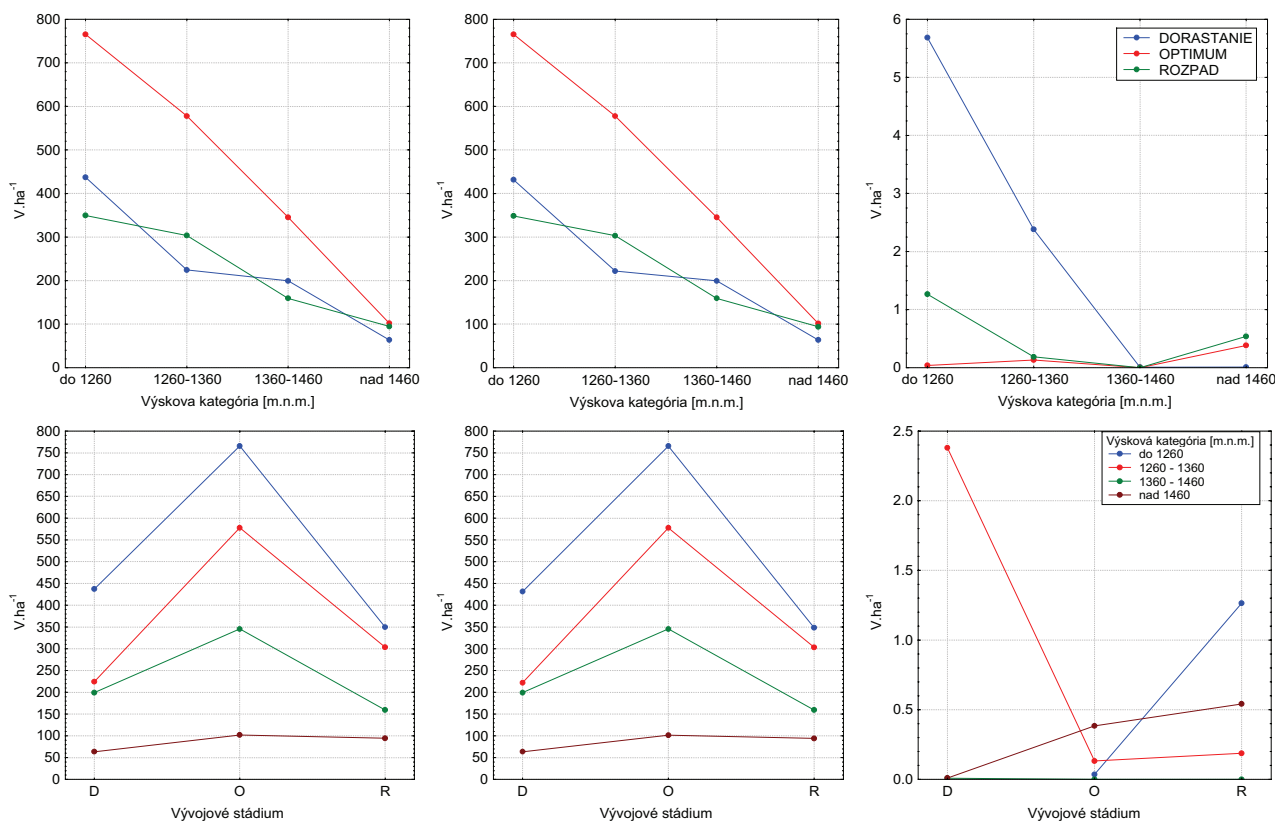
Z hodnotenia vzájomných rozdielov medzi štádiami zisťujeme, že v prvej, druhej a tretej výškovkej kategórii sa štádium rozpadu značne líši od optima (obrázok 60). Pri drevenine smrek v prvej a druhej výškovkej kategórii je významný rozdiel aj medzi štádiom dorastania a optima. Vo štvrtnej výškovkej kategórii nebol zistený žiaden štatisticky signifikantný rozdiel medzi štádiami.



Obrázok č. 60 Štatistická charakteristika zásoby porastu na hektár ($V \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách, pre porastový zmes a drevinu smrek obyčajný *Picea abies* L.



Obrázok č. 61 Štatistická charakteristika zásoby porastu na hektár ($V.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách. pre drevinu jarabina vtáčia *Sorbus aucuparia* L.



Spolu

Smrek

Jarabina

Obrázok č. 62 Priebeg priemerov zásoby porastu na hektár ($V \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách

5.5.2.4. ZÁSoba ODUMRETÉHO (MODEROVÉHO) DREVA

V predošlej kapitole sme sa zaoberali zásobou, ktorú tvoria živé stromy. V prírodných či prirodzených lesoch je veľmi dôležitou zložkou biodiverzity aj odumretá časť stromov, ktorá vytvára životné prostredie pre veľké množstvo druhov živočíšnej či rastlinnej povahy: riasy, huby, lišajníky, machy, bezstavovce a dokonca aj pre niektoré stavovce (LEXER *et al.* 2000). Pohľad lesníkov na moderové drevo sa v porovnaní s minulosťou v súčasnosti mení. V minulosti sa každý odumretý strom chápal ako potencionálny zdroj nákazy pre les, napr. premnoženie podkôrneho hmyzu a iných „škodcov“ lesa. Prevádzkové opatrenia boli zamerané na spracovanie a speňaženie každého „suchára“, ktorý sa v lese vyskytoval. Trocha iný pohľad na moderové drevo v lese mali ochranári, ktorí chápali viac integrovaný význam moderového dreva v lesnom ekosystéme. Dnes pri presadzovaní prírode blízkeho hospodárenia v lese je význam moderového dreva zjavný, dokonca podľa najnovších pokynov pre prevádzku (Bavorsko) je odporúčané ponechať časť moderového dreva v lese (cca 5 – 10 m³ na hektár (LWF – Merkblatt Nr. 3, 1998)).

Ako už bolo spomenuté, moderové drevo napomáha biodiverzite živých foriem v lese, ale tiež má zvlášť význam pre prirodzenú obnovu lesa (HARMON *et al.* 1986, FRANKLIN *et al.* 1987, HOFGAARD 1993). V prírodných lesoch (pralesoch) a prirodzených lesoch je navyše moderové drevo dôležitou zložkou v cykle živín (LEXER *et al.* 2000).

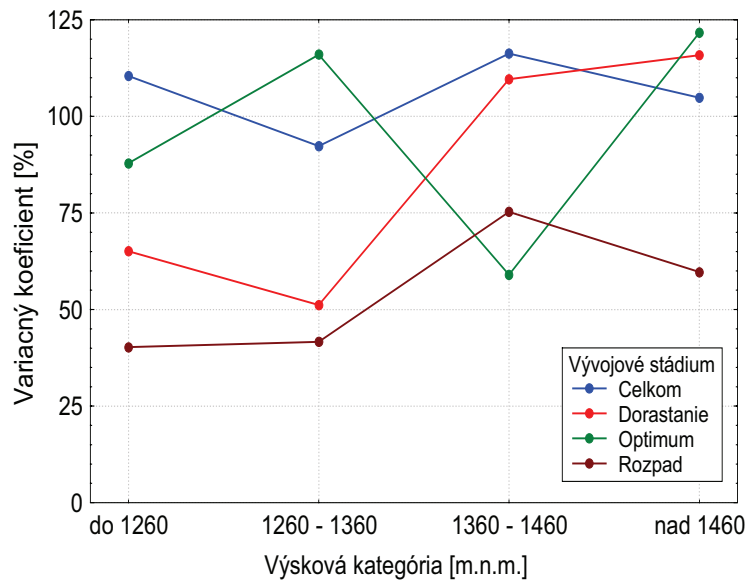
Z týchto dôvodov sme v rámci inventarizácie územia NPR Babia hora zaznamenávali výskyt a dimenzie moderového dreva. Na 57 výskumných plochách boli namerané tieto maximálne hodnoty moderového dreva:

- * **sucháre** – 286.69 m³/ha⁻¹ (skusná plocha 21; 3. v.k., štádium rozpadu);
- * **pne** – 16.75 m³/ha⁻¹ (skusná plocha 4; 1. v.k., štádium dorastania);
- * **ležanina** – 510.52 m³/ha⁻¹ (skusná plocha 14; 1. v.k., štádium rozpadu);
- * **spolu moderové drevo** – 714.23 m³/ha⁻¹ (skusná plocha 14; 1. v.k., štádium rozpadu (sucháre 202.77 m³/ha, ležanina 510.52 m³/ha, pne 0.94 m³/ha)).

V nasledujúcom texte podrobnejšie rozanalyzujeme dva hlavné komponenty moderového dreva, t.j. zásobu suchárov a ležaniny.

V prvom kroku sme pristúpili k analýze zásoby suchárov. Variabilita tejto veličiny má pomerne vysokú hodnotu a pohybuje sa v priemere okolo 100%, pričom s nadmorskou výškou jemne stúpa. Najnižšia je variabilita zásoby suchárov v rozpade, čo sa dalo očakávať, pretože výskyt suchárov je pre toto štádium typický. O čosi väčšia variabilita je v štádiu dorastania. Najvyššia heterogenita vo výskyte suchárov je v štádiu optima, hlavne v nižších výškových zónach a v poslednej štvrtej výškovej kategórii (obrázok 63).

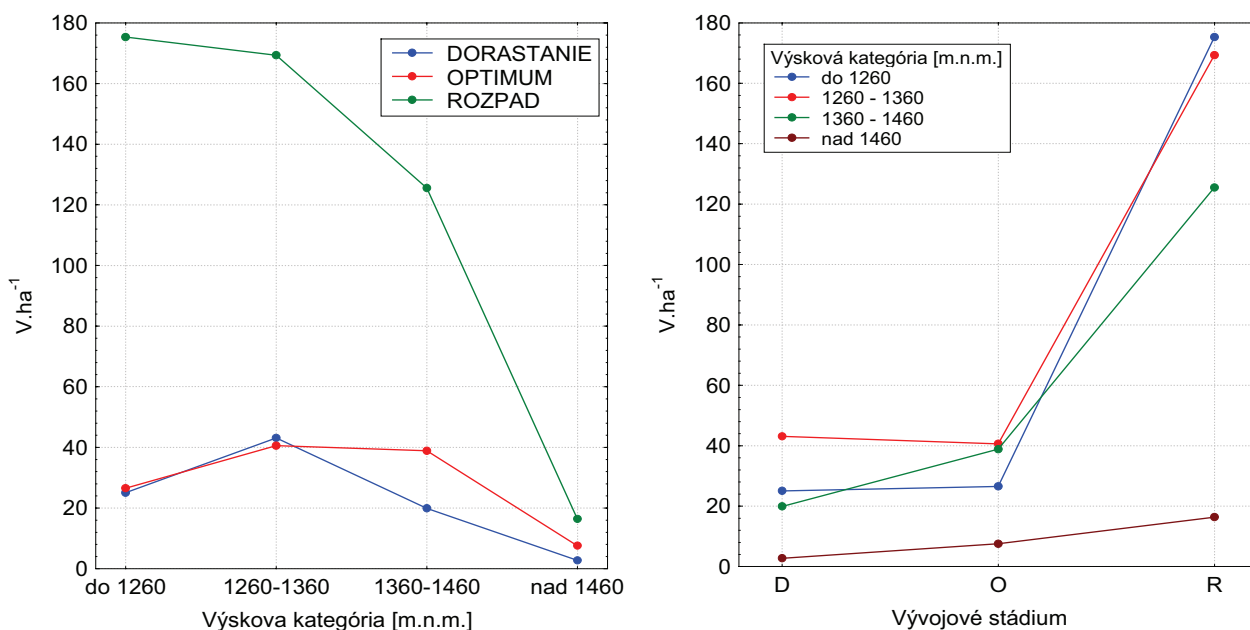
Na množstvo zásoby suchárov významne vplyvajú oba faktory, t.j. výšková kategória a vývojové štádium ako aj ich interaktívny vplyv, čo dokumentujú aj výsledky v tabuľke 16. Všetky tri úrovne vplyvu sa prejavili ako štatisticky významné. Ak sa pozrieme na obrázok 64, ktorý znázorňuje priebeh priemerných hodnôt v jednotlivých štádiách po výškových kategóriách, hneď zistíme, prečo je tomu tak. V štádiu rozpadu zásoba suchárov s nadmorskou výškou veľmi prudko klesá. Obrázok 65 zároveň dobre dokumentuje veľký rozdiel v objeme dreva suchárov medzi štádiom rozpadu a štádiami dorastania a optima. Štatistický test vzájomných rozdielov medzi štádiami ukázal, že v prvej a druhej výškovej kategórii sa dorastanie a optimum významne odlišujú od rozpadu a v tretej a štvrtej výškovej zóne dorastanie od rozpadu.



Obrázok č. 63 Priebeh variačných koeficientov zásoby odumretého stojaceho dreva na hektár ($Vs.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

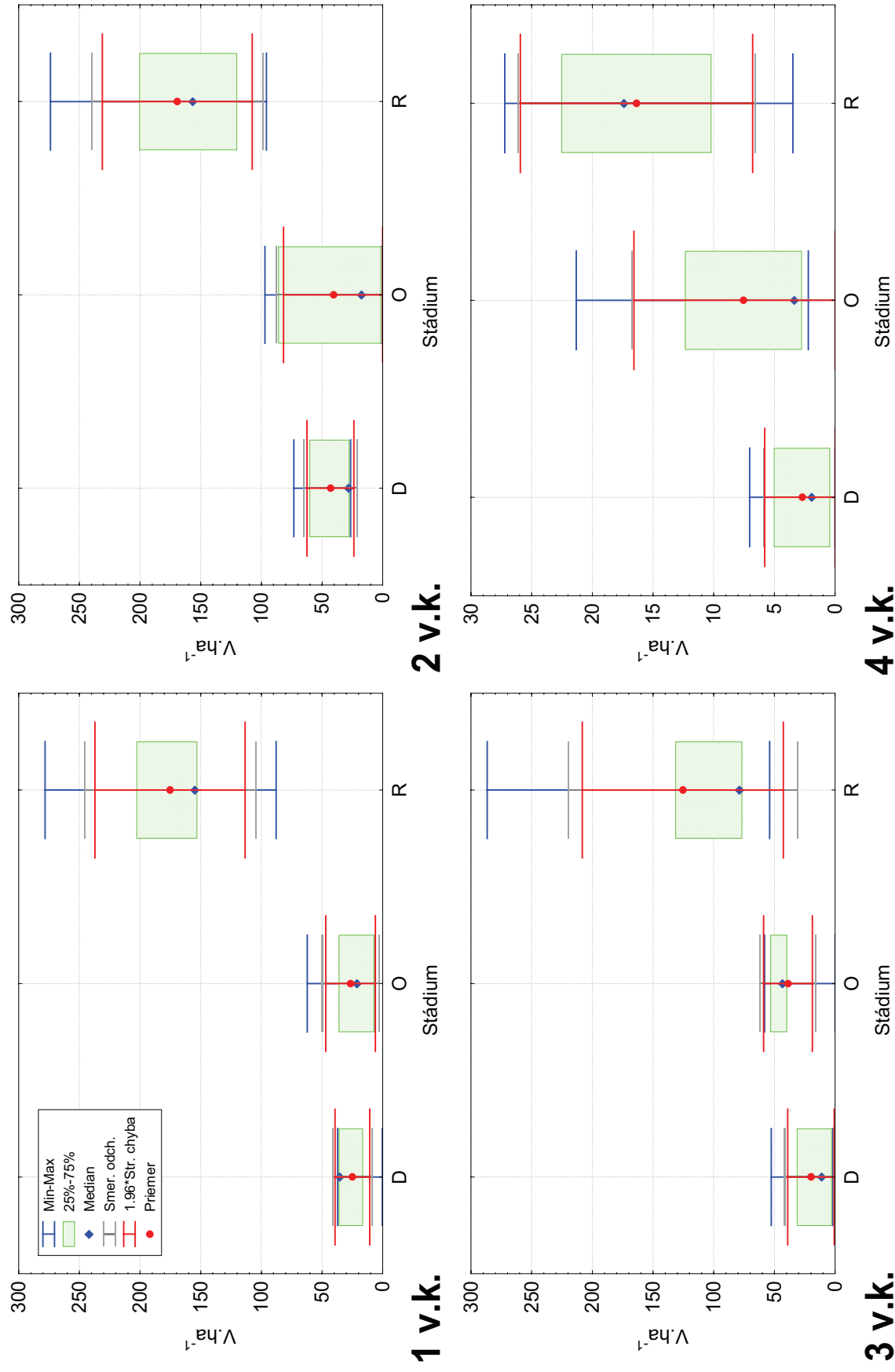
Tabuľka č. 16 Dvojfaktorová analýza variácie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na zásobu stojaceho odumretého dreva na hektár ($Vs.ha^{-1}$).

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Výšková kategória	43948.75	3	14649.58	7.00	0.001 ***
	Štádium	116183.22	2	58091.61	27.78	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	32414.31	6	5402.39	2.58	0.031 *
	Chyba -Reziduál	94117.69	45	2091.50		

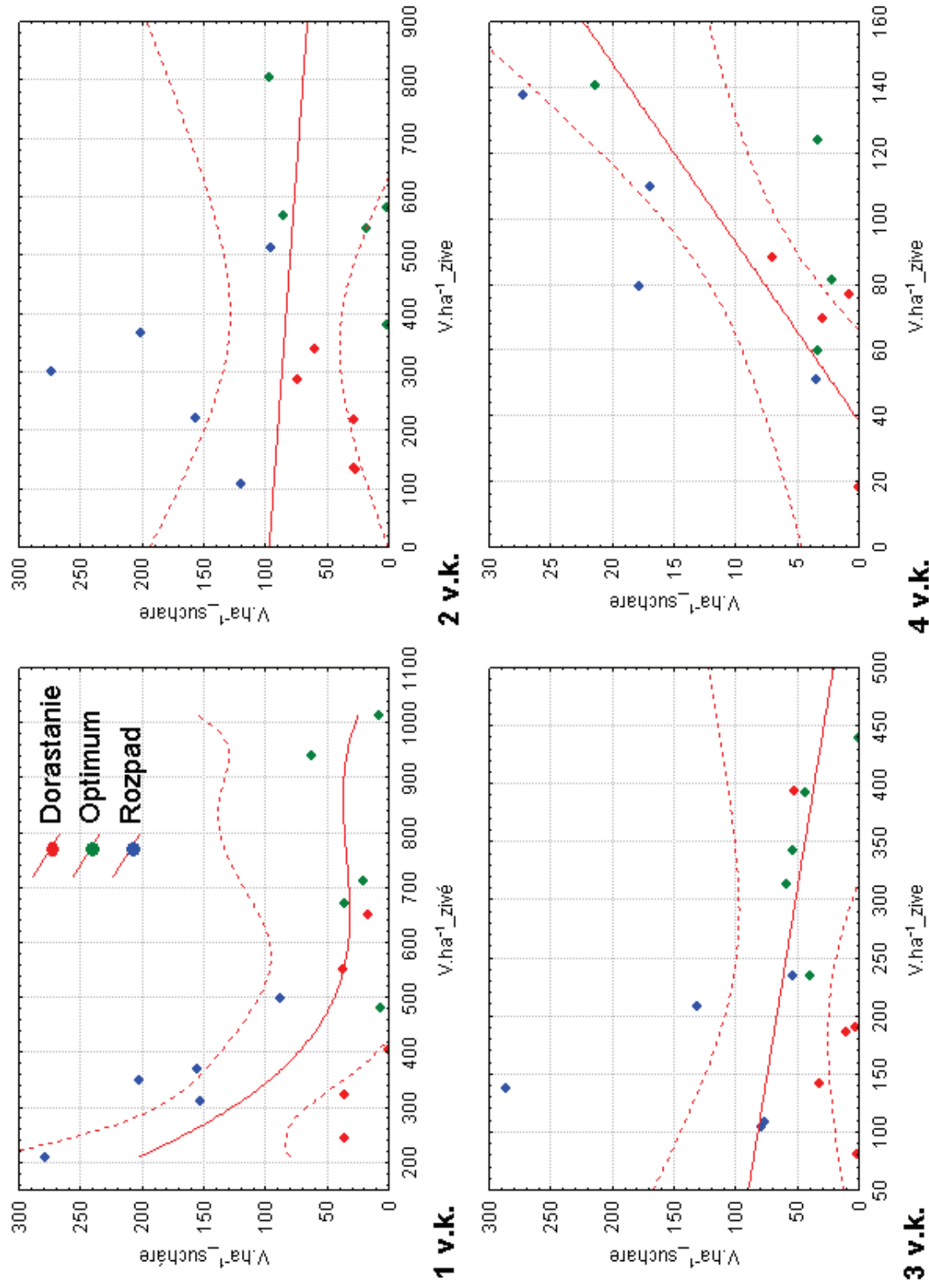


Obrázok č. 64 Priebeh priemerov zásoby stojaceho odumretého dreva na hektár ($V_s \cdot ha^{-1}$) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách

Na nasledujúcom obrázku 66 uvádzame jednoduchú analýzu závislosti zásoby stojaceho odumretého dreva od zásoby živých stromov. V prvej výškovej kategórii vidíme pomerne jednoznačný priebeh, kde s pribúdaním zásoby živých stromov klesá zásoba suchárov. Index korelácie má v tomto prípade hodnotu 0.52, čo znamená stredne silnú závislosť potvrdenú aj štatisticky. Tento vzťah je logicky vysvetliteľný, pretože porast dosahuje svoju maximálnu zásobu v štádiu optima. Ako porast prechádza do štádia rozpadu, zvyšuje sa množstvo suchých odumretých stromov a to spôsobuje znižovanie zásoby živých stromov. V dorastaní zásoba živých jedincov začína opäť stúpať, kým zásoba suchárov v dôsledku ich postupného rozpadu naopak klesá. Dalo by sa teda očakávať, že podobný priebeh bude vo všetkých výškových zónach. Grafy na tomto obrázku však nasvedčujú, že tomu tak celkom nie je, keďže už v druhej a tretej výškovej zóne je pokles zásoby suchárov so zvyšovaním zásoby živých stromov štatisticky nevýznamný. Ich korelačné koeficienty majú nízke hodnoty (–0.09 a –0.25). Vo štvrtej výškovej kategórii je dokonca závislosť opačná a spomedzi všetkých prípadov najsilnejšia s hodnotou korelačného koeficienta 0.71. Prečo je tomu tak? Štvrtá výšková kategória je situovaná na hornej hranici lesa, kde sú porasty prirodzene rozpojené a z toho dôvodu majú celkovo nižšiu zásobu živých stromov. Rozdiely v zásobe živých stromov sú medzi štádiami preto v tejto výškovej kategórii oveľa menšie ako v nižších nadmorských výškach, čo vyplýva aj z výsledkov uvedených v predchádzajúcej kapitole. Rozpojená štruktúra a vegetatívne rozmnožovanie majú tiež za následok zmenu v celkovom vývoji lesa v týchto nadmorských výškach. Môžeme tu pozorovať postupné odumieranie jedincov a nie bioskupín stromov, ako je tomu v spodnejších častiach územia.



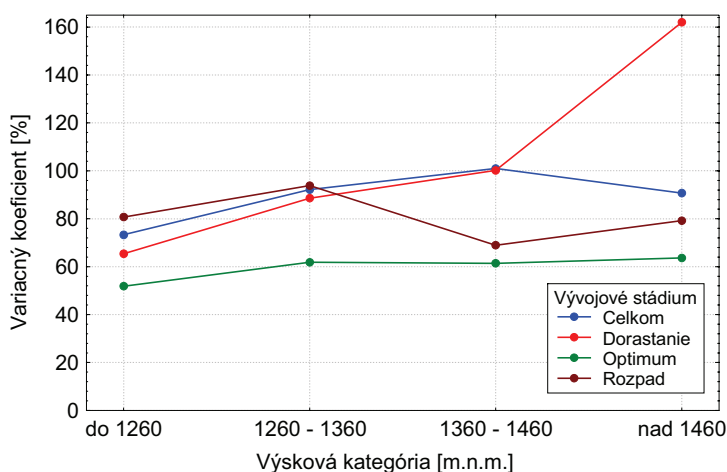
Obrázok č. 65 Štatistická charakteristika zásoby stojaceho odumretého dreva na hektár ($Vs.ha^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách. pre porastovú zmes



Obrázok č. 66 Závislosť zásoby stojaceho odumretého dreva na hektár ($Vs.ha^{-1}$) na zásobe živých stromov v jednotlivých výškových kategóriách

V ďalšom kroku sme sa zaoberali zásobou odumretého ležiaceho dreva. Maximálnu zásobu ležaniny sme zistili na skusnej ploche 14 s hodnotou $510.5\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Variabilita zásoby ležaniny (obrázok 67) je o niečo menšia ako u suchárov a pohybuje sa v priemere okolo 90%. V rámci štádií je variabilita pomerne vyrovnaná, najnižšia je v štádiu optima a najvyššia v štádiu dorastania, hlavne v tretej a štvrtej výškovej kategórii. S pribúdajúcou nadmorskou výškou sa variabilita mierne zvyšuje.



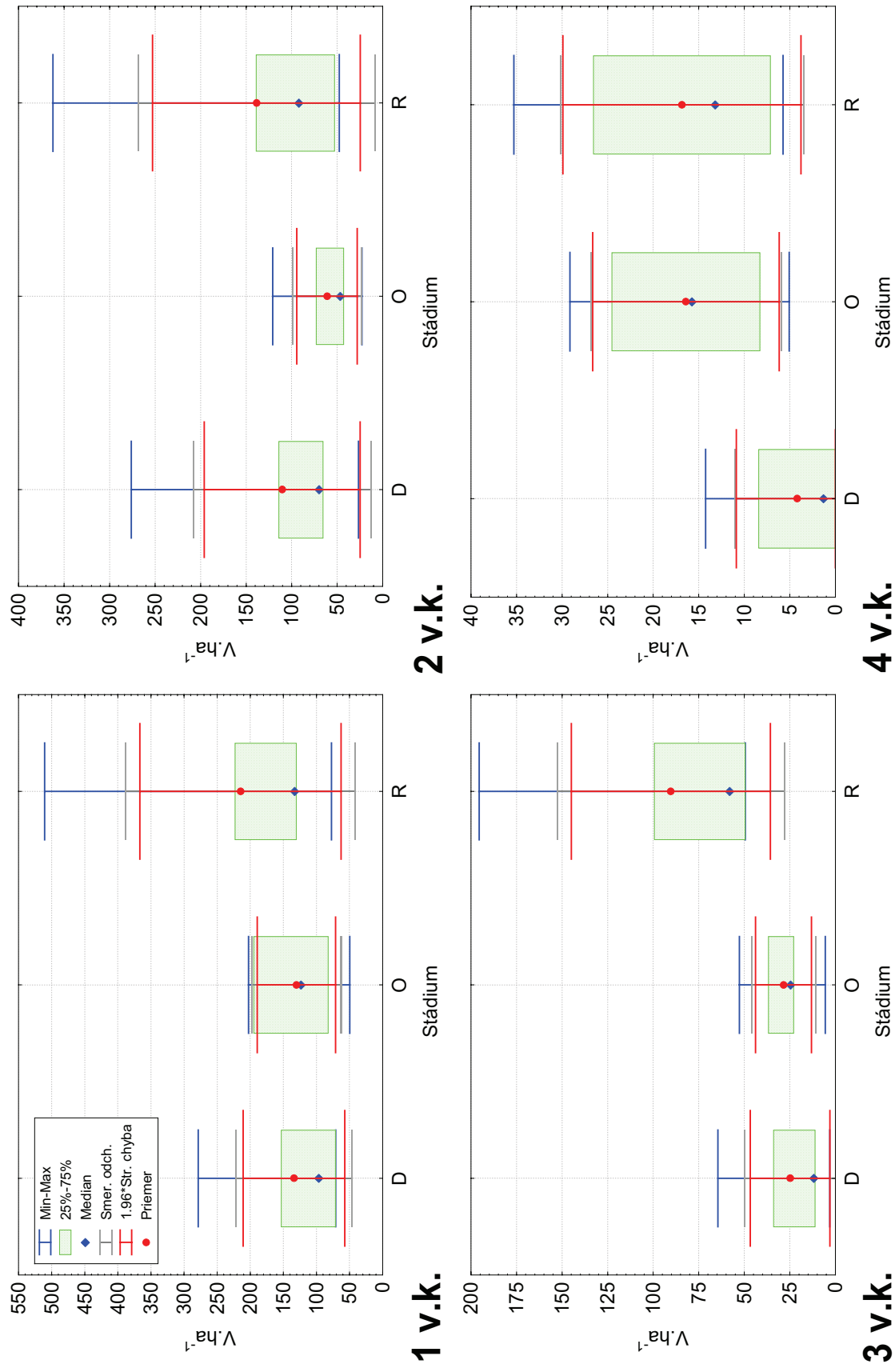
Obrázok č. 67 Priebeg variačných koeficientov zásoby ležiaceho odumretého dreva na hektár (Vl.ha^{-1}) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách

Analýza variancie (tabuľka 17) potvrdila iba vplyv výškovej kategórie na množstvo ležaniny v poraste. Vyplýva to aj z obrázku 69, na ktorom vidíme, že s pribúdajúcou nadmorskou výškou výrazne klesá zásoba ležaniny. Medzi štádiami sme však štatisticky významný rozdiel nezistili ani v jednom prípade (obrázok 68).

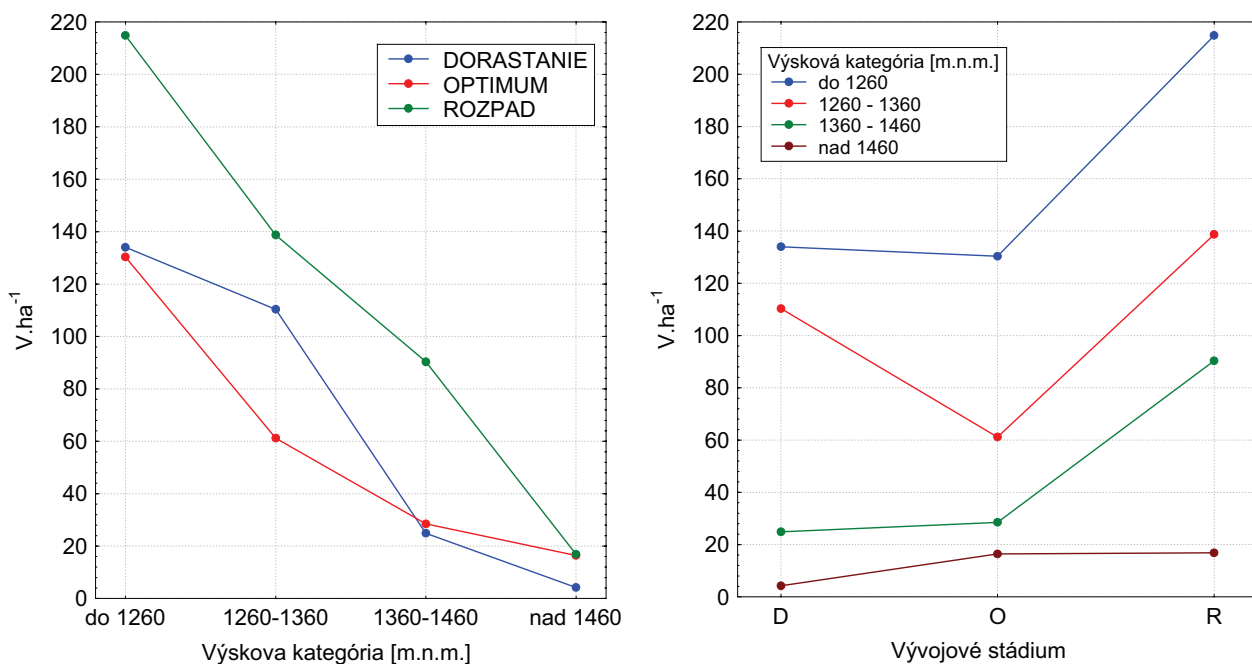
Tabuľka č. 17 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na zásobu ležiaceho odumretého dreva na hektár (Vl.ha^{-1}).

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Výšková kategória	172528.22	3	57509.41	8.59	0.000 ***
	Štádium	34013.27	2	17006.63	2.54	0.090
	Štádium* Výšková kategória	14442.17	6	2407.03	0.36	0.900
	Chyba –Reziduál	301176.91	45	6692.82		

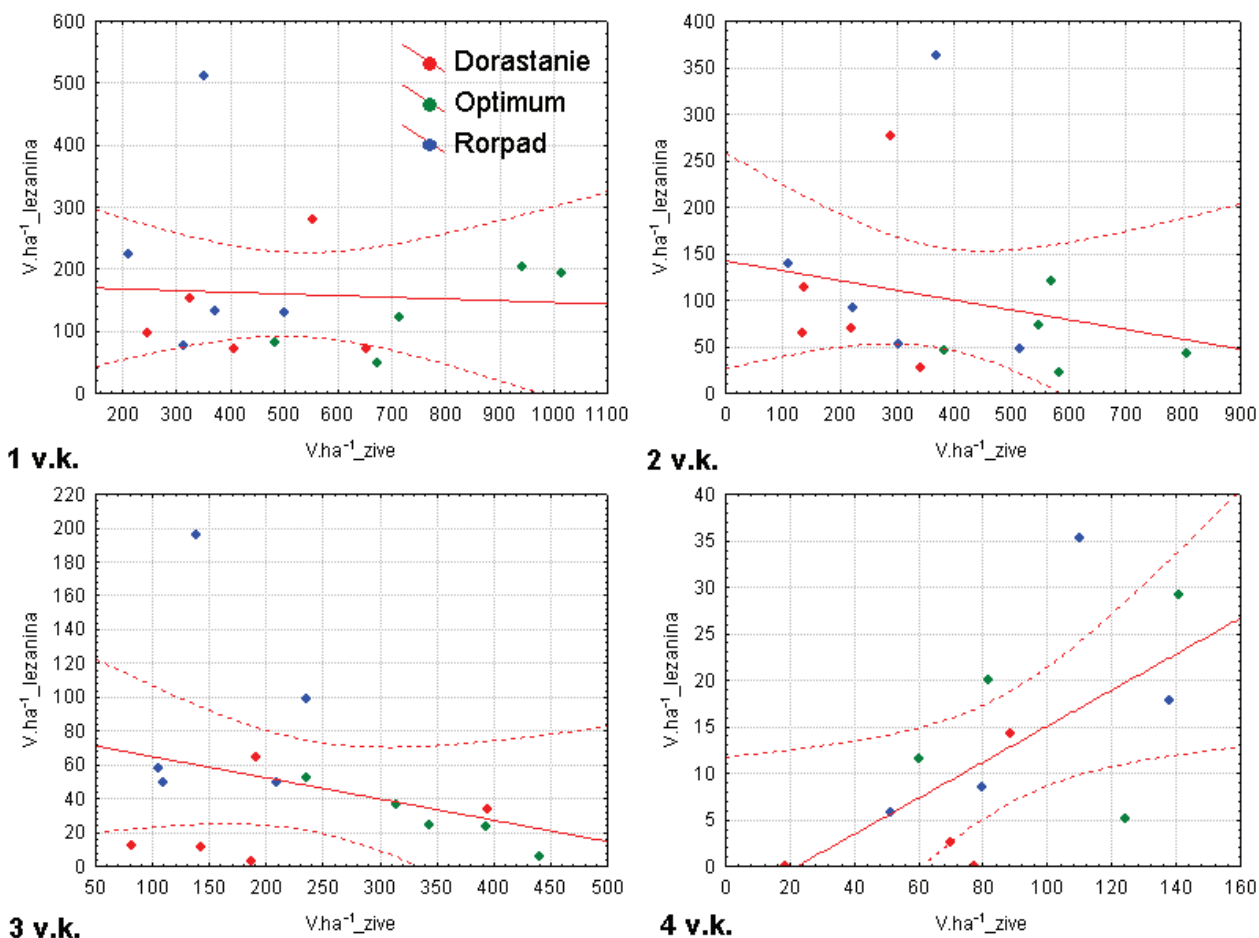
Tak ako pri zásobe suchárov aj tu sme preverili závislosť množstva zásoby ležaniny na zásobe živých stromov (obrázok 70). V prvých troch výškových kategóriách sú všetky tieto vzťahy veľmi slabé a štatisticky nevýznamné, čo napovedá, že ležanina sa rozkladá veľmi pomaly a pretrváva v poraste počas celého vývojového cyklu. Všeobecný trend v týchto kategóriách je však logicky klesajúci. Korelačné koeficienty majú hodnoty -0.05 , -0.27 a -0.30 . V poslednej štvrtej výškovej zóne je podobne ako pri zásobe suchárov priebeg opačný a závislosť sa potvrdila aj štatisticky. Hodnota korelačného koeficienta je 0.62 .



Obrázok č. 68 Štatistická charakteristika zásoby ležiaceho odumretého dreva na hektár ($Vl.na^{-1}$) v jednotlivých vývojových štádiách a výškových kategóriách, pre porastové zmes



Obrázok č. 69 Priebeg priemerov zásoby ležiaceho odumretého dreva na hektár ($Vl.ha^{-1}$) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách



Obrázok č. 70 Závislosť zásoby ležiaceho odumretého dreva na hektár ($Vl.ha^{-1}$) na zásobe živých stromov v jednotlivých výškových kategóriách

V nasledujúcom texte podrobíme zásobu moderového dreva komplexnému rozboru. Ako už bolo v predošlom texte poukázané, priebeh zásoby suchárov a ležaniny podľa vývojových štádií má v prvej a druhej výškovej kategórii celkovo normálny priebeh, t.j. najnižší objem je v štádiu optima, vyšší v dorastaní a maximum sa dosahuje v rozpade. Toto zistenie sa odlišuje od poznatkov HOLEKSU (1998) získaných z výskumného objektu (o veľkosti 14.4 ha) na severnej strane Babej hory, ktorý zistil, že zásoba moderového dreva rastie od štádia dorastania cez optimum po rozpad. Dôvodom je pravdepodobne malá reprezentatívnosť objektu pri zovšeobecňovaní objektov na celú skúmanú oblasť. V tretej a štvrtej výškovej kategórii, t.j. od nadmorskej výšky 1361 m.n.m. po hornú hranicu lesa, sme však aj my zaznamenali, že zásoba suchárov a ležaniny rastie od štádia dorastania cez optimum po rozpad, čo je v súlade s výsledkami už uvedeného autora (tabuľka 18, obrázok 71 a 72). Jedná sa tu pravdepodobne o vplyv výškovej zonality, dôsledky ktorej sme podrobnejšie uviedli pri analýze zásoby stojaceho moderového dreva.

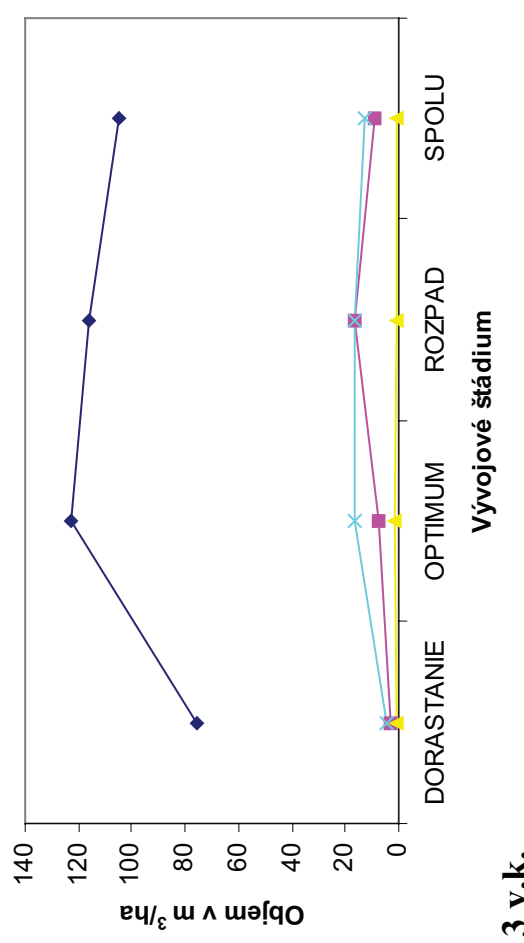
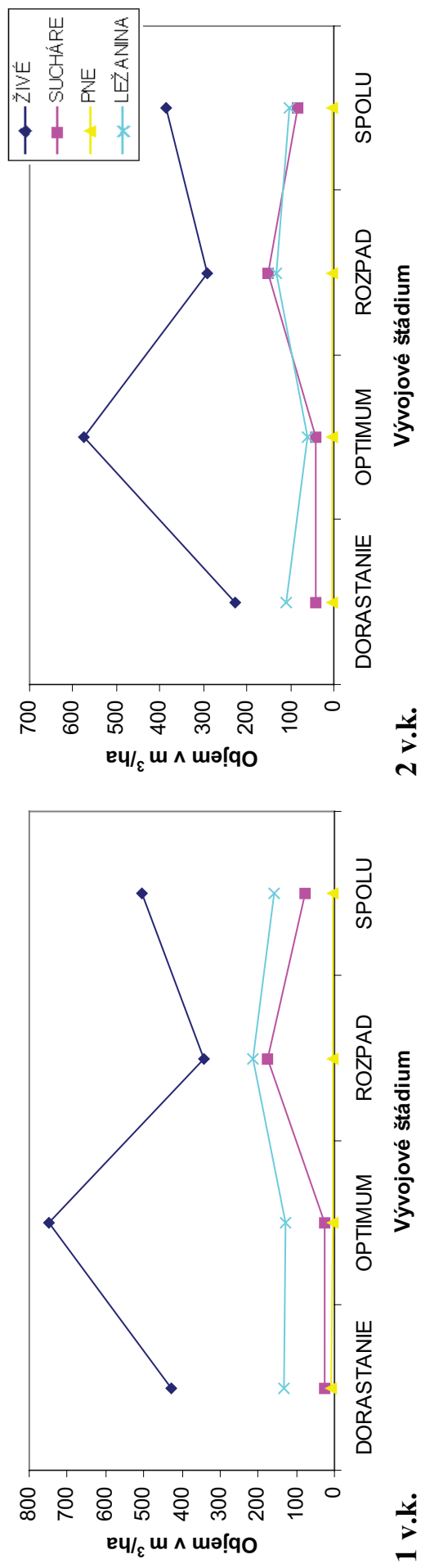
V štádiu dorastania a štádiu optima nepresahuje zásoba moderového dreva, t.j. zásoba suchárov, ležaniny a pňov spolu, zásobu živých stromov v žiadnej výškovej kategórii. V štádiu dorastania činí moderové drevo bez rozdielu na výškovú kategóriu cca 40% zo zásoby živých stromov, v štádiu optima je to približne 20% (tabuľka 19).

Iná situácia je v štádiu rozpadu. V dvoch výškových kategóriách (prvá a tretia výšková kategória) prekračuje zásoba moderového dreva zásobu živých stromov (tabuľka 19 a obrázok 73). Priemerne prevyšuje zásoba moderového dreva v štádiu rozpadu zásobu živých stromov o 6%. Podiel zásoby živých stromov k zásobe moderového dreva v štádiu optima a dorastania zodpovedá zisteniam z pralesov Dobroč a Badín autorov SANIGA & SCHÜTZ (2001). V optime je pomer medzi zásobou moderového dreva k zásobe živých stromov 1:5 až 1:6 a v dorastaní 1:2 až 1:3. V štádiu rozpadu sme zistili výrazne vyššiu zásobu moderového dreva, ako uvádzajú spomínaní autori (1:2 až 1:3). V našom prípade by išlo o pomer medzi zásobou živých stromov a moderového dreva približne 1:1 (106 %).

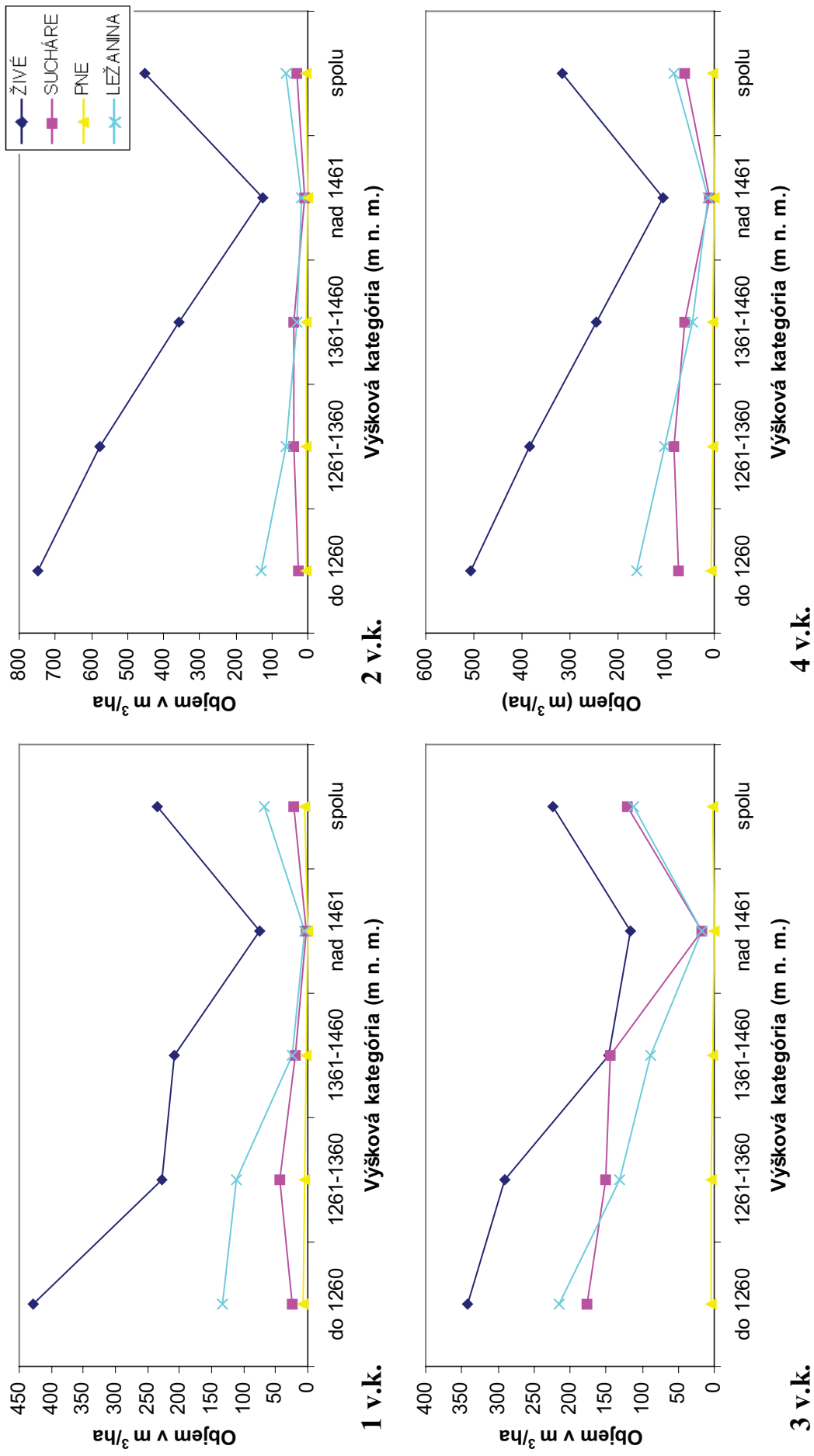
Tabuľka č. 18 Objem a počet živých stromov a moderového dreva podľa jednotlivých vývojových štádií a výškových kategórií

Výšková kategória (m.n.m.)		Vývojové štádium															
		DORASTANIE				OPTIMUM				ROZPAD				Celkovo priemer			
		Živé	Sucháre	Pne	Ležanina	Živé	Sucháre	Pne	Ležanina	Živé	Sucháre	Pne	Ležanina	Živé	Sucháre	Pne	Ležanina
do 1260	$\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$	810	76	128	156	298	60	60	152	162	162	72	208	423	99	87	172
	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	427.5	25.0	7.8	134.0	747.0	26.5	3.6	130.3	341.9	175.3	3.3	214.8	505.5	75.6	4.9	159.7
1260 – 1360	$\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$	908	120	116	208	292	100	78	176	175	222	73	273	440	152	88	222
	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	228.4	43.1	5.5	110.3	575.6	40.6	2.4	61.2	290.8	150.1	3.7	132.1	384.3	82.4	3.9	103.1
1360 – 1460	$\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$	586	140	56	88	328	122	82	112	190	235	70	210	381	164	69	131
	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	207.6	19.9	1.5	24.9	358.1	38.9	2.4	28.5	147.3	143.4	2.9	88.1	244.1	61.9	2.2	44.3
nad 1461	$\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$	635	85	65	80	550	178	105	130	575	245	30	140	583	169	67	117
	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	75.9	2.8	0.6	4.2	122.6	7.6	1.2	16.4	116.1	16.4	0.5	16.8	104.9	8.9	0.8	12.5
Celkovo priemer	$\text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$	735	105	91	133	367	115	81	143	276	216	61	208	452	145	79	165
	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	234.9	22.7	3.9	68.4	450.8	28.4	2.4	59.1	224.0	121.3	2.6	112.9	316.2	60.1	3.1	84.5

Z analýzy závislosti zásoby moderového dreva od nadmorskej výšky (obrázok 72) vidieť, že s nadmorskou výškou zásoba moderového dreva klesá vo všetkých vývojových štádiách. Súvisí to priamo s poklesom porastových zásob s rastom nadmorskej výšky. Napr. kým v prvej výškovej kategórii (nadmorská výška do 1260 m.n.m.) je priemerná zásoba živých stromov $505.5 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, zásoba suchárov $75.6 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, pňov $4.9 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ a ležaniny $159.7 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ (bez ohľadu na vývojové štádium), tak vo štvrtej výškovej zóne (v nadmorskej výške nad 1461 m.n.m.) je priemerná zásoba živých stromov už len $104.9 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, suchárov $8.9 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$, pňov $0.8 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ a ležaniny $12.5 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$. U živej hmoty sa jedná o približne 5-násobný pokles zásoby, u suchárov 8.4, pri pňoch 6.1 a u ležaniny 12.4 násobný pokles.



Obrázok č. 71 Grafické znázornenie priebehu zásoby živých stromov a moderového dreva v závislosti od vývojového štádia

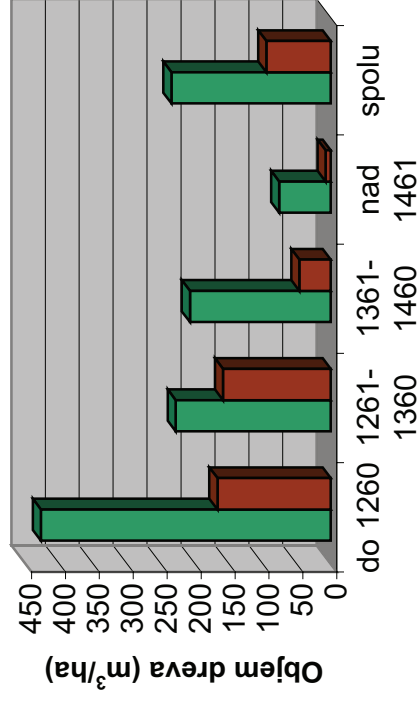


Obrázok č. 72 Grafické znázornenie priebehu zásoby živých stromov a moderového dreva v závislosti od nadmorskej výšky

Tabuľka č. 19 Sumár zásoby živých stromov a moderového dreva podľa jednotlivých vývojových štádií a výškových kategórií

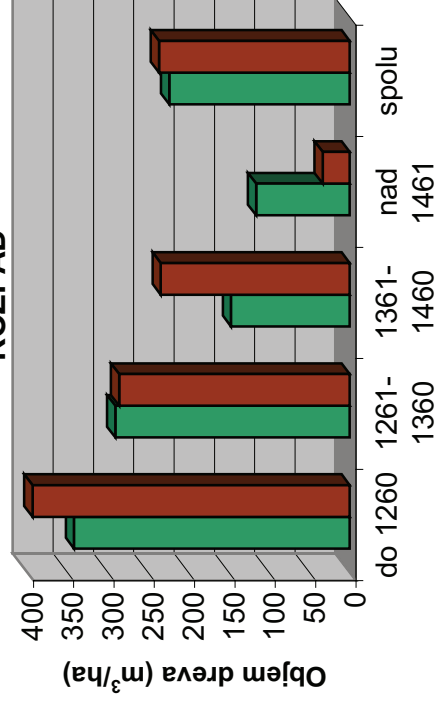
Nadmorská výška (m n. m.)	Objem dreva	DORASTANIE		OPTIMUM		ROZPAD	
		Živé	Moder	Živé	Moder	Živé	Moder
do 1260	m ³ /ha	428	167	747	160	342	393
1260-1360	m ³ /ha	228	159	576	104	291	286
1360-1460	m ³ /ha	208	46	358	70	147	234
nad 1460	m ³ /ha	76	8	123	25	116	34
priemer	m ³ /ha	235	95	451	90	224	237

DORASTANIE



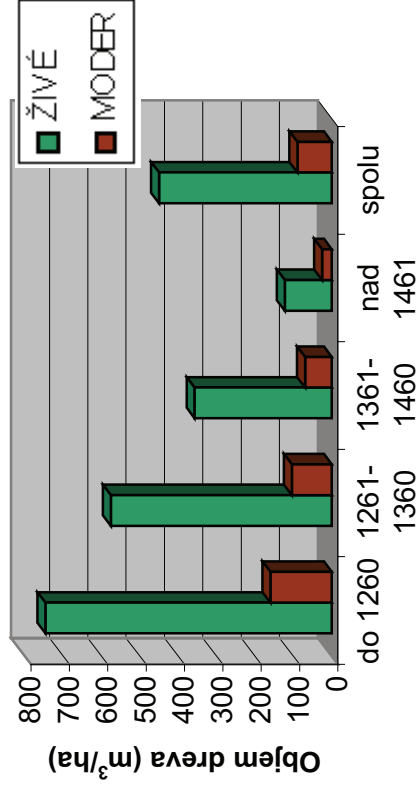
Výšková kategória (m n. m.)

ROZPAD



Výšková kategória (m n. m.)

OPTIMUM



Výšková kategória (m n. m.)

Obrázok č. 73 Grafické znázornenie zásoby živých stromov a moderového dreva podľa jednotlivých výškových kategórií v jednotlivých štádiách (sumárne)

Porovnanie nami zistených hodnôt zásoby moderového dreva bez zohľadnenia vývojových štádií a výškových kategórií s výsledkami HOLEKSU (1998) zo severnej strany Babej hory je prezentované v nasledujúcej tabuľke 20:

Tabuľka č. 20 Porovnanie zásoby moderového dreva v lesoch na severnej a južnej strane Babej hory

Prameň	Sucháre (m ³ ·ha ⁻¹)	Pne (m ³ ·ha ⁻¹)	Ležanina (m ³ ·ha ⁻¹)	Spolu (m ³ ·ha ⁻¹)
Naše výsledky (2002) (Babia hora) južná strana	60.1	3.1	84.5	147.7
HOLEKSA (1998) (Babia hora) severná strana	58.5	-	72.6	131.1

Dôležitým ukazovateľom vývoja moderového dreva je okrem množstva aj jeho stupeň rozkladu, od ktorého závisí biodiverzita živých organizmov, t.j. ich počet a druhové zloženie. Z našich výsledkov tiež vyplýva, že moderové drevo vo vhodnom stupni rozkladu (aspoň 5. stupeň) tvorí najvhodnejšie podložie pre regeneračné procesy v lesoch v supramontánnom a subalpínskom stupni Babej hory. Až 97 % jedincov obnovy sa vyskytovalo práve na 5. až 8. stupni rozkladu moderového dreva.

Tabuľka č. 21 Priemerná zásoba pňov, ležaniny a suchárov podľa stupňa rozkladu

Druh moderu	Nadmorská výška (m.n.m.)	Stupeň rozkladu								Spolu
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Pne (m ³ ·ha ⁻¹)	do 1260	0.03	0.09	0.02	0.01	0.19	0.29	0.68	3.60	4.91
	1260-1360	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.62	3.12	3.85
	1360-1460	0.00	0.01	0.25	0.03	0.05	0.10	0.48	1.37	2.29
	nad 1460	0.03	0.05	0.09	0.04	0.02	0.07	0.26	0.16	0.72
	Priemer	0.02	0.04	0.09	0.02	0.07	0.13	0.52	2.19	3.08
Ležanina (m ³ ·ha ⁻¹)	do 1260	5.60	7.65	14.51	9.32	2.58	7.17	31.41	80.81	159.05
	1260-1360	1.10	21.57	9.87	8.77	12.04	5.67	14.76	29.36	103.14
	1360-1460	5.41	10.92	3.50	3.26	2.84	3.35	8.14	6.83	44.25
	nad 1460	2.39	1.36	2.34	1.70	1.88	0.50	1.92	0.41	12.50
	Priemer	3.62	11.04	7.94	6.07	5.15	4.41	14.81	31.27	84.31
Sucháre (m ³ ·ha ⁻¹)	do 1260	34.30	30.06	7.71	0.33	1.07	0.27	1.91	0.00	75.65
	1260-1360	33.48	39.47	6.74	1.70	0.55	0.16	0.11	0.24	82.45
	1360-1460	20.34	38.06	2.56	0.56	0.36	0.05	0.03	0.00	61.96
	nad 1460	3.42	3.07	1.59	0.22	0.00	0.11	0.47	0.00	8.88
	Priemer	24.14	28.99	5.04	0.75	0.52	0.15	0.64	0.07	60.30
Priemer		27,78	40.07	13.07	6.84	5.74	4.69	15.97	33.53	147.69

V tabuľke 21 a na obrázku 75 máme názorne zobrazený priebeh zmeny zásoby moderového dreva v závislosti od stupňa rozkladu.

Zásoba suchárov je logicky najväčšia v prvých dvoch stupňoch rozkladu. Podobne výsledky prezentuje zo severnej strany Babej hory aj HOLEKSA (1998). Vo vyššom stupni rozkladu, približne po 20 rokoch od odumretia stromu, je drevo suchárov v prízemkovej časti dostatočne porušené drevokaznými hubami. Sucháre sa tak stávajú labilné a padajú na zem. Z toho dôvodu zásoba ležaniny v druhom stupni rozkladu mierne narastá. Najväčšiu zásobu dosahuje ležanina v 7. a 8.

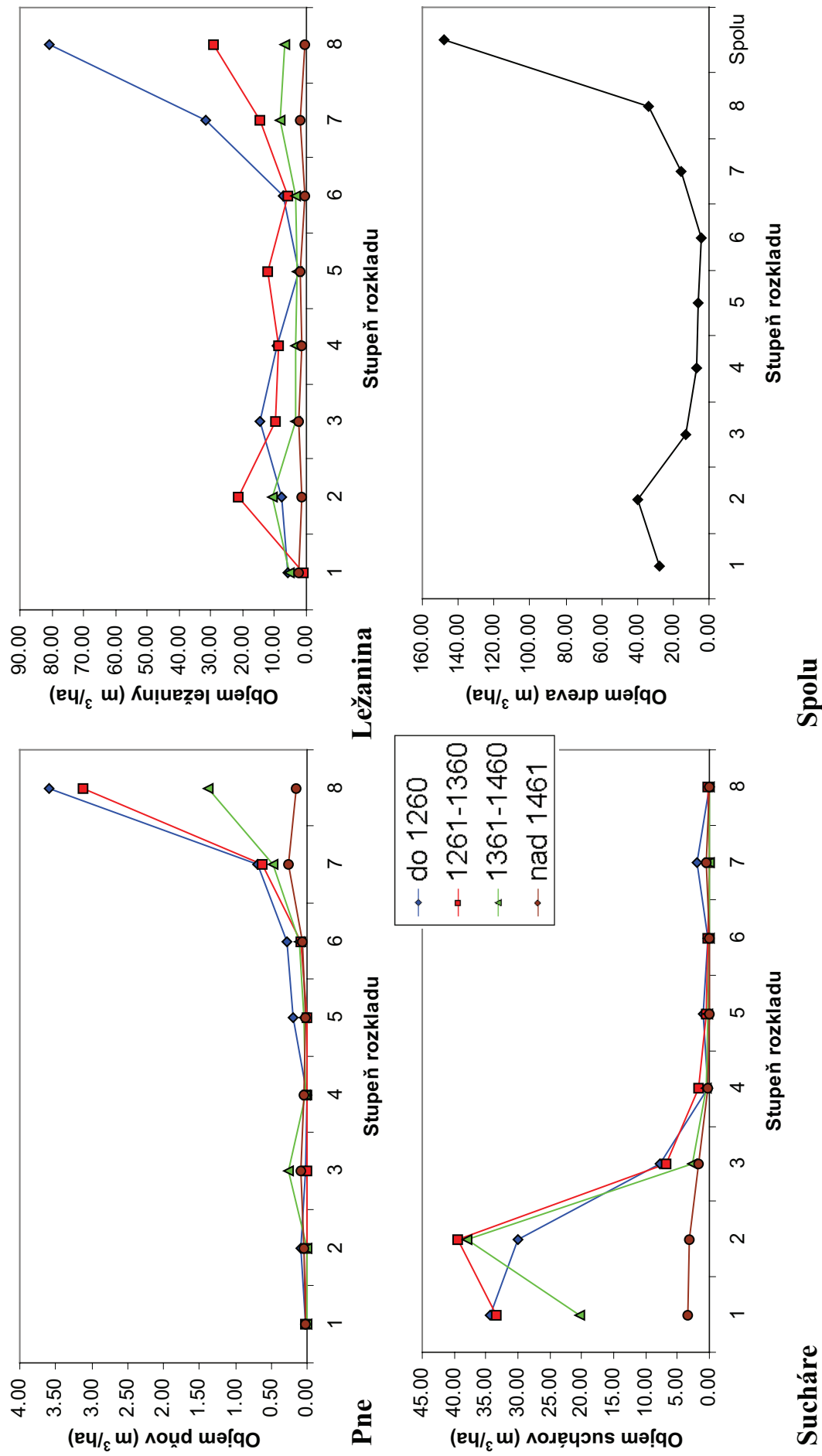
stupni rozkladu. Podľa zistení HOLEKSU (1998) sa v týchto stupňoch rozkladu jedná o hmotu starú 70 – 100 rokov. Predpokladaný úplný rozklad dreva na Babej hore trvá do 150 rokov. V tomto veku je už dosť ťažko rozoznať zbytky rozloženého dreva. Ukazovateľmi miesta, kde pôvodne ležalo moderové drevo, sú rastlinné druhy a jedince obnovy, ktoré sú zvyčajne zoradené v jednej línii.

Zaujímavosťou je okrem iného aj skutočnosť, že jednotlivé kmene ležaniny môžu mať rôznu stupeň rozkladu. Prízemková časť môže byť v inom stupni rozkladu ako vrcholová časť, ktorá je prevažne v nižších stupňoch rozkladu. Závisí to hlavne od toho, v akom stave spadol strom na zem, či bol vyvrátený ako živý strom alebo spadol už čiastočne rozložený ako odumretý suchár.

V predošlom texte sme už spomínali, že prevažná časť obnovy sa vyskytuje na moderovom dreve, ktoré je vo vyššom stupni rozkladu. Najlepšie prostredie pre obnovu v nižšom stupni rozkladu (napr. 2. resp. 3. stupeň) predstavuje kôra na povrchu padnutého kmeňa. Často tu vzniká zaujímavý jav, kedy na kôre ešte nerozloženého dreva rastie mladý jedinec s vekom aj 10 rokov, ktorý má koreňový systém vyvinutý len v hrubej kôre (obrázok 74).



Obrázok č. 74 Vďaka dostatku vlhky začína obnova lesa aj na padnutých stromoch, ktoré sú často len v 3. stupni rozkladu (HOLEKSA 1998). Najväčší smrek rastúci na tejto ležanine mal okolo 14 rokov. Porast sa nachádza v štádiu počiatočného rozpadu.



Obrázok č. 75 Zásoba pňov, ležaniny a suchárov v závislosti od stupňa rozkladu v jednotlivých výškových kategóriách

5.5.2.5. ANALÝZA HUSTOTY PORASTU

Pre lepšiu interpretáciu výsledkov dosiahnutých v predošlých ako aj v nasledujúcich analýzách je veľmi podstatná znalosť správania sa hustoty porastu v jednotlivých vývojových štádiách, resp. výškových kategóriách. Hustota porastu sa môže kvantifikovať rôznymi parametrami, napr. pomocou SDI (STERBA 1981), CCF (KRAJICEK *et al.* 1961) a pod. V praxi sa väčšinou používa zakmenenie odhadované v poraste, ktoré je aj predmetom nasledovnej analýzy.

Zakmenenie sa určovalo samostatne pre tri vrstvy porastu aj v prípade, že išlo o stupňovitú výstavbu. V tejto kapitole je analyzovaná sumárna hodnota zo všetkých troch vrstiev. Keďže sa zakmenenie každej vrstvy hodnotilo zvlášť, ich sumárna hodnota môže byť väčšia aj ako 10.

V tabuľke 21 uvádzame výsledky hodnotenia vplyvu skúmaných faktorov na hustotu porastu. Z nich vyplýva, že uvedené faktory významne ovplyvňujú hustotu porastu (ide o samostatné pôsobenie faktora). Pri interaktívnom pôsobení faktorov sa ich vplyv nepotvrdil.

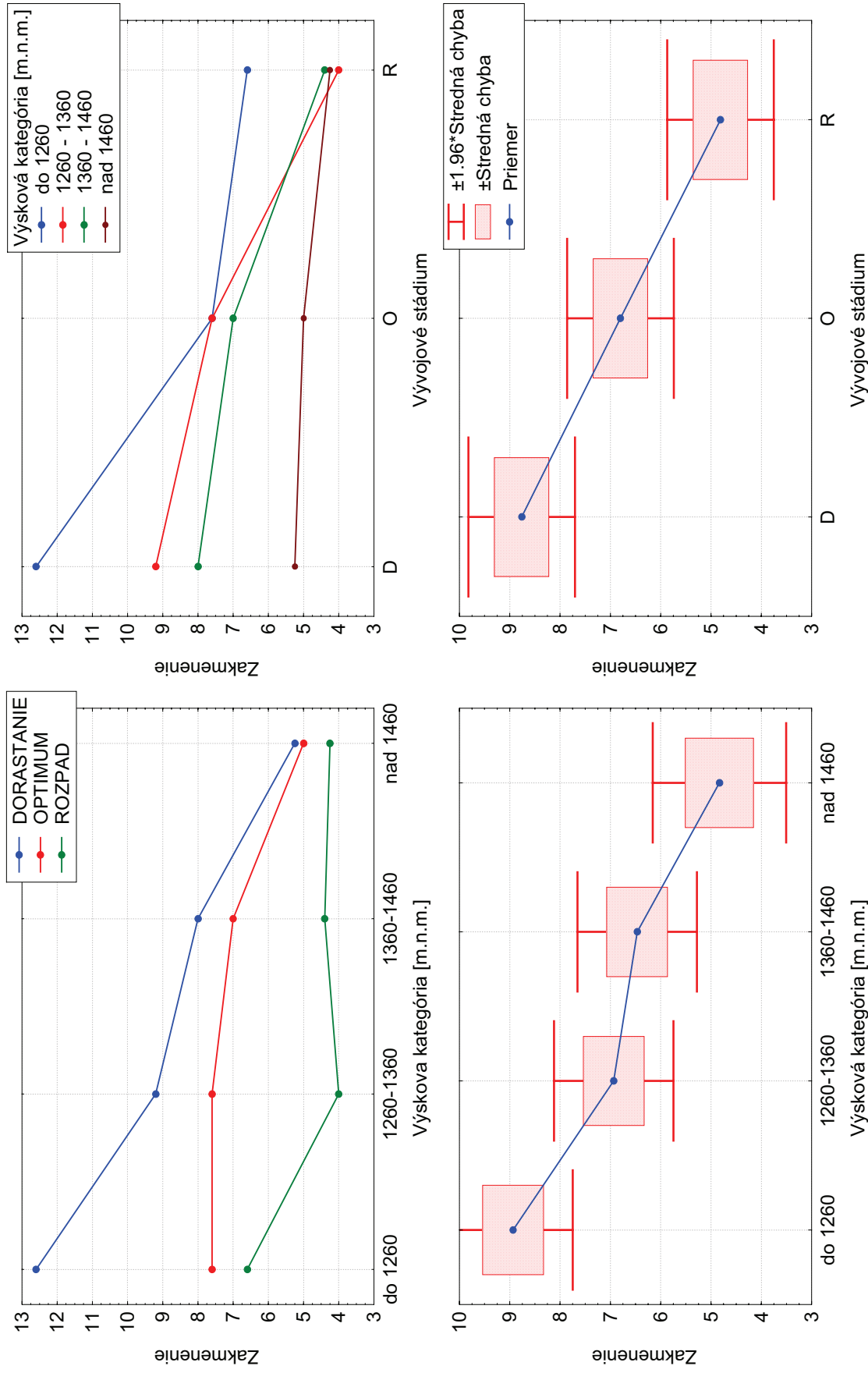
Tabuľka č. 21 Analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na zakmenenie porastu

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Spolu	Štádium	146.85	2	73.42	14.10	0.000 ***
	Výšková kategória	116.10	3	38.70	7.43	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	50.86	6	8.48	1.63	0.162
	Chyba -Reziduál	234.30	45	5.21		

Najvyššie zakmenenie (obrázok 76) sme podľa očakávania zistili v štádiu dorastania a najnižšie v štádiu rozpadu. V dorastaní sa pohybuje zakmenenie v priemere okolo 9, v optime okolo 7 a v štádiu rozpadu približne okolo 5. Štatisticky signifikantný rozdiel sa preukázal medzi štádiom dorastania a štádiom rozpadu.

S rastúcou nadmorskou výškou zakmenenie klesá. V najnižšej výškovej zóne sa pohybuje okolo hodnoty 9, kým v najvyššej štvrtej výškovej kategórii už len okolo hodnoty 5. Tento priebeh odráža zmenu štruktúry porastu s nadmorskou výškou. Štatisticky významný rozdiel sa zistil medzi prvou a treťou výškovou kategóriou.

Na obrázku 76 uvádzame priebeh priemerných hodnôt celkového zakmenenia po výškových kategóriách ako aj vývojových štádiách. Najvyššie zakmenenie má v každej výškovej kategórii štádium dorastania, aj keď sa diferenciu v porovnaní s ďalšími štádiami vo vyšších nadmorských výškach znižuje. Na druhej strane je najnižšie zakmenenie vo všetkých výškových kategóriách v štádiu rozpadu. Štádium optima si zachováva takmer konštantnú hodnotu celkového zakmenenia vo všetkých výškových kategóriách až na poslednú štvrtú výškovú zónu, kde sme zaznamenali výraznejší pokles zakmenenia. V poslednej výškovej kategórii sa zakmenenie medzi vývojovými štádiami celkovo výrazne nelíši a pohybuje sa vo všetkých štádiách okolo hodnoty 5, čo je spôsobené trvale rozpojenou štruktúrou porastu v týchto nadmorských výškach.



Obrázok č. 76 Priebeg priemerných hodnôt zakmenenia v jednotlivých výškových kategóriách ako aj vývojových štádiách a porovnanie vplyvu skúmaných faktorov na hodnoty zakmenenia porastu

5.5.3. ANALÝZA DIVERZITY HORSKÝCH LESOV BABEJ HORY

5.5.3.1. DRUHOVÁ DIVERZITA

Druhovú diverzitu horských lesov sme hodnotili deviatimi indexami druhovej diverzity ($N0$, $R2$, $E1$, $E3$, $E5$, λ , H' , $N1$, $N2$). V rámci analýzy nás hlavne zaujímalo, ktorý z uvedených indexov by bol vhodný pre hodnotenie obdobného typu lesov ako porasty na našom záujmovom území.

Na každej skusnej ploche sme vypočítali všetkých deväť indexov. Pre ich zhodnotenie sme použili dvojfaktorovú analýzu variancie, v ktorej je prvým faktorom vývojové štádium a druhým výšková kategória. Výsledky tejto analýzy uvádzame v tabuľke 22.

Pri analýze absolútneho počtu druhov (index $N0$) zisťujeme, že najvyššiu druhovú bohatosť vykazuje štádium dorastania a to takmer vo všetkých výškových zónach (obrázok 77 a 78). Nasleduje štádium rozpadu a nakoniec štádium optima. Toto štádium má však najvyššiu druhovú bohatosť, t.j. najvyšší počet druhov, v poslednej štvrti výškovej zóny, čo súvisí s už viackrát opakovanou skutočnosťou, že zastúpená jarabina nachádza v tejto výškovej zóne lepšie podmienky pre uplatnenie sa vzhľadom k rozpojenej štruktúre porastu. S pribúdajúcou nadmorskou výškou druhová bohatosť v štádiách dorastania a rozpadu klesá, kým v štádiu optima sa javí ako konštantná. Tento faktor sa štatisticky významne potvrdil, pričom rozdiel sa preukázal medzi druhou a poslednou výškovou zónou (obrázok 79). Tu má druhová bohatosť (bez ohľadu na štádium) najprv stúpajúci a neskôr od druhej výškovej zóny klesajúci trend.

Pri indexe $R2$ je situácia celkom iná. V tomto indexe sa počet druhov „relativizuje“ k počtu stromov, čím dochádza k tomu, že štádium dorastania vykazuje najnižšiu druhovú bohatosť. Podľa tohto indexu je najvyššia druhová bohatosť v štádiu rozpadu. Trend priebehu tohto indexu kopíruje priebeh ubúdania početnosti stromov s pribúdajúcou nadmorskou výškou (po tretiu výškovú kategóriu), t.j. index s výškou stúpa po tretiu výškovú kategóriu a potom opäť klesá. Taktiež je možné vo všeobecnosti tvrdiť, že index stúpa od štádia dorastania cez optimum po štádium rozpadu (obrázok 77 a 78). Analýzou variancie sa potvrdil vplyv oboch skúmaných faktorov (vývojového štádia a výškovej kategórie), pričom signifikantné rozdiely sme zaznamenali medzi štádiom dorastania a štádiom rozpadu a treťou a štvrtou výškovou kategóriou (obrázok 79). Na základe výsledkov sa dá povedať, že zo skupiny indexov druhovej bohatosti sa potvrdili vhodné vlastnosti indexu $R2$, ktorý zohľadňuje aj počet druhov ako aj veľkosť populácie. Jedná sa o parametre, ktoré sa s pribúdajúcou nadmorskou výškou štatisticky významne menia. Otázkou ostáva správnosť interpretácie tohto indexu.

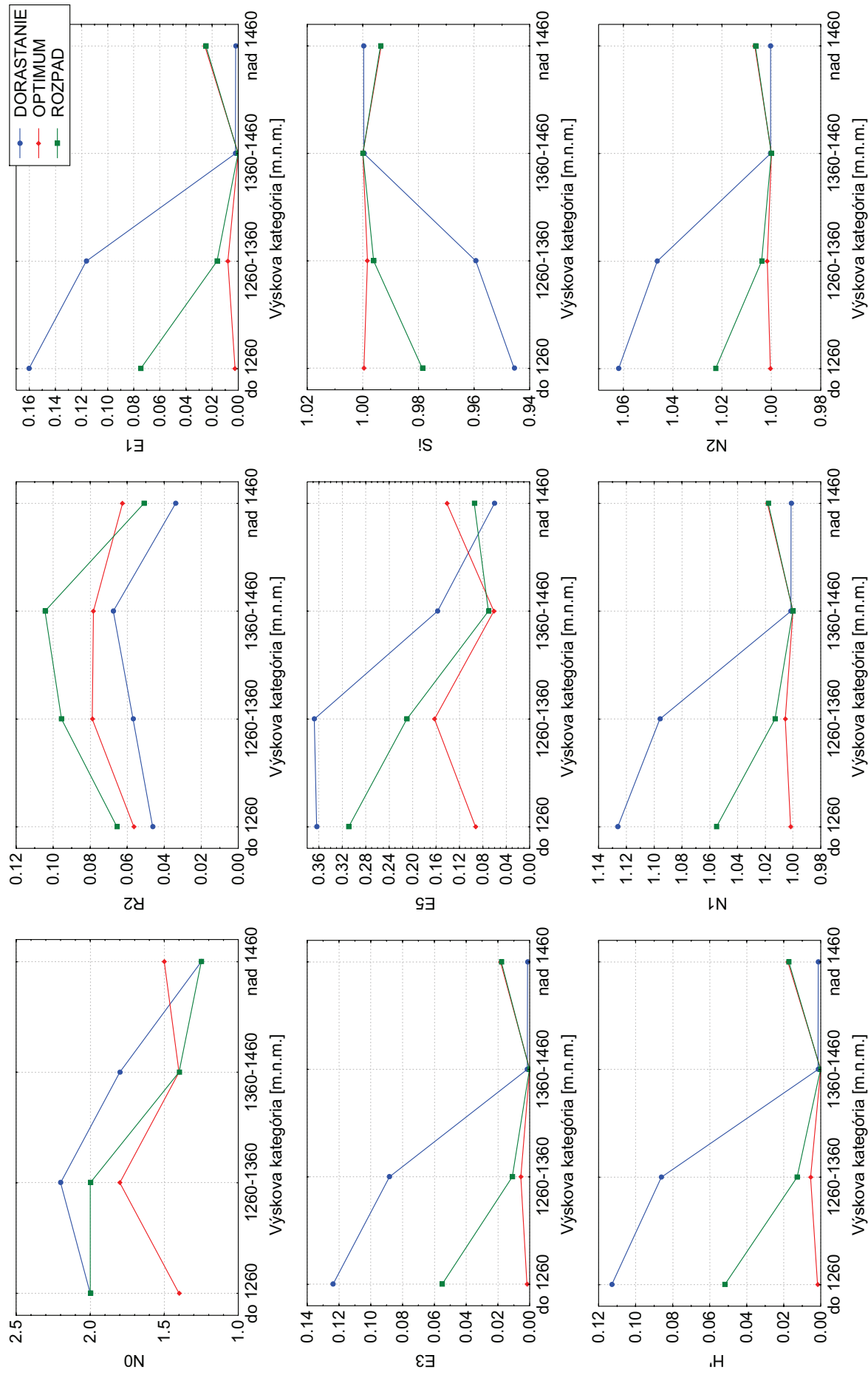
V skupine indexov druhovej vyrovnanosti sme analýze podrobili tri indexy, pričom prvé dva z nich, t.j. $E1$ a $E3$ vyšli ako nevýznamné. Priebeh ich priemerných hodnôt uvádzame na obrázku 77 a 78, avšak pre ich nesignifikantnosť ich nebudeme bližšie rozvádzať.

Na posledný index z tejto skupiny, index $E5$ sme však zaznamenali signifikantný vplyv skúmaných faktorov, vývojového štádia a výškovej kategórie, pri ich samostatnom pôsobení (nie interakcia). S nadmorskou výškou sa hodnota indexu $E5$ v štádiu dorastania a rozpadu znižuje, čo odráža rastúcu heterogenitu v zastúpení druhov. V štádiu optima sa index $E5$ javí, podobne ako index $N0$, ako konštantný. Toto štádium sa všeobecne vyznačuje nízkou hodnotou indexu $E5$ a teda nízkou vyrovnanosťou, čo odráža reálny stav, pretože v štádiu optima sa drevina smrek stáva dominantnou.

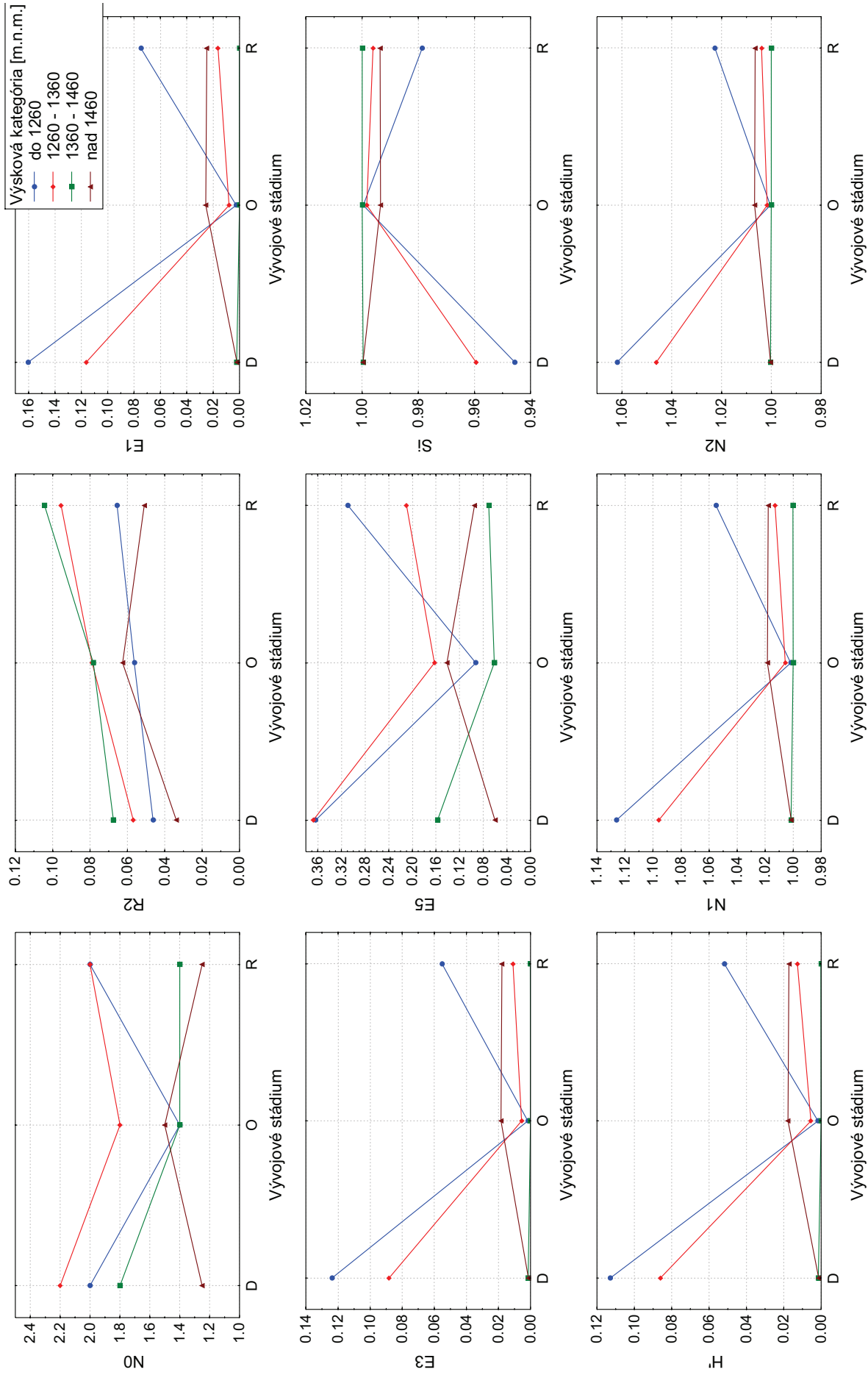
Pri podrobnejšej analýze vplyvu spomínaných dvoch faktorov na hodnoty indexu $E5$ zisťujeme signifikantný rozdiel medzi štádiom optima a dorastania a medzi treťou a súčasne prvou a druhou výškovou kategóriou (obrázok 79). Na tomto obrázku je veľmi zaujímavý úkaz dokumentujúci prechod hodnôt indexu medzi druhou a treťou výškovou zónou. Pravdepodobne to súvisí s vlastnosťou tohto indexu veľmi silne reagovať na malé až nepatrné zastúpenia druhov. Na základe výsledkov práce MERGANIČ (2001) dosahuje tento index už pri relatívnom zastúpení vedľajších druhov 0.5% (t.j. dominantný druh má zastúpenie 99.5%) hodnotu 0.31. Zaujímavý je tu však aj poznatok, že vyrovnanosť v prvých dvoch a posledných dvoch výškových zónach je konštantná. Tento priebeh potvrdzuje uvedenú hypotézu o reakcii indexu na podrast jarabiny v prvej a druhej výškovej kategórii, ktorý v tretej a štvrti výškovej zóne chýba. Najvyššia vyrovnanosť prevažuje v štádiu dorastania, nasleduje štádium rozpadu a nakoniec štádium optima.

Tabuľka č. 22 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na hodnoty indexov druhovej diverzity

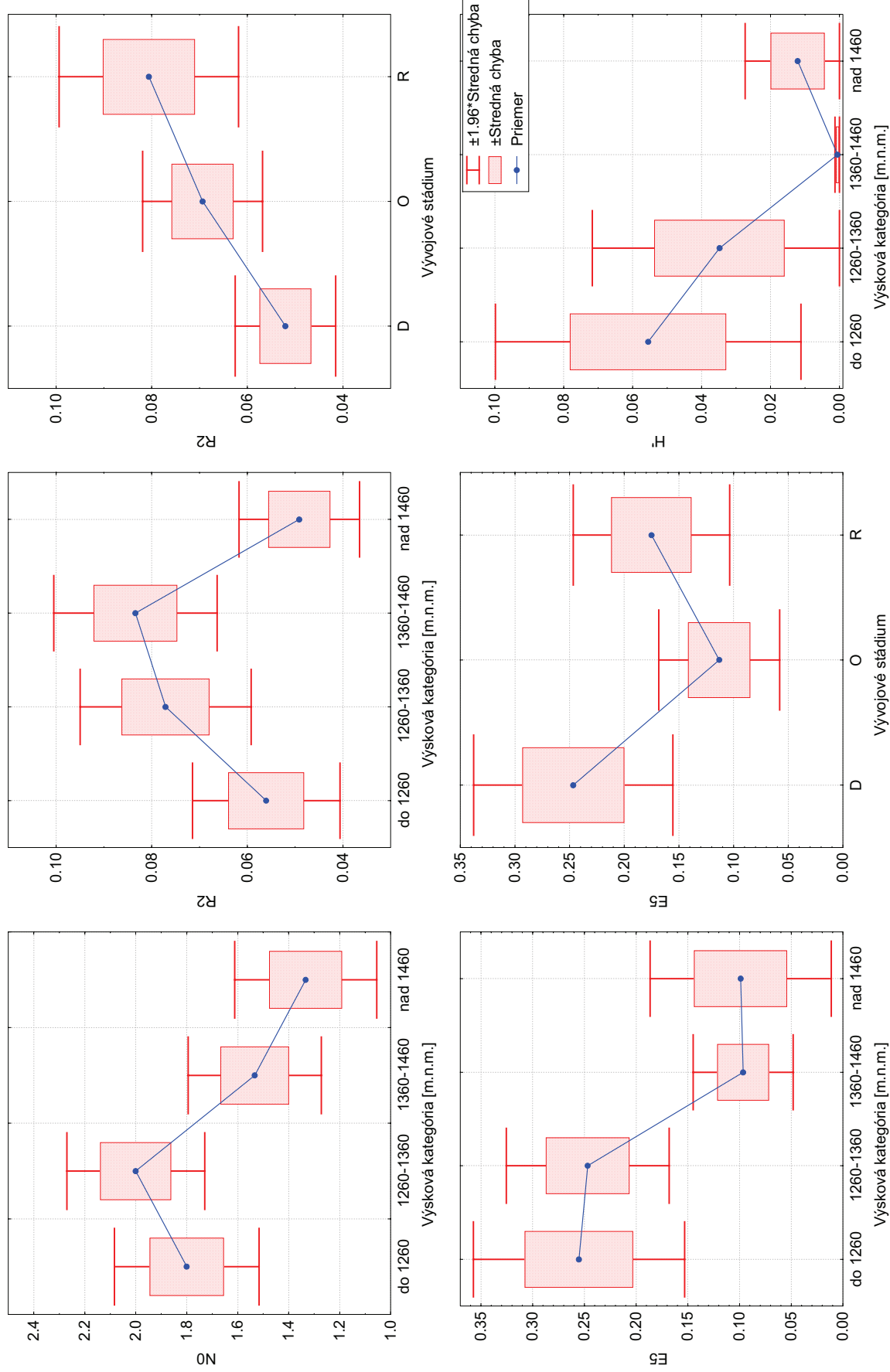
Index	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
N0	Štádium	0.778	2	0.389	1.40	0.257
	Výšková kategória	3.516	3	1.172	4.22	0.010 **
	Štádium* Výšková kategória	1.353	6	0.225	0.81	0.567
	Chyba -Reziduál	12.500	45	0.278		
R2	Štádium	0.008	2	0.004	4.05	0.024 *
	Výšková kategória	0.011	3	0.004	4.00	0.013 *
	Štádium* Výšková kategória	0.002	6	0.000	0.37	0.892
	Chyba -Reziduál	0.042	45	0.001		
E1	Štádium	0.037	2	0.018	2.80	0.071
	Výšková kategória	0.052	3	0.017	2.67	0.058
	Štádium* Výšková kategória	0.058	6	0.010	1.47	0.210
	Chyba -Reziduál	0.294	45	0.007		
E3	Štádium	0.022	2	0.011	2.65	0.082
	Výšková kategória	0.030	3	0.010	2.44	0.077
	Štádium* Výšková kategória	0.034	6	0.006	1.36	0.253
	Chyba -Reziduál	0.187	45	0.004		
E5	Štádium	0.142	2	0.071	3.41	0.042 *
	Výšková kategória	0.335	3	0.112	5.37	0.003 **
	Štádium* Výšková kategória	0.193	6	0.032	1.54	0.186
	Chyba -Reziduál	0.938	45	0.021		
λ	Štádium	0.005	2	0.002	2.82	0.070
	Výšková kategória	0.006	3	0.002	2.22	0.098
	Štádium* Výšková kategória	0.007	6	0.001	1.33	0.264
	Chyba -Reziduál	0.038	45	0.001		
H'	Štádium	0.019	2	0.010	3.12	0.054
	Výšková kategória	0.026	3	0.009	2.84	0.048 *
	Štádium* Výšková kategória	0.029	6	0.005	1.59	0.173
	Chyba -Reziduál	0.138	45	0.003		
N1	Štádium	0.025	2	0.012	3.04	0.058
	Výšková kategória	0.032	3	0.011	2.64	0.061
	Štádium* Výšková kategória	0.036	6	0.006	1.50	0.200
	Chyba -Reziduál	0.182	45	0.004		
N2	Štádium	0.006	2	0.003	2.73	0.076
	Výšková kategória	0.007	3	0.002	2.03	0.123
	Štádium* Výšková kategória	0.009	6	0.001	1.24	0.302
	Chyba -Reziduál	0.053	45	0.001		



Obrázok č. 77 Priebah priemerných hodnôt indexov druhovej diverzity v závislosti na výškovkej kategórii



Obrázok č. 78 Priebeg priemerých hodnôt indexov druhovej diverzity v závislosti na vývojom štádia



Obrázok č. 79 Porovnanie vplyvu skúmaných faktorov na hodnoty indexov druhovej diverzity v signifikantných prípadoch

Ďalšiu skupinu analyzovaných indexov tvoria indexy druhovej heterogenity. Priebeh ich priemerných hodnôt uvádzame na obrázkoch 77 - 78. Už na prvý pohľad môžeme vidieť, že tieto indexy veľmi podobne reagujú na druhovú heterogenitu v daných podmienkach. Jediný rozdiel medzi nimi je škále, v ktorej sa pohybujú. Simpsonov index (λ) a index $N2$ sú indexy, ktoré reagujú na zmeny väčšieho charakteru a indexy H' a $N1$ na zmeny malého charakteru (MERGANIČ 2001). Tento poznatok sa tu plne potvrdzuje vplyvom jarabiny, ktorá má veľmi malé zastúpenie a ktoré sa navyše medzi štádiami resp. výškovými zónami len nepatrne mení. Tieto malé zmeny nemajú na prvé dva spomínané indexy λ a index $N2$ taký výrazný vplyv ako na indexy H' a $N1$.

Pri testovaní vplyvu vývojového štádia a výškovej zonálnosti sa z týchto štyroch indexov štatisticky významne potvrdil iba vplyv nadmorskej výšky na index H' . Faktor vývojové štádium je pri tomto indexe však veľmi blízko hranice signifikantnosti. Pri rozbere vplyvu významného faktora, t.j. výškovej zonálnosti, zisťujeme rozdiel medzi prvou a treťou výškovou kategóriou (obrázok 79).

Najvyššia druhová heterogenita prevažuje v štádiu dorastania, nasleduje štádium rozpadu a nakoniec štádium optima. Druhová heterogenita sa s nadmorskou výškou znižuje po tretiu výškovú kategóriu, odkiaľ opäť stúpa.

5.5.3.2. ANALÝZA ROZMIESTNENIA STROMOV V PORASTE

Cieľom tejto analýzy je vysvetliť zmeny v priestorovej štruktúre porastov nachádzajúcich sa v rôznom vývojovom štádiu resp. nadmorskej výške pomocou priemerného odstupe k prvému susedovi ako aj agregáčnym indexom R (CLARK & EVANS 1954). Súbor živých stromov na skusnej ploche sa pre účely tejto analýzy rozdelil na dve kategórie a to na stromy s hrúbkou do 7cm a stromy s hrúbkou nad 7cm. Vyplývalo to jednak z použitého výberového dizajnu ako aj z možnosti objasniť dynamiku regeneračných procesov.

Prvou veličinou, ktorú sme podrobili analýze, je vzdialenosť stromu k jeho prvému susedovi. Priebeh priemerných hodnôt tejto veličiny uvádzame na obrázku 80. V súbore stromov do 7cm majú zaujímavé postavenie hodnoty vzdialenosti v tretej výškovej kategórii. V dorastaní sa táto vzdialenosť veľmi nelíši od hodnôt v ostatných výškových zónach, avšak v štádiu optima a rozpadu majú nezvyčajne vysokú hodnotu. Poukazuje to na odlišný priebeh v regenerácii a vývoji mladých rastových stupňov. Zaujímavý je aj ďalší poznatok, že táto vzdialenosť sa v štádiu dorastania veľmi nemení ani pôsobením nadmorskej výšky a pohybuje sa okolo hodnoty 1.9m. V súbore stromov s hrúbkou nad 7cm je tento jav ešte výraznejší, pretože hodnoty kolíšu menej, majú menšiu variabilitu. Pri analýze vplyvu skúmaných faktorov na tieto veličiny (analýza variancie – tabuľka 23 a 24) zisťujeme v súbore stromov s hrúbkou do 7cm signifikantný rozdiel medzi vzdialenosťou k prvému susedovi v štádiu dorastania a rozpadu (obrázok 81). Je tu určitou záhadou výsledok, ktorý hovorí, že v štádiu rozpadu je vzdialenosť väčšia ako v štádiu optima. Môže to byť spôsobené tým, že skusné plochy boli prevažne zakladané v porastoch v skorších fázach rozpadu, kde nastupujúce zmladenie nepresiahlo hranicu 1.3m. Sporadicky vyskytujúce sa jedince majú medzi sebou veľké rozostupy, čím je ovplyvnený aj výsledok. S nadmorskou výškou vzdialenosť k prvému susedovi najprv jemne klesá (výskyt jarabiny), potom stúpa (tretia výšková kategória) a vo štvrtej výškovej zóne opäť klesá. Signifikantne sa líši tretia výšková kategória od ostatných výškových zón.

V súbore stromov s hrúbkou nad 7cm sa štatisticky významne odlišujú od seba všetky štádiá (obrázok 81). Najmenšia vzdialenosť je v štádiu dorastania, nasleduje štádium optima a najvyššia je v rozpade, čo je pochopiteľné, pretože rozostupy stromov v rozpadajúcom sa poraste sú zákonite väčšie. S nadmorskou výškou rozstup najprv jemne klesá po tretiu výškovú kategóriu a potom strmšie stúpa do štvrtej výškovej zóny, ktorá sa signifikantne odlišuje od ostatných výškových zón. V tejto výškovej zóne dosahuje vzdialenosť k prvému susedovi približne rovnaké hodnoty vo všetkých vývojových štádiách.

Ďalšou analyzovanou veličinou je agregáčny index R . Hneď na úvod treba povedať, že tento index má veľmi podobné vlastnosti ako predchádzajúca veličina, pretože z nej vychádza. Interpretácia tohto indexu je však veľmi významná. Na obrázku 82 – 85 uvádzame jeho priebeh ako

aj rámec chyby, v ktorom by sa mala skutočná hodnota tohto indexu nachádzať s 95% spoľahlivosťou. Dôležité je to preto, že môžeme hneď otestovať, či sa hodnota daného indexu významne líši od hodnoty pri úplne náhodnom rozmiestnení stromov po ploche porastu.

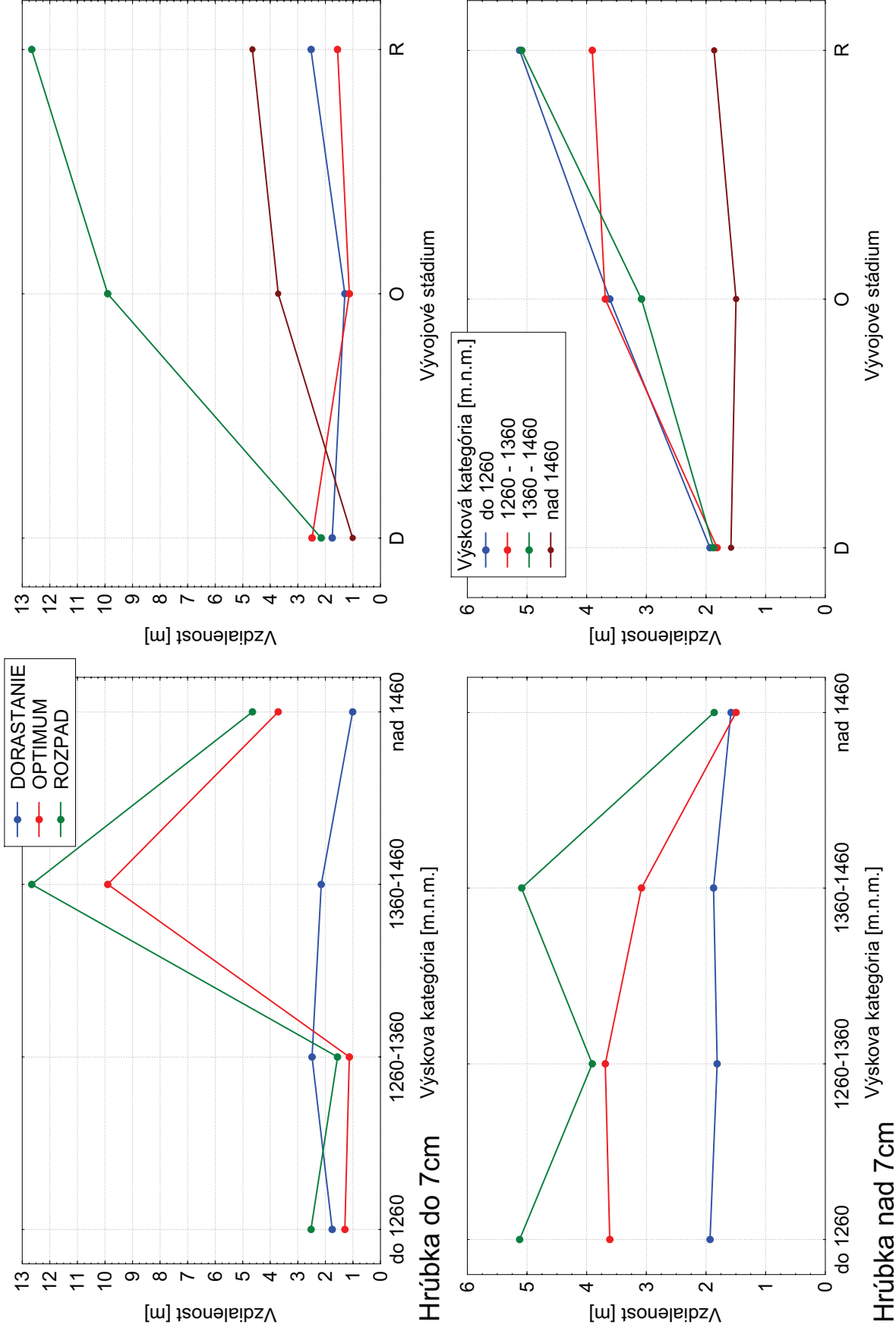
V súbore stromov s hrúbkou do 7cm v štádiu dorastania ide prevažne o hlúčkovité rozmiestnenie (obrázok 82). Jedine v druhej výškovej kategórii presahuje horná hranica 95% intervalu chyby hodnotu 1, čo toto konštatovanie v tomto prípade vyvracia. Všeobecne ide však o veľmi logický výsledok, pretože regenerácia nastupuje v skupinkách v miestach, kde sa na to vytvorili vhodné podmienky. V štádiu optima je rozmiestnenie prevažne náhodné. Vidíme však

Tabuľka č. 23 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na hodnoty vzdialenosti stromu k jeho prvému susedovi a hodnoty agregáčného indexu R resp. R_{Do} v súbore stromov s hrúbkou do 7cm.

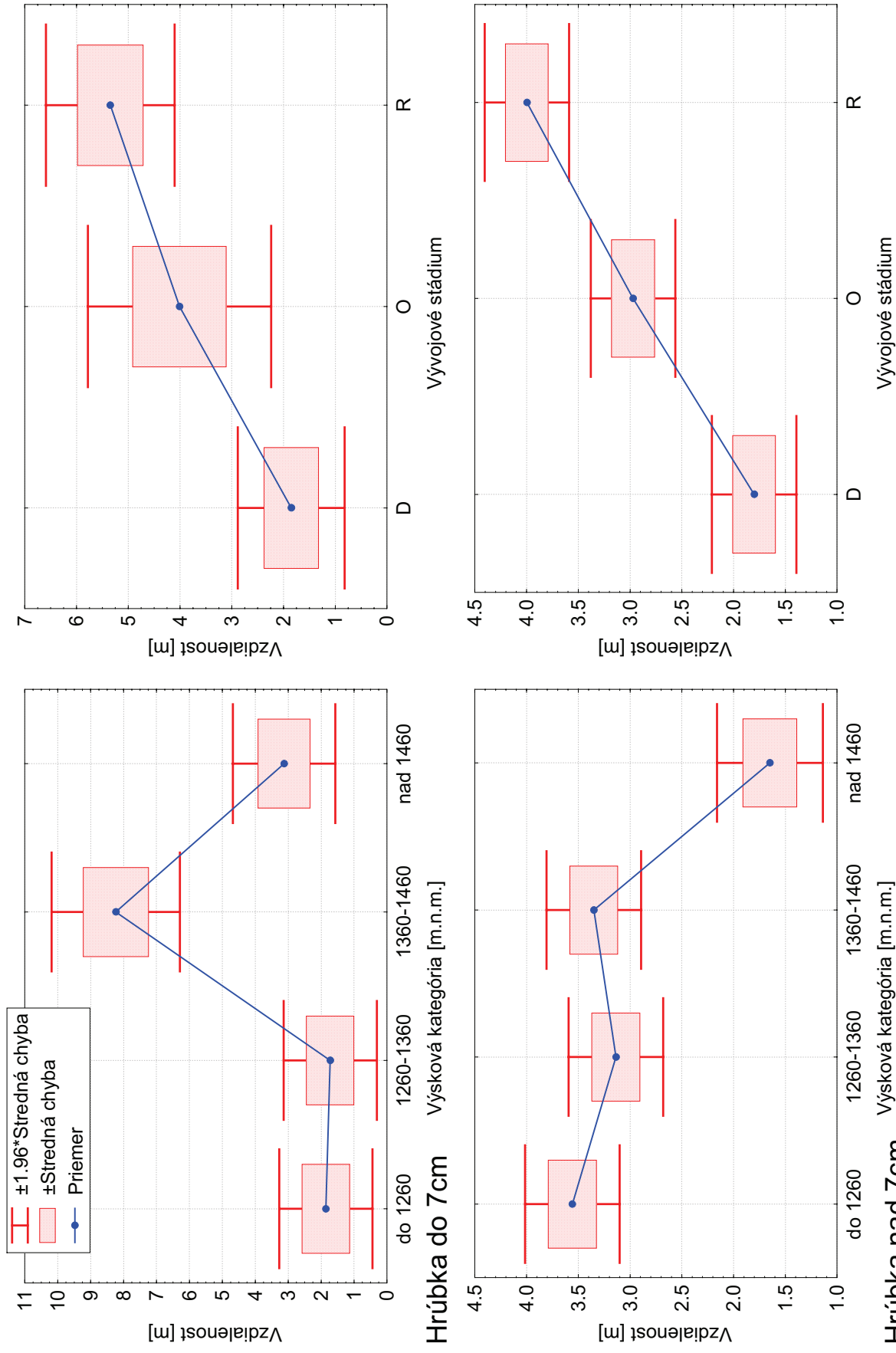
Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Vzdialenosť	Štádium	96.86	2	48.43	10.10	0.000 ***
	Výšková kategória	174.05	3	58.02	12.10	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	149.05	6	24.84	5.18	0.001 ***
	Chyba -Reziduál	139.05	29	4.79		
R	Štádium	0.92	2	0.46	5.22	0.012 *
	Výšková kategória	1.15	3	0.38	4.34	0.012 *
	Štádium* Výšková kategória	1.96	6	0.33	3.69	0.008 **
	Chyba -Reziduál	2.56	29	0.09		
R_{Do}	Štádium	0.36	2	0.18	3.09	0.061
	Výšková kategória	0.47	3	0.16	2.69	0.065
	Štádium* Výšková kategória	0.97	6	0.16	2.80	0.028 *
	Chyba -Reziduál	1.67	29	0.06		

Tabuľka č. 24 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na hodnoty vzdialenosti stromu k jeho prvému susedovi a hodnoty agregáčného indexu R resp. R_{Do} v súbore stromov s hrúbkou nad 7cm.

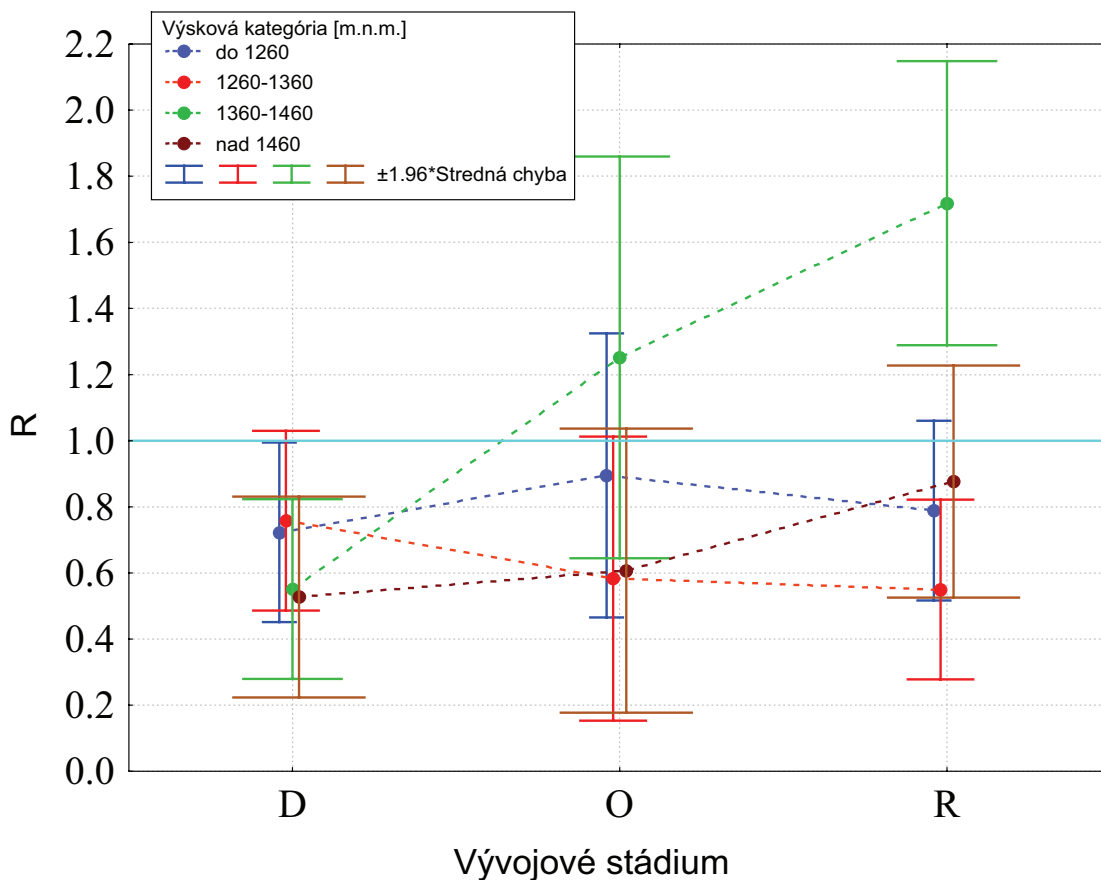
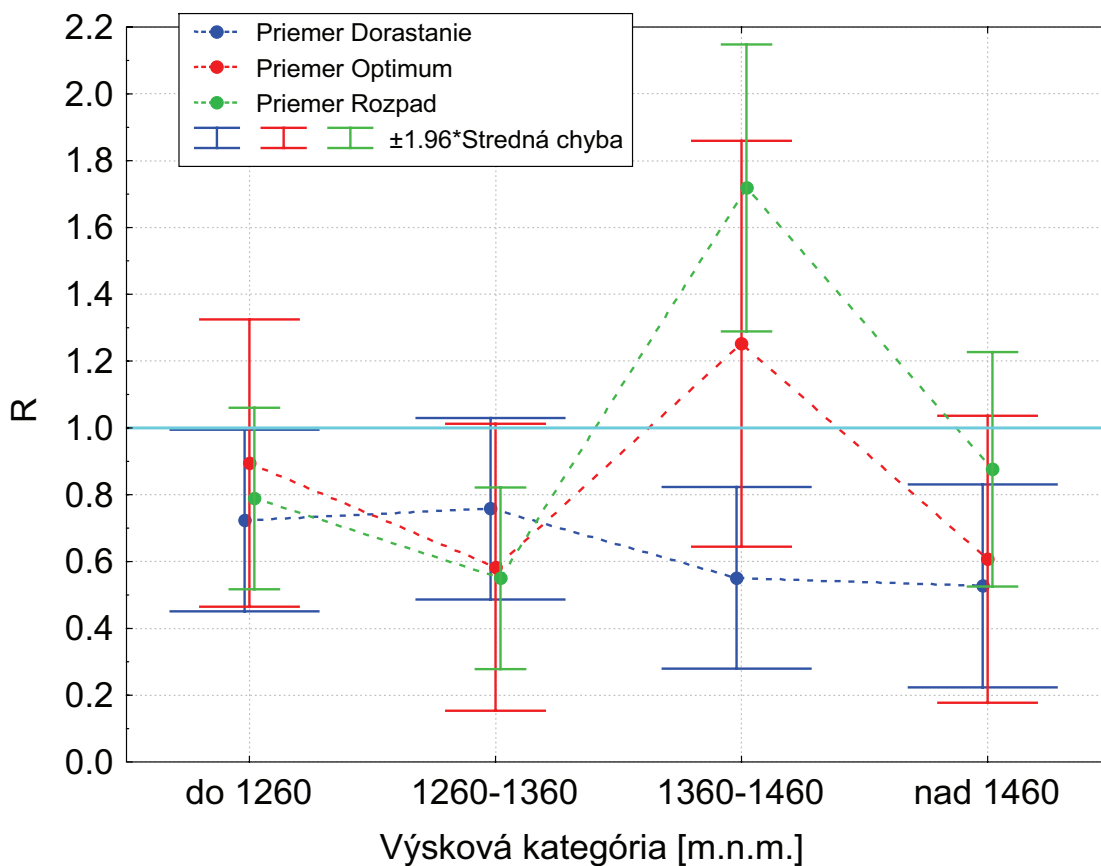
Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
Vzdialenosť	Štádium	45.46	2	22.728	29.45	0.000 ***
	Výšková kategória	28.70	3	9.566	12.39	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	15.23	6	2.538	3.29	0.009 **
	Chyba -Reziduál	34.73	45	0.772		
R	Štádium	0.26	2	0.131	3.29	0.047 *
	Výšková kategória	1.23	3	0.409	10.28	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	0.50	6	0.083	2.07	0.075
	Chyba -Reziduál	1.79	45	0.040		
R_{Do}	Štádium	0.09	2	0.043	1.33	0.274
	Výšková kategória	0.85	3	0.283	8.76	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	0.39	6	0.065	2.01	0.083
	Chyba -Reziduál	1.45	45	0.032		



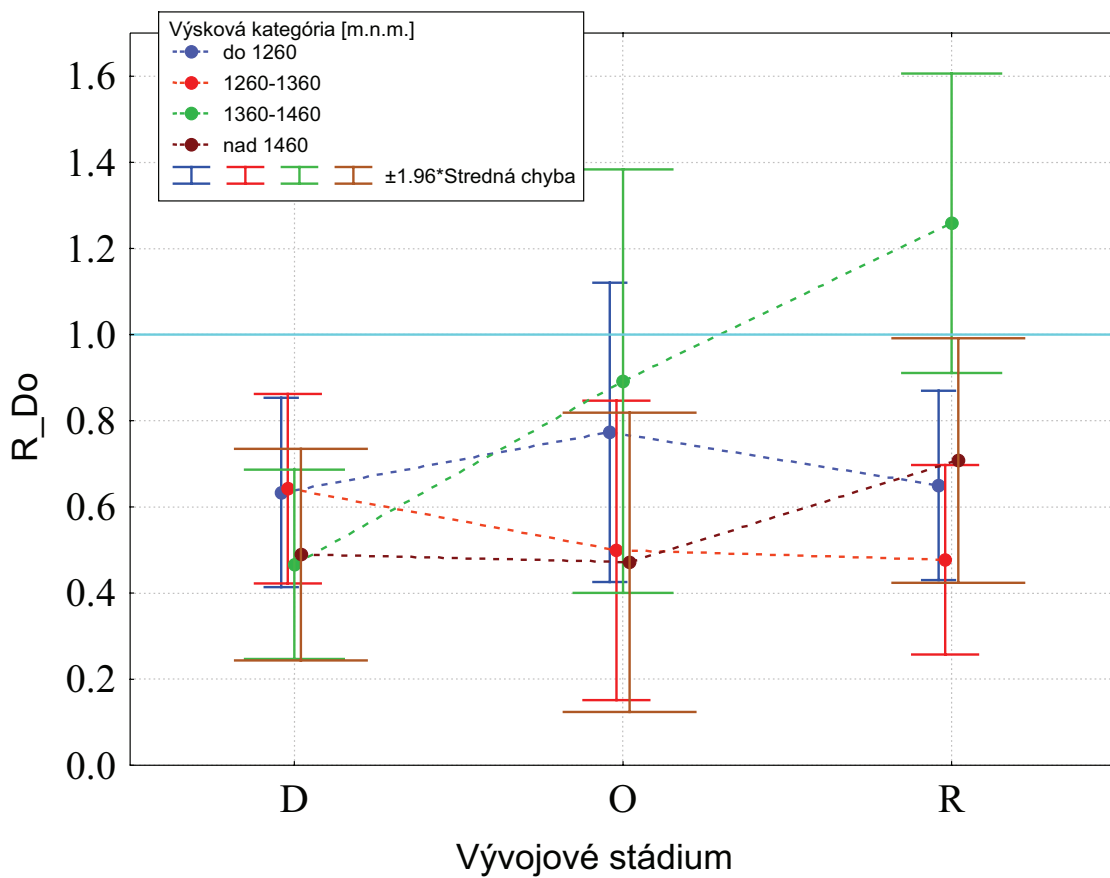
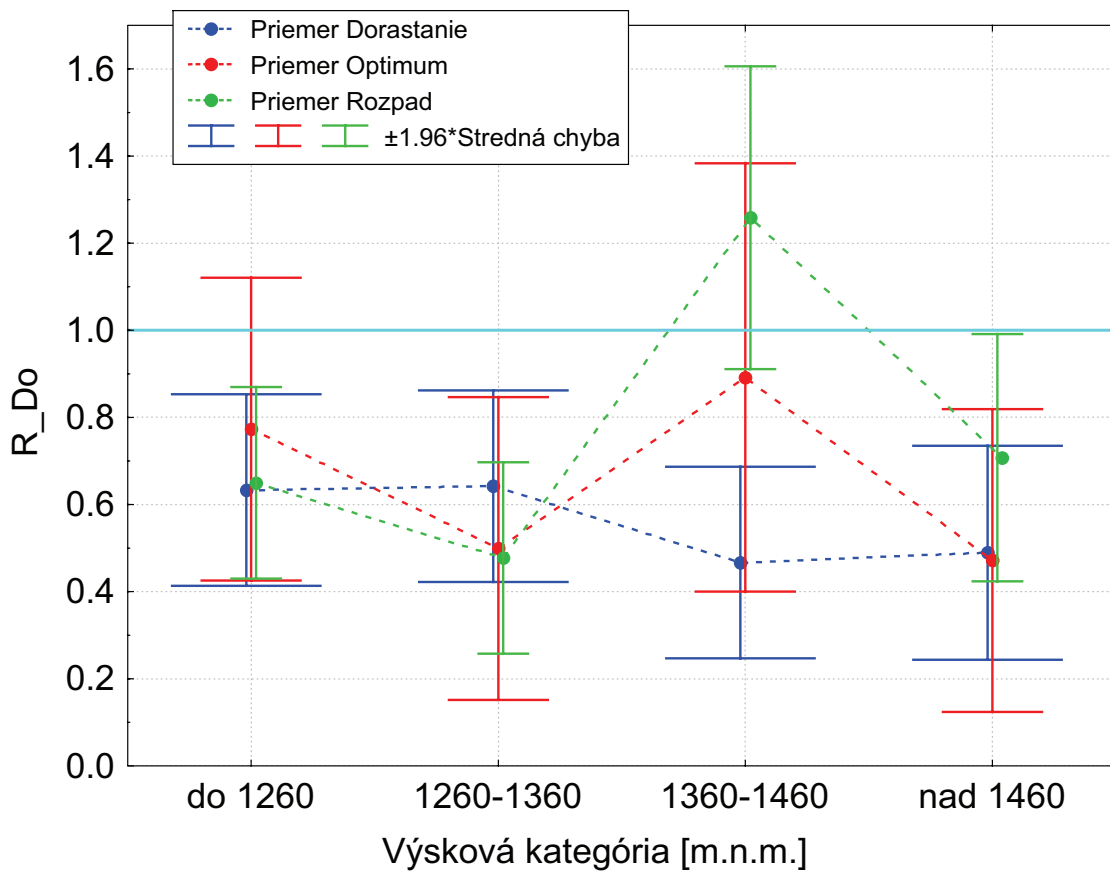
Obrázok č. 80 Priebeg priemerných vzdialeností stromu k jeho prvému susedovi v závislosti na výškovkej kategórii a vývojovom štádiu v súbore stromov s hrúbkou do a nad 7cm



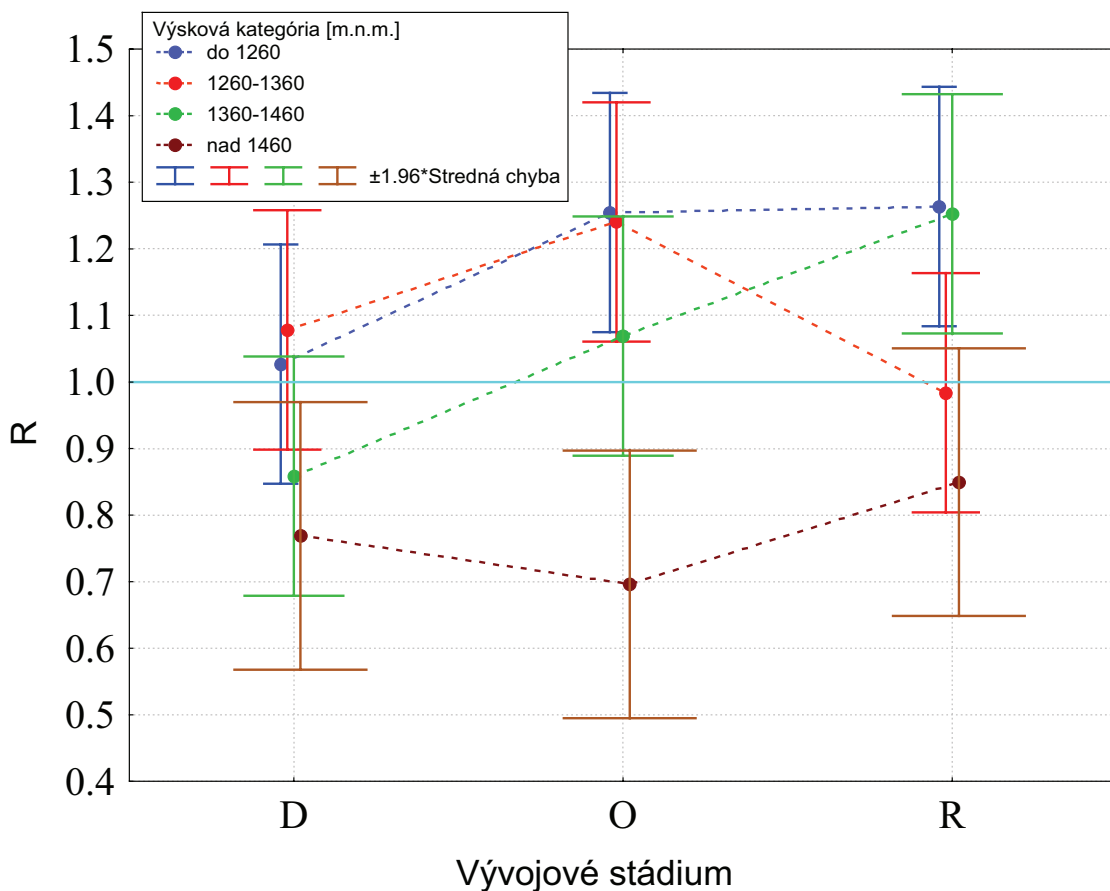
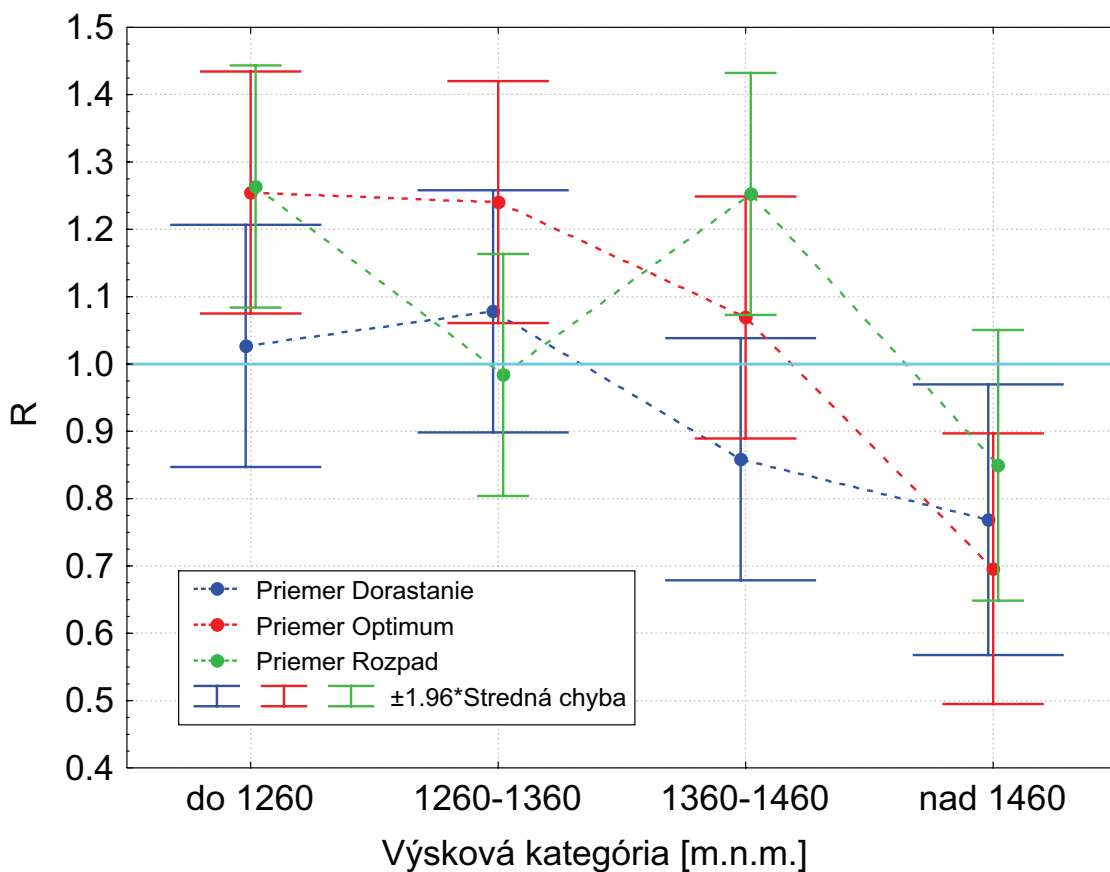
Obrázok č. 81 Porovnanie vplyvu skúmaných faktorov na hodnoty vzdialenosti stromu k jeho prvému susedovi v súbore stromov s hrúbkou do a nad 7cm



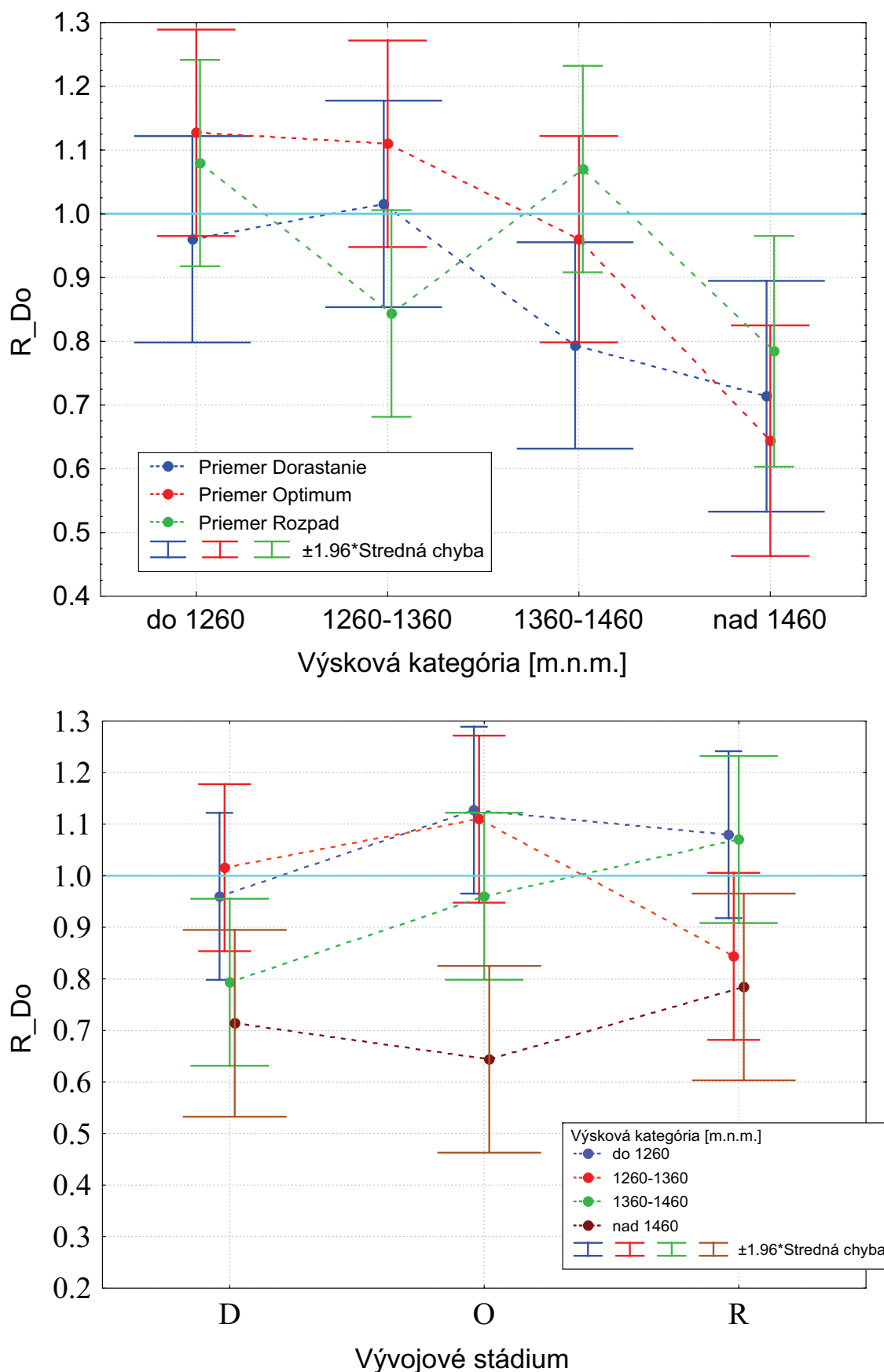
Obrázok č. 82 Priebeg priemerých hodnôt agregáčného indexu R a jeho 95% interval spoľahlivosti pre súbor stromov s hrúbkou do 7cm



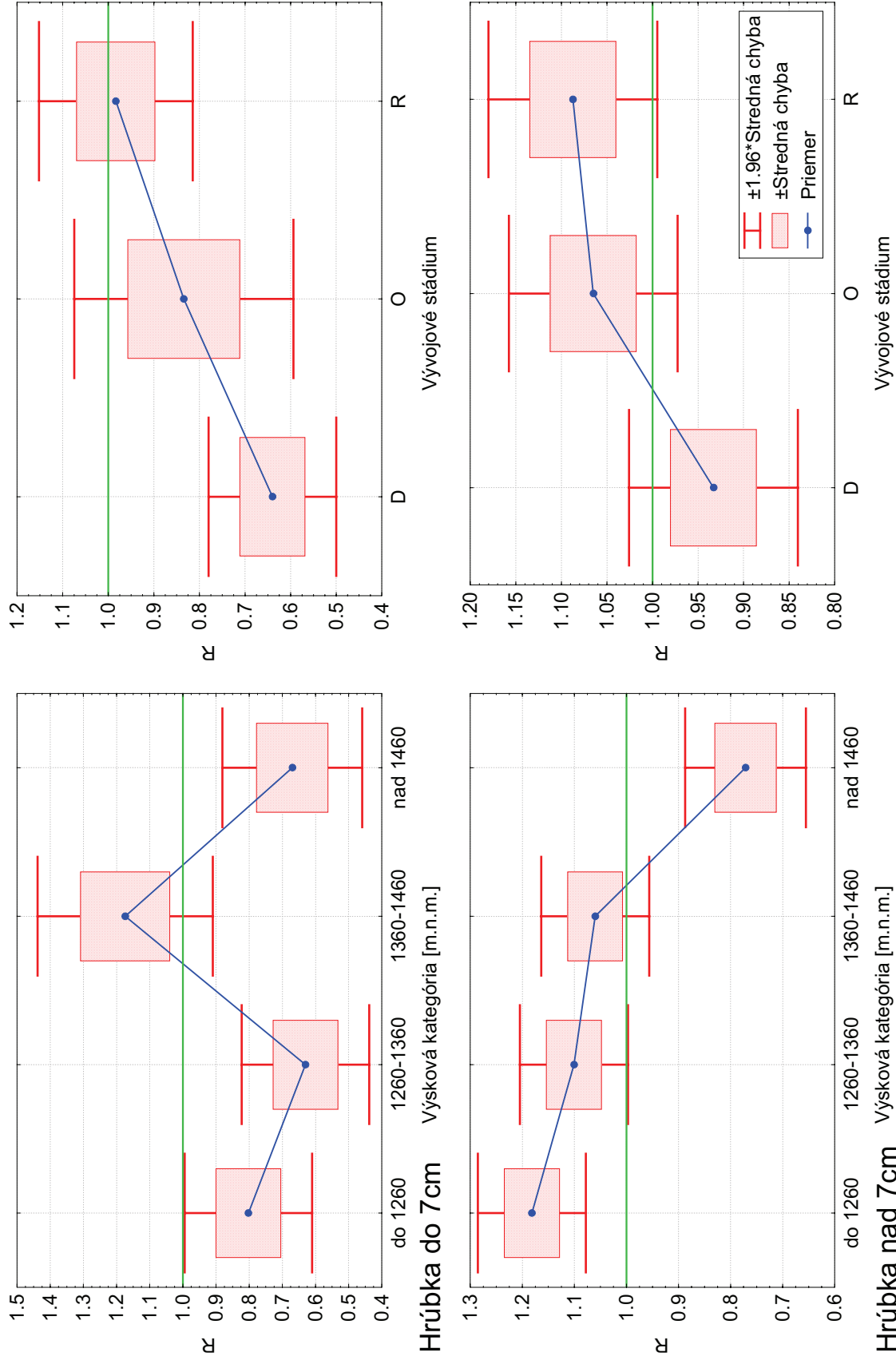
Obrázok č. 83 Priebeg priemerných hodnôt agregáčného indexu R_{Do} a jeho 95% interval spoľahlivosti pre súbor stromov s hrúbkou do 7cm



Obrázok č. 84 Priebeg priemerných hodnôt agregáčného indexu R a jeho 95% interval spoľahlivosti pre súbor stromov s hrúbkou nad 7cm



Obrázok č. 85 Priebeg priemerných hodnôt agregáčného indexu R_{Do} a jeho 95% interval spoľahlivosti pre súbor stromov s hrúbkou nad 7cm



Obrázok č. 86 Porovnanie vplyvu skúmaných faktorov na hodnoty indexu R v súbore stromov s hrúbkou do a nad 7cm



Obrázok č. 87 Charakter horského lesa s hlúčkovitou formou rozmiestnenia stromov a trvalo rozpojenou štruktúrou v štvrtej výškovej kategórii v blízkosti skusnej plochy 35.

značný vplyv jarabiny v druhej výškovej kategórii, ktorá posúva hodnotu indexu smerom k hlúčkovitej forme rozmiestnenia, ale so štatisticky nevýznamným predpokladom. V štádiu rozpadu situácia značne kolíše, keďže v prvej a štvrtej výškovej kategórii majú stromy sklon k náhodnému rozmiestneniu, v druhej výškovej kategórii k hlúčkovitému a v tretej výškovej zóne k pravidelnému rozmiestneniu.

Pre zaujímavosť sme pre tento súbor stromov znázornili aj priebeh Clark & Evans indexu upraveného DONNELLYM (obrázok 83). Interpretácia na základe neho je pre dané podmienky ešte viac vyhovujúca. V štádiu dorastania je jednoznačne hlúčkovité rozmiestnenie vo všetkých výškových kategóriách. V štádiu optima sa potvrdil v druhej výškovej zóne vplyv prímesty jarabiny s jej hlúčkovitým rozmiestnením. Takéto rozmiestnenie stromov sa pozorovalo aj vo štvrtej výškovej zóne v štádiu optima. V tejto poslednej výškovej kategórii, ako bude ešte uvedené, ide o tzv. rodinné smreký, ktoré majú jednoznačne hlúčkovité rozmiestnenie. V prvej a tretej výškovej kategórii v štádiu optima majú stromy v tomto súbore predpoklad náhodného rozmiestnenia. V štádiu rozpadu majú stromy prevažne hlúčkovitú formu rozmiestnenia, výnimkou je tretia výšková kategória s náznakom náhodného rozmiestnenia. V tabuľke 23 a 24 uvádzame výsledky analýzy variancie, ktorá potvrdzuje vplyv skúmaných faktorov na hodnotenú veličinu a to nielen pri samostatnom pôsobení jednotlivých faktorov, ale aj ich interaktívny vplyv. Škoda, že sa tento vplyv v takejto miere nepotvrdil pri Clark & Evansovom indexe modifikovanom Donnellym. Na obrázku 86 uvádzame grafickú interpretáciu párového testu, ktorým zisťujeme signifikantný rozdiel medzi štádiom dorastania a rozpadu ako aj rozdiel medzi treťou a súčasne druhou a štvrtou výškovou kategóriou.

V súbore stromov s hrúbkou nad 7cm majú stromy v štádiu dorastania náhodné rozmiestnenie, avšak s pribúdajúcou nadmorskou výškou sa ich rozdelenie blíži k hlúčkovitému rozmiestneniu (rodinné smreký) (obrázok 84). V štádiu optima ide prevažne o rovnomerné rozmiestnenie, čo súhlasí aj s poznatkami viacerých autorov, pričom s pribúdajúcou nadmorskou výškou opäť prechádza cez náhodné (tretia výšková kategória) do hlúčkovitého rozmiestnenia (štvrtá výšková zóna). Štádium rozpadu má aj tu kolísavejší charakter s rovnomerným rozmiestnením v prvej a tretej výškovej kategórii a náhodným v druhej a štvrtej výškovej zóne. Hodnoty Clark & Evansovho indexu upravené Donnellym R_{Do} sú o čosi menšie, čím sa rovnomerné rozmiestnenie v predošlom prípade posúva na úroveň náhodného rozmiestnenia (obrázok 85). V tomto prípade by vyhovujúca interpretácia pozostávala z kombinácie oboch indexov. Aj pre tento súbor uvádzame na obrázku 86 párový test, kde signifikantné rozdiely nastali medzi štádiom dorastania a rozpadu a štvrtá výšková kategória sa významne líši od ostatných výškových zón. Jednoznačne sa potvrdilo výrazne hlúčkovité rozmiestnenie stromov vo štvrtej výškovej kategórii.

5.5.3.3. ANALÝZA ZMIEŠANIA A DIFERENCIÁCIE PODLA FÜLDNERA (1995)

Ďalšími veličinami bazírujúcimi na hodnotách jednotlivých stromov sú indexy navrhnuté Földnerom. Ide o zmiešanie a diferenciaciu stromov. Aj tu je súbor živých stromov rozdelený na dve kategórie s tým rozdielom, že indexy boli počítané len pre stromy hrubšie ako 7cm. Dôvodom bol nedostatok empirického materiálu v prvej hrúbkovej kategórii.

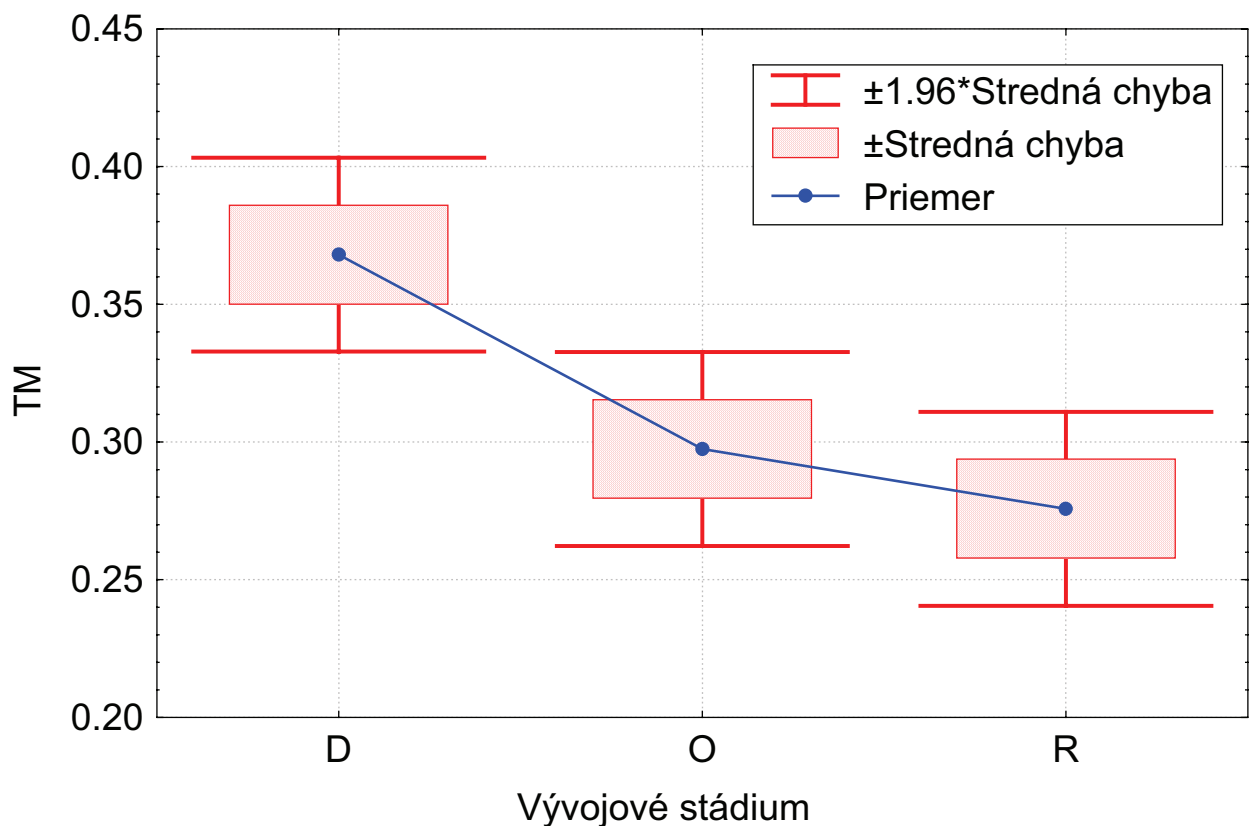
Prvá z menovaných veličín zmiešanie (DM) má veľmi podobné vlastnosti ako už analyzované indexy druhej heterogenity (obrázok 89). Najvyššiu diverzitu vykazuje dorastanie, nasleduje štádium rozpadu a nakoniec optimum. Diverzita je najvyššia v prvej výškovej zóne a s pribúdajúcou nadmorskou výškou klesá po tretiu výškovú kategóriu, od ktorej opäť stúpa. Analýzou variancie sa vplyv skúmaných faktorov na túto veličinu štatisticky nepreukázal.

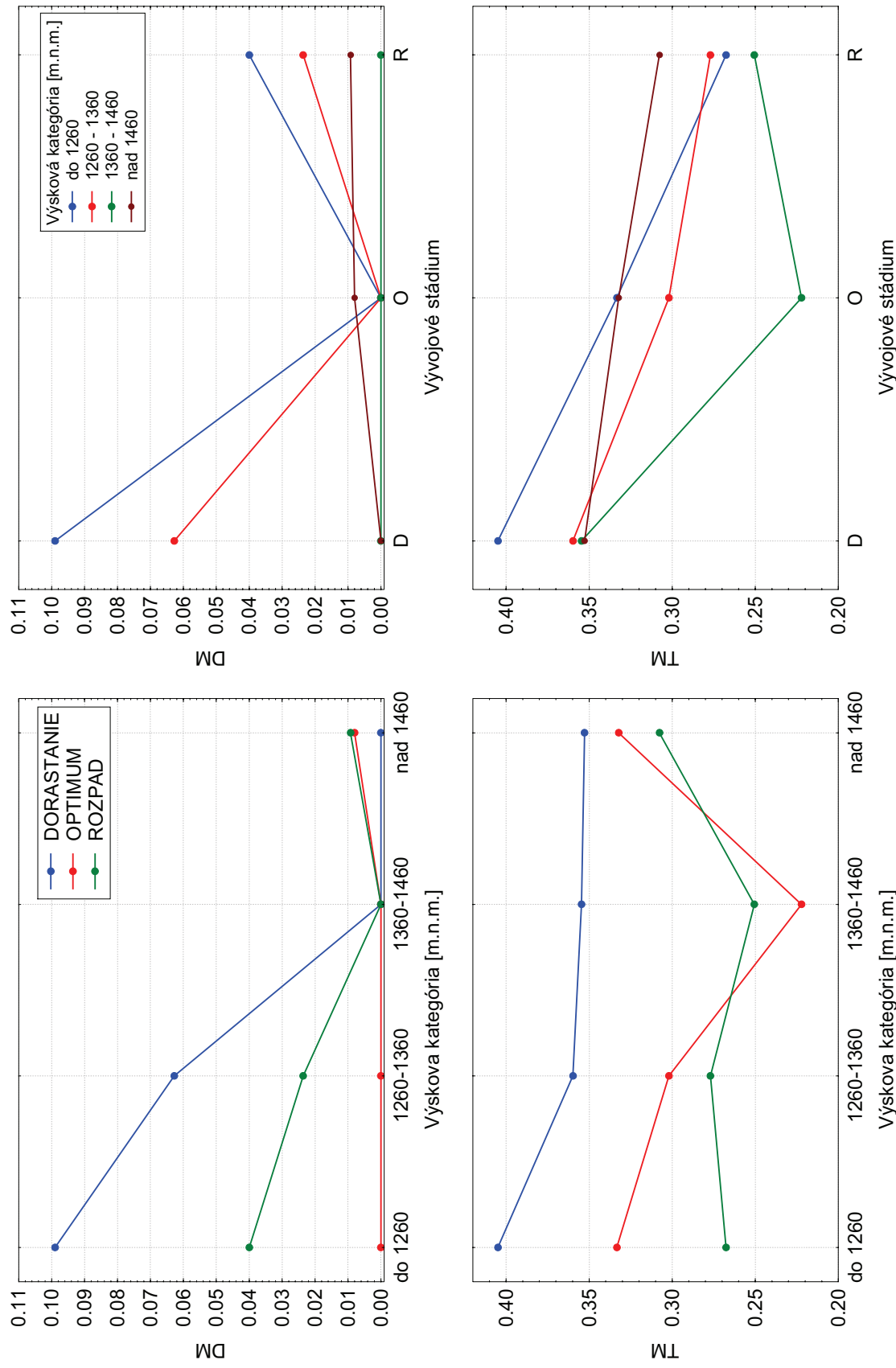
Priebeh ďalšej veličiny TM – diferenciacia je na obrázku 88. Najvyššie hodnoty vykazuje pochopiteľne štádium dorastania a s nadmorskou výškou jemne klesá. Zaujímavé je zistenie, že v štádiu optima je vo väčšine prípadov vyššia diferenciacia ako v štádiu rozpadu, čo súvisí pravdepodobne s tým, že v rozpade sa v tomto súbore stromov nachádza už veľmi hrúbkovo homogénna vrstva zanikajúcich stromov. V tabuľke 25 uvádzame výsledky analýzy variancie,

Tabuľka č. 25 Analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na hodnoty indexov *DM* (zmiešanie) a *TM* (diferenciácia)

Drevina	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
<i>DM</i>	Štádium	0.01	2	0.007	2.38	0.104
	Výšková kategória	0.02	3	0.007	2.25	0.095
	Štádium* Výšková kategória	0.02	6	0.003	1.07	0.392
	Chyba -Reziduál	0.13	45	0.003		
<i>TM</i>	Štádium	0.09	2	0.044	7.62	0.001 ***
	Výšková kategória	0.03	3	0.011	1.86	0.150
	Štádium* Výšková kategória	0.02	6	0.004	0.70	0.652
	Chyba -Reziduál	0.26	45	0.006		

ktorou sa potvrdil iba vplyv vývojového štádia. Signifikantný rozdiel sa štatisticky prejavil medzi štádiom dorastania a rozpadu (obrázok 88). Použitím klasifikačnej stupnice podľa AGUIRRE *et al.* (1998) patria porasty v štádiu dorastania v prvej výškovej zóne k zreteľne diferencovaným porastom. Zvyšné prípady sú podľa tejto stupnice zatriedené do druhého stupňa diferenciácie, t.j. ide o stredne diferencované porasty. Podľa stupnice FÜLDNERA (1995) by porasty v štádiu rozpadu boli klasifikované ako porasty s miernou - malou diferenciáciou a to takmer vo všetkých výškových zónach (výnimka je štvrtá výšková kategória). Porasty dorastania a optima tvoria prevažne stredne diferencované porastové štruktúry.


 Obrázok č. 88 Porovnanie a testovanie rozdielov v hodnotách indexu *TM* (diferenciácia) spôsobené faktorom vývojové štádium



Obrázok č. 89 Priebeg priemerných hodnôt indexov DM (zmišanie) a TM (diferenciácia) v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách pre súbor stromov s hrúbkou nad 7cm

5.5.3.4. VERTIKÁLNA DIVERZITA A KOMPLEXNÁ DIVERZITA PORASTU

Diverzitu vo vertikálnom profile lesného porastu sme hodnotili Artenprofil indexom - *A* (PRETZSCH 1996). Priebeh jeho priemerných hodnôt je zobrazený na obrázku 90 – 91. Diverzita vo vertikálnom profile porastu stúpa s nadmorskou výškou, čo môže súvisieť s tým, že s jej pribúdaním klesá prirodzená výška porastu, čím sa vyrovnáva zastúpenie počtu stromov v definovaných vrstvách porastu (princíp Shannonovho indexu). Bohužiaľ nie je možné nájsť jednoznačnejšiu interpretáciu v priebehu hodnôt indexu *A* pre vývojové štádiá. Toto konštatovanie je potvrdené aj štatistickým testom analýzy variancie, ktorou sa vplyv oboch skúmaných faktorov nepotvrdil (tabuľka 26).

Posledným indexom, resp. súborom indexov, je index *B* popisujúci komplexne porastovú štruktúru (JAEHNE & DOHRENBUSCH 1997). Pozostáva zo štyroch indexov hodnotiacich dôležité zložky porastovej diverzity. Pri analýze vplyvu skúmaných faktorov na čiastkové ako aj sumárny *B* index zistujeme signifikantný vplyv nadmorskej výšky i vývojového štádia na ich hodnoty. Výsledky analýzy uvádzame v tabuľke 26. Faktor vývojové štádium nevlýva iba na hodnoty dvoch z čiastkových indexov, t.j. *D_A* a *D_V*, vyjadrujúcich druhovú diverzitu a diverzitu v priestorovej štruktúre.

Tabuľka č. 26 Dvojfaktorová analýza variancie vplyvu vývojového štádia a výškovej kategórie na hodnotu Artenprofil indexu *A* a hodnoty čiastkových i sumárneho indexu porastovej štruktúry *B*

Index	Faktor	Suma štvorcov odchýlok	Počet stupňov voľnosti	Priemer štvorca odchýlok	F	Hladina spoľah.
<i>A</i>	Štádium	0.03	2	0.014	0.18	0.840
	Výšková kategória	0.59	3	0.198	2.47	0.074
	Štádium* Výšková kategória	0.59	6	0.099	1.24	0.305
	Chyba –Reziduál	3.60	45	0.080		
<i>D_A</i>	Štádium	0.02	2	0.009	1.65	0.203
	Výšková kategória	0.08	3	0.025	4.53	0.007 **
	Štádium* Výšková kategória	0.03	6	0.006	1.02	0.423
	Chyba –Reziduál	0.25	45	0.006		
<i>D_S</i>	Štádium	0.39	2	0.194	8.25	0.001 ***
	Výšková kategória	0.58	3	0.192	8.17	0.000 ***
	Štádium* Výšková kategória	0.27	6	0.045	1.90	0.101
	Chyba –Reziduál	1.06	45	0.024		
<i>D_V</i>	Štádium	11.70	2	5.852	0.81	0.452
	Výšková kategória	83.67	3	27.891	3.86	0.015 *
	Štádium* Výšková kategória	48.10	6	8.016	1.11	0.373
	Chyba –Reziduál	325.45	45	7.232		
<i>D_K</i>	Štádium	8.10	2	4.049	9.59	0.000 ***
	Výšková kategória	8.48	3	2.827	6.69	0.001 ***
	Štádium* Výšková kategória	3.02	6	0.504	1.19	0.328
	Chyba –Reziduál	19.00	45	0.422		
<i>B</i>	Štádium	70.03	2	35.014	3.50	0.039 *
	Výšková kategória	186.69	3	62.231	6.21	0.001 ***
	Štádium* Výšková kategória	71.28	6	11.881	1.19	0.331
	Chyba –Reziduál	450.70	45	10.015		

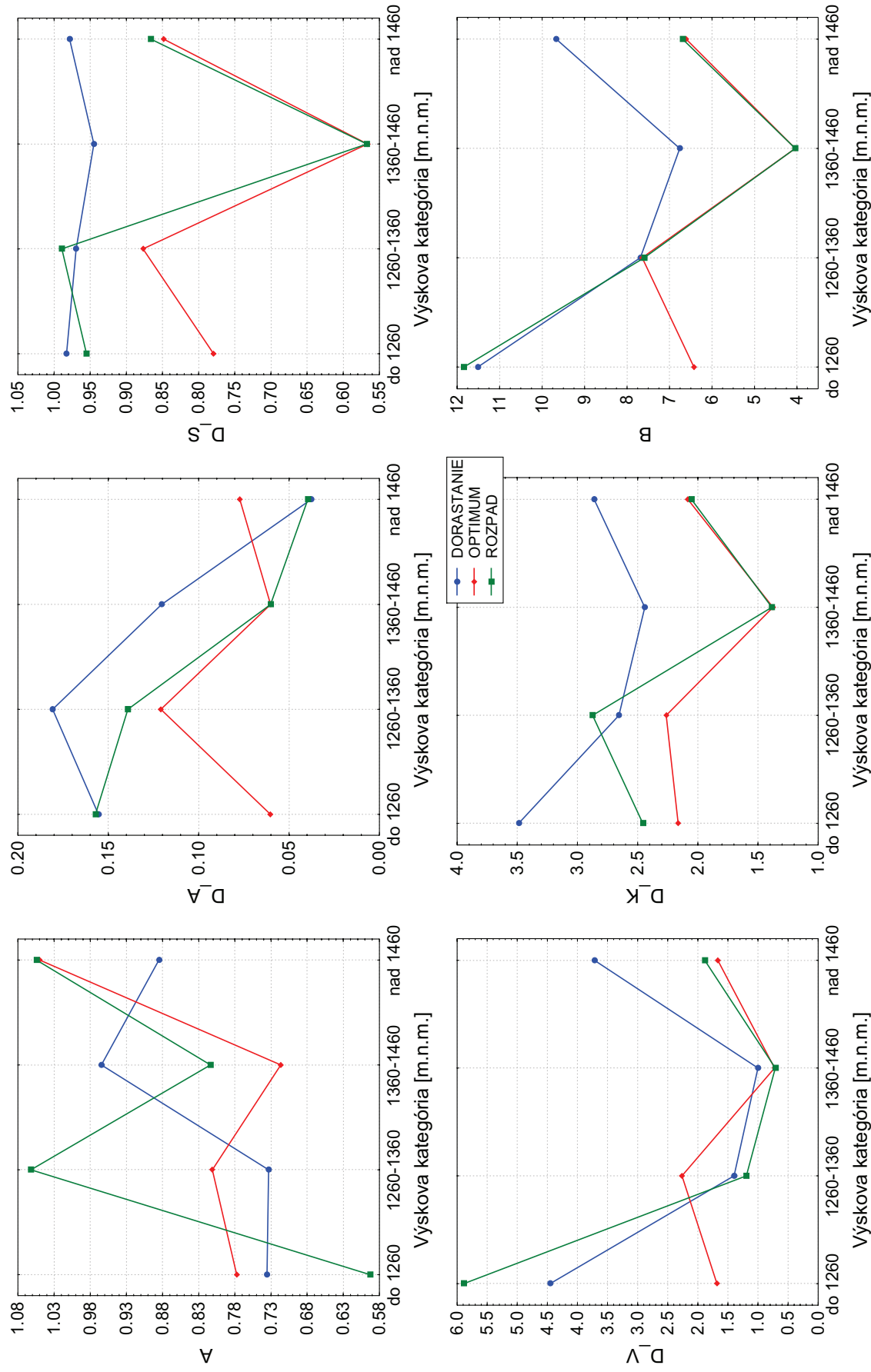
Prvý z týchto čiastkových indexov D_A popisujúci druhovú diverzitu prezrádza, že najvyššia diverzita je v štádiu dorastania, nasleduje rozpad a štádium optima. S pribúdajúcou nadmorskou výškou najprv jemne stúpa (druhá výšková kategória) a potom klesá. Štatisticky významný rozdiel sa preukázal medzi druhou a štvrtou výškovou kategóriou (obrázok 92).

Ďalší z čiastkových indexov je D_S index, ktorý popisuje vertikálnu štruktúru avšak pomocou hrúbky na princípe tesnej korelácie medzi hrúbkou a výškou. Najvyššiu diverzitu sme zaznamenali v štádiu dorastania s konštantným trendom cez všetky výškové kategórie. Štatisticky významne sa potvrdil vplyv oboch skúmaných faktorov, pričom rozdiel nastal medzi druhou a treťou a súčasne štvrtou výškovou kategóriou. Zároveň sa potvrdil signifikantný rozdiel medzi štádiom dorastania a optima ako aj rozpadu (obrázok 92). V porovnaní s autormi indexu dosahuje tento index pomerne veľké hodnoty vo všetkých štádiách ako aj výškových kategóriách. Z toho môžeme usudzovať, že ide o pomerne vysokú diverzitu vo vertikálnej štruktúre sledovaných prírodných lesov.

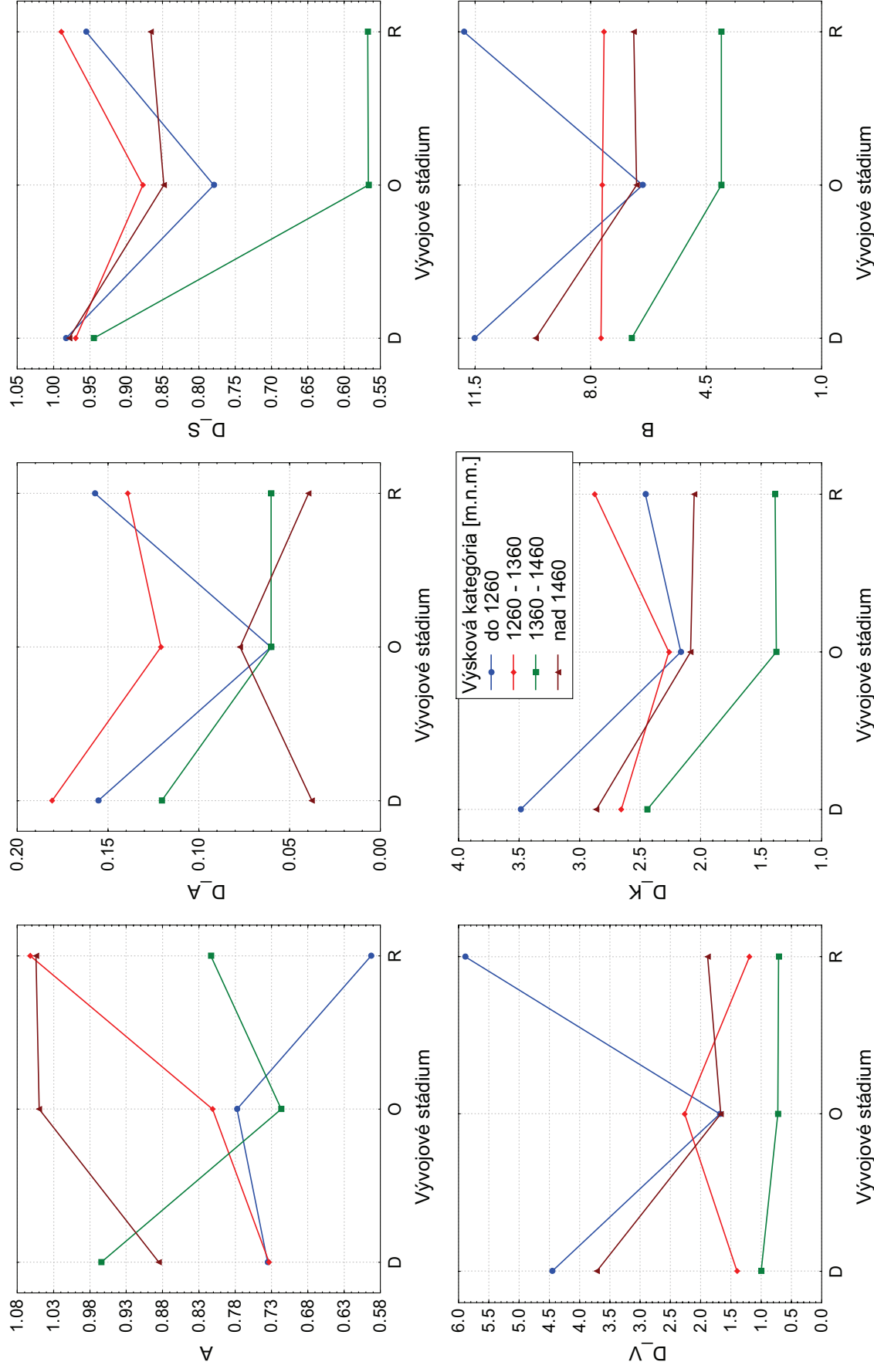
Interpretácia tohto indexu je však v protiklade s výsledkom dosiahnutým na základe indexu A (obrázok 92). Je nutné podotknúť, že ide o logickejšiu verziu zhodnotenia vertikálnej štruktúry. Index A , založený na princípe Shannonovho indexu, je veľmi citlivý, ani nie tak na počet druhov v poraste, ale na vyrovnanosť zastúpenia stromov v jednotlivých etážach porastu. Tá je v podmienkach Babej hory veľmi nevyrovnaná, čo je však pravdepodobne v prírodných lesoch normálny zjav. Veľká nevyrovnanosť je spôsobená hlavne veľkým množstvom podrastu (jarabiny). Aj keď ide v prvej a druhej výškovej zóne o dvojdruhové porasty, druhý druh, jarabina, je zastúpená len v spodnej etáži, čím vzniká obrovská nevyrovnanosť. Preto je hodnota indexu malá a jej príspevok v celkovej sume je nepatrný. Jej prítomnosť sa navyše prejaví aj pri drevine smrek, keďže do indexu vstupuje podiel k celkovému počtu stromov. Vo štvrtej výškovej zóne sa jarabina dostáva aj do vyšších etáží, čím je jej príspevok v celkovej sume indexu vyšší. Zároveň k vyšším hodnotám indexu A prispieva fakt uvedený na začiatku tejto kapitoly. Preto ostáva otázkou, či ide naozaj o index vertikálnej štruktúry. Pre podmienky, pre ktoré bol index vytvorený (hospodárske porasty nad registračnú hranicu hrúbky 6-8cm), je pravdepodobne vyhovujúci. Pre podmienky Babej hory ho však musíme považovať za nevyhovujúci.

Tretím čiastkovým indexom B indexu je index D_V . V podmienkach Babej hory sú jeho hodnoty pomerne vysoké. Autori indexu uvádzajú, že v reálnych porastových podmienkach nadobúda tento index hodnoty v rozpätí 0 až 1.5. Uvedené konštatovanie platí v našom prípade len pre druhú a tretiu výškovú zónu. V prvej a poslednej výškovej zóne sú hodnoty oveľa vyššie, čo je spôsobené väčším podielom výmladkov, teda vegetatívnej obnovy. V prvej a druhej výškovej zóne bolo približne 80% z jedincov jarabiny zatriedené do tejto formy zmladenia. V tretej výškovej zóne to bolo zhruba 70% z jedincov smreka na plochách v štádiu dorastania a vo štvrtej výškovej kategórii približne 80% zo všetkých jedincov smreka, pretože tu boli skupinky rodinných smrekov prevládajúcim prvkom štruktúry porastu. Maximálnu hodnotu tohto indexu sme pochopiteľne zistili v prvej výškovej kategórii v štádiu dorastania. V prevažnej miere najvyššiu diverzitu v priestorovej štruktúre vykazuje štádium rozpadu ako aj štádium dorastania, kde jej hodnota s nadmorskou výškou klesá a vo štvrtej výškovej zóne opäť stúpa. Štatisticky signifikantne sa potvrdil rozdiel medzi treťou a súčasne prvou a štvrtou výškovou kategóriou. Priebeh priemerných hodnôt ako aj vplyv faktora výšková kategória uvádzame na obrázku 90 a 91.

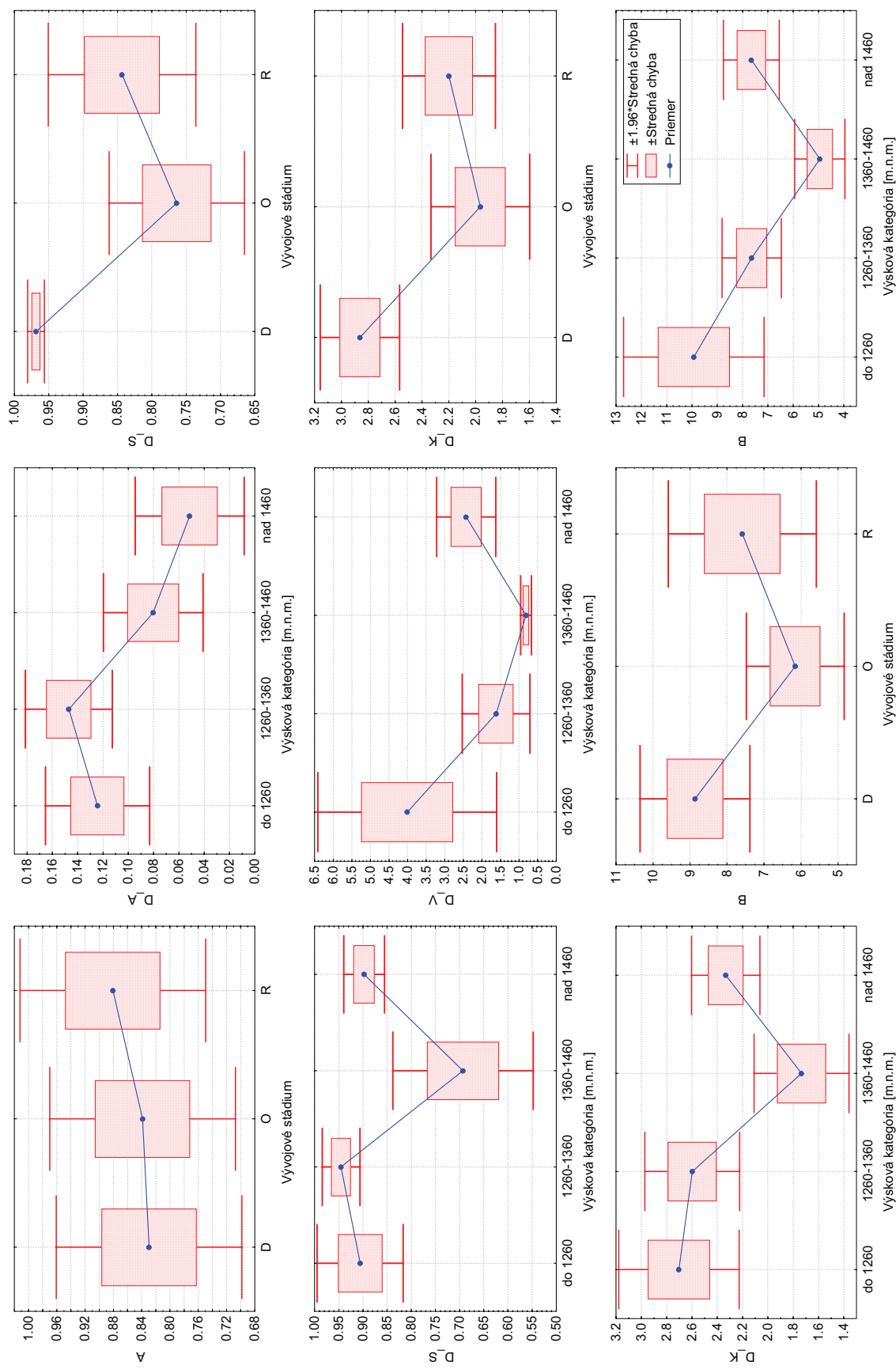
Posledným z hodnotených čiastkových indexov je index D_K popisujúci diverzitu korún v poraste. Najvyššiu diferenciaciu korún sme zaznamenali v štádiu dorastania. Z hľadiska výškovej zonálnosti dosahuje index D_K najvyššie hodnoty v prvej a druhej výškovej kategórii. Hodnoty sú v prevažnej miere vyššie, ako uvádzajú autori tohto indexu, čo opäť potvrdzuje, že prírodný les je viac diferencovaný ako porasty nachádzajúce sa v tzv. bežných porastových podmienkach. Vplyv skúmaných faktorov bol aj v tomto prípade štatisticky signifikantný na vysokej hladine spoľahlivosti (99.9%). Signifikantný rozdiel sme zistili aj medzi štádiom dorastania a štádiom optima ako aj medzi štádiom dorastania a rozpadu. Pri analýze faktora výškovej kategórie bol rozdiel zistený medzi dvojicami tretej a prvej a tretej a druhej výškovej kategórie.



Obrázok č. 89 Priebeg priemerných hodnôt Artenprofilu indexu A a hodnôt čiastkových i sumárneho indexu porastovej diverzity B v závislosti na výškovej kategórii



Obrázok č. 90 Priebeg priemerných hodnôt Artenprofilu indexu A a hodnôt čiastkových i sumárneho indexu porastovej diverzity B v závislosti na vývojovom štádiu



Obrázok č. 91 Porovnanie a testovanie vplyvu skúmaných faktorov na hodnoty čiastkových a sumárneho indexu porastovej diverzity

Na záver tejto kapitoly zhodnotíme sumárny index porastovej diverzity B . Priebeh priemerných hodnôt indexu B je uvedený na obrázku 90 – 91. Jednoznačne najnižšia porastová diverzita bola zistená v tretej výškovej kategórii. Zaujímavý je tiež poznatok o porastovej diverzite v druhej výškovej kategórii, v ktorej nadobúda tento index takmer rovnakú hodnotu vo všetkých vývojových štádiách. Najvyššia hodnota indexu diverzity bola zaznamenaná v prvej výškovej kategórii. Vo všeobecnosti je možné tvrdiť, že diverzita porastu s nadmorskou výškou klesá po tretiu výškovú kategóriu a v štvrtej výškovej zóne opäť stúpa. Štatisticky významný rozdiel sa potvrdil medzi treťou výškovou kategóriou a zvyšnými tromi výškovými zónami. Pri hodnotení diverzity medzi štádiami zisťujeme, že najmenšia diverzita je v štádiu optima, najväčšia diverzita je v štádiu dorastania, ktoré sa od seba štatisticky významne líšia. Štádium rozpadu má v priemere len o málo nižšiu diverzitu od dorastania.

Z hľadiska komplexného zhodnotenia porastovej diverzity za použitia stupnice podľa JAEHNE & DOHRENBUSCHA (1997) majú porasty na Babej hore v štádiu dorastania veľmi rozrôznenú výstavbu. Naproti tomu porasty v štádiu optima a rozpadu sú klasifikované nižším stupňom ako porasty s rozrôznenou výstavbou. Prihliadnuc na výškovú kategorizáciu majú porasty v prvej výškovej kategórii veľmi rozrôznenú výstavbu, kým porasty druhej a štvrtej výškovej kategórie sa definujú ako porasty s nerovnomernou výstavbou. Porasty v tretej výškovej kategórii sú podľa stupnice autorov označené ako porasty s rovnomernou výstavbou.

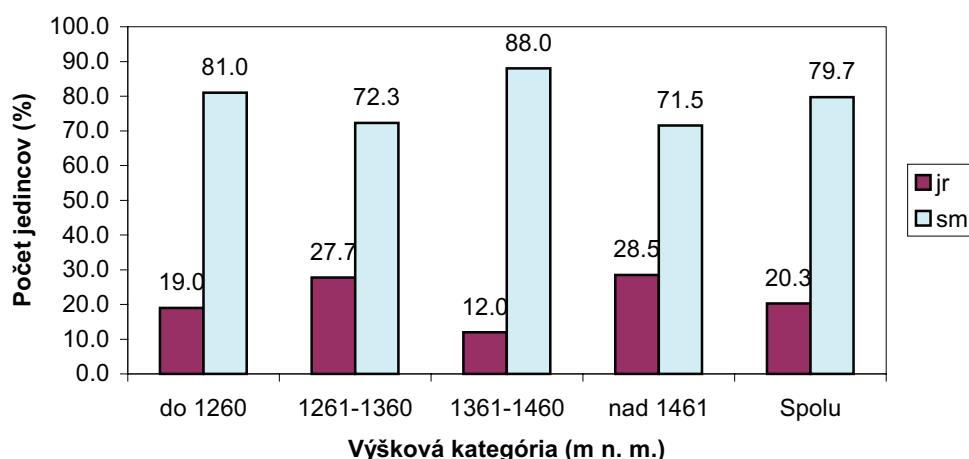


Obrázok č. 93 Porast horského lesa v štádiu dorastania v prvej výškovej kategórii s veľmi rozrôznenou výstavbou (skusná plocha č.4)

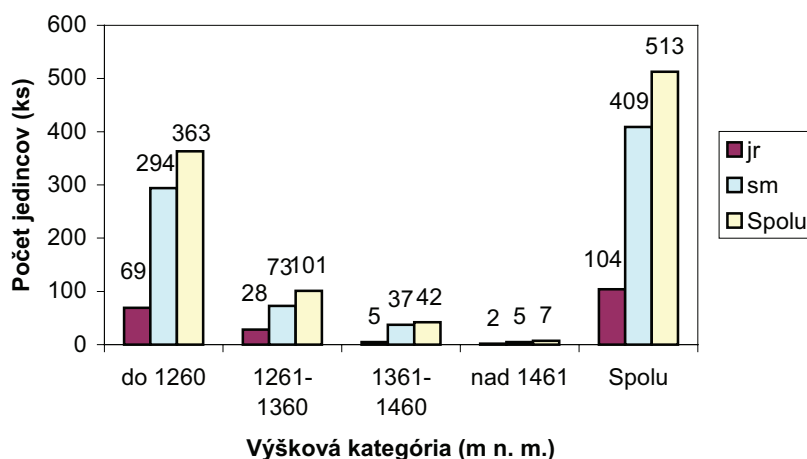
5.5.4 ANALÝZA REGENERAČNÝCH PROCESOV STROMOVEJ ZLOŽKY BIOCENÓZ V SUPRAMONTÁNNOM A SUBALPÍNSKOM STUPNI LESOV BABEJ HORY

5.5.4.1. VYHODNOTENIE DREVINOVÉHO ZLOŽENIA

Lesy v NPR Babia hora sú z hľadiska počtu vyskytujúcich sa druhov drevín veľmi chudobné. Vzhľadom k tomu, že masív Babej hory patrí k tzv. modelovým horám, kde je názorne vyvinutá výšková vegetačná stupňovitosť od submontánného (podhorského) až po alpínsky stupeň (vysokohorský), dominantnou drevinou je v tejto oblasti smrek obyčajný. Tento druh tu dosiahol počas dlhodobého vývoja schopnosti odolávať konkurencii druhov i negatívnym účinkom zmeny prostredia. Je klimaxovou drevinou. Sprievodnými drevinami v smrekových porastoch sú jarabina vtáčia a buk lesný. Jarabina tvorí prímes v celom výškovom profile, pričom buk sa vyskytuje len ojedinele na spodnom okraji skúmaného územia. Veľmi zaujímavé sa však javí podiel percentuálneho zastúpenia smreka a jarabiny vzhľadom k vekovému vývoju porastov a výškovej zonalite (obrázok 94 - 95).



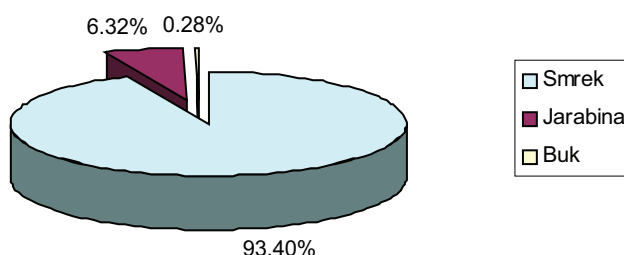
Obrázok č. 94 Percentuálne zastúpenie drevín mladých rastových stupňov (výška do 1.30 m) v jednotlivých výškových kategóriách



Obrázok č. 95 Počet zachytených jedincov drevín mladých rastových stupňov (výška do 1.30 m) v jednotlivých výškových kategóriách

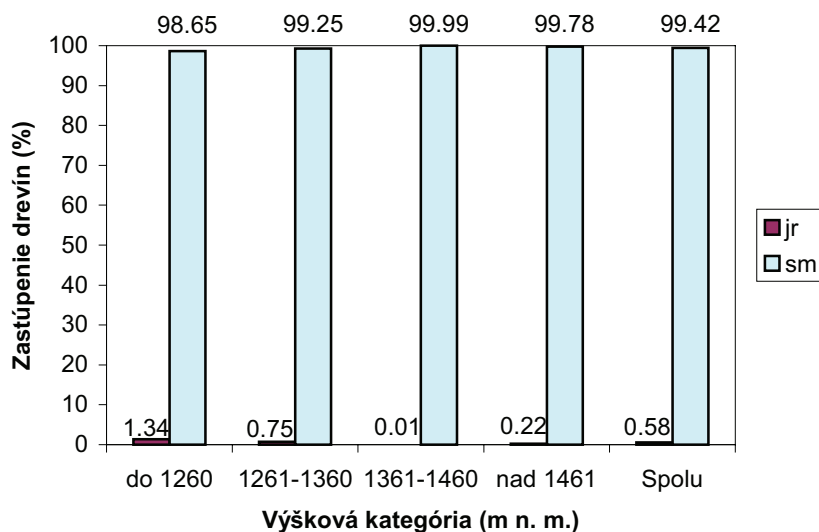
Z nameraných údajov bola zistená skutočnosť (obrázok 94), že v mladých rastových stupňov (výška do 1.30 m) má jarabina vo všetkých výškových kategóriách pomerne vysoké zastúpenie, hoci obnova lesa neprebíha cez sukcesné spoločenstvá, ale je priamo zabezpečovaná klimaxovou drevinou – smrekom.

Na prvý pohľad sa pri terénnych meraniach zdalo, že vysoké zastúpenie jarabiny je len v nižších výškových kategóriách. Z analýzy (obrázok 94) však vyplýva, že zastúpenie jarabiny je veľmi vyrovnané bez rozdielu výškového kategórie a priemerne predstavuje približne 20 % z celkovej obnovy. Táto skutočnosť, hrá veľmi dôležitú úlohu pri diverzite drevín v obnove, čo je veľmi potrebné v rovnorodých smrekových porastoch, ktoré tvoria lesné ekosystémy v NPR Babia hora.



Obrázok č. 96 Percentuálne zastúpenie drevín s výškou nad 1.30 m

S rastúcim vekom (porastov) zastúpenie jarabiny ubúda. V súbore stromov s výškou nad 1.30 m a to do 7 cm predstavuje jarabina priemerne 6.32% a v súbore stromov, ktoré presiahli registračnú hranicu hrúbky (hrúbka $d_{1.3}$ nad 7 cm), už len 0.58 % (obrázok 96 - 97). Vo vyššom veku sa vytvárajú smrekové monokultúry, smrek potláča konkurenčné dreviny (svetlomilnú jarabinu) a stáva sa dominantnou drevinou. Porasty sa následne výškovo nivelizujú porasty a vznikajú tzv. halové porasty. Vzniká tak precedent, kedy veľmi citlivá drevina k abiotickým i biotickým škodlivým činiteľom, akým je smrek, vytvára jedinečný ekosystém a to lesy v supramontánnom stupni.



Obrázok č. 97 Percentuálne zastúpenie drevín s hrúbkou v $d_{1.3} > 7$ cm

Zastúpenie smreka s hrúbkou v $d_{1,3}$ nad 7 cm s nadmorskou výškou stúpa. Vo výške do 1260 m n. m. je podiel smreka najnižší 98.65%, vo výškovej kategórii 1360-1460 m n. m. je to 99.99%. Vo výške nad 1460 m n. m., ktorá predstavuje na Babej hore hornú hranicu lesa, nastáva mierny pokles zastúpenia smreka – 99.78% a zvýšenie podielu jarabiny, ktorá v rozpojených porastoch získava opäť vhodné podmienky pre svoj rozvoj a prechádza pozvoľne do lesa v pásme kosodreviny. Hoci zastúpenie jarabiny je v porastoch kosodreviny na južnej strane Babej hory veľmi nízke, na severnej (poľskej) strane, tvorí jarabina miestami už polovičný podiel a vytvára tak osobitné spoločenstvo jarabinovej kosodreviny (obrázok 98).

Relatívne nízky podiel smreka vo výške do 1260 m n. m. a vyšší podiel jarabiny 1.34% vytvára zdanie obnovy smrekových porastov cez sukcesné spoločenstvo v miesta s veľkoplošným rozpadom. Výrazne sa to prejavuje v lesoch osobitného určenia na bočnom hrebeni Babej hory, ktorý sa volá Jedľa, kde sa vykonávajú bežné hospodárske opatrenia. Tu má jarabina v určitom štádiu, na rozsiahlych kalamitných plochách vzniknutých rozšírením ťažbových rúbanísk, takmer dominantné zastúpenie (obrázok 99).



Obrázok č. 98 Spoločenstvo jarabinovej kosodreviny pod Kostolíkmi (severný svah Babej hory, Poľsko)



Obrázok č. 99 Dočasné sukcesné spoločenstvo jarabiny v obhospodarovaných lesoch na Jedli

5.5.4.2. VYHODNOTENIE POČETNOSTI JEDINCOV OBNOVY

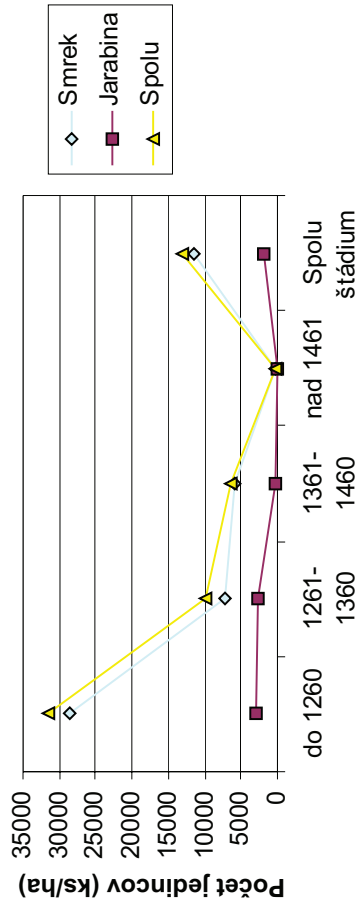
Na 57 výskumných plochách bolo biometricky a kvalitatívne pomeraných 513 jedincov mladých rastových stupňov s výškou do 1.30 metra (obrázok 28 a 29). Počet jedincov sa v prepočte pohyboval na jednotlivých výskumných plochách v rozpätí 0 – 66 000 kusov na hektár (ks/ha). Najväčší počet jedincov obnovy bol zistený na skusnej ploche č. 2, a to 66 000 ks/ha, ktorá sa nachádzala v prvej výškovej kategórii v štádiu rozpadu. Najnižší počet bol v štvrtej výškovej kategórii na všetkých plochách bez rozdielu vývojového štádia, kde sa počet jedincov obnovy pohyboval v rozpätí 0 – 3 000 ks/ha. V nasledujúcej tabuľke 27 je prehľadne uvedený priemerný počet jedincov obnovy podľa jednotlivých výškových kategórií a vývojových štádií prírodného lesa v NPR Babia hora.

Tabuľka č. 27 Počet jedincov obnovy v ks/ha podľa výškových kategórií a vývojových štádií

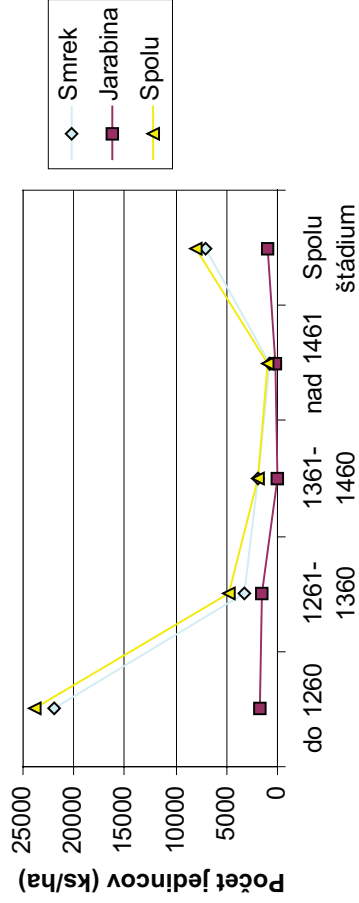
Vývojové štádium	Drevina		Nadmorská výška (m n. m.)				Priemer spolu štádium
			do 1260	1260-1360	1360-1460	nad 1460	
Dorastanie	Smrek	ks/ha	28600	7333	6000	250	11444
	Jarabina	ks/ha	3000	2667	333	0	1778
	Spolu	ks/ha	31600	10000	6333	250	13222
Optimum	Smrek	ks/ha	8400	2600	1400	250	3316
	Jarabina	ks/ha	8800	800	800	250	2789
	Spolu	ks/ha	17200	3400	2200	500	6105
Rozpad	Smrek	ks/ha	22000	3200	2000	750	7050
	Jarabina	ks/ha	1800	1600	0	250	900
	Spolu	ks/ha	23800	4800	2000	1000	7950
Priemer spolu výšková kategória	Smrek	ks/ha	19667	4563	2643	417	7193
	Jarabina	ks/ha	4533	1750	357	167	1807
	Spolu	ks/ha	24200	6313	3000	584	9000

Vo všetkých štádiách pralesa počet jedincov obnovy klesá s rastom nadmorskej výšky, čo je normálny jav vzhľadom na drsnejšie životné podmienky pre dreviny a samozrejme aj na ich zníženú fruktifikáciu. V percentuálnom vyjadrení je priebeh poklesu jedincov obnovy nasledovný: 1. v.k.–70%, 2. v.k.–20%, 3. v.k.–8 %, 4. v.k.–1 %. Krivka poklesu početnosti (obrázok 100) má dva priebehy. Veľmi výrazný pokles jedincov je z prvej výškovej kategórie do druhej výškovej kategórie, to znamená, že zlomový bod je v zóne 1260 – 1360 m n. m. Od výšky 1360 m n. m. je priebeh krivky mierny a vyrovnaný. Z uvedeného vyplýva fakt, že v druhej výškovej kategórii je zlomové pásmo, kde začína stagnácia obnovy. Keď ešte vo výške do 1260 m n. m. bolo priemerne bez rozdielu štádií 24 200 ks/ha jedincov obnovy, vo výške 1260 – 1360 m n. m. ich bolo už len 6 313 ks/ha. Ide teda o 3.8 násobný pokles. V nadmorskej výške nad 1460 m n. m. je počet jedincov obnovy len 583 ks/ha. V tejto výške dochádza k zmene v spôsobe obnovy. Generatívna obnova smreka sa mení na vegetatívnu a štruktúra porastov je charakteristická bioskupinami smreka (podrobnejšie v samostatnej kapitole).

Dorastanie

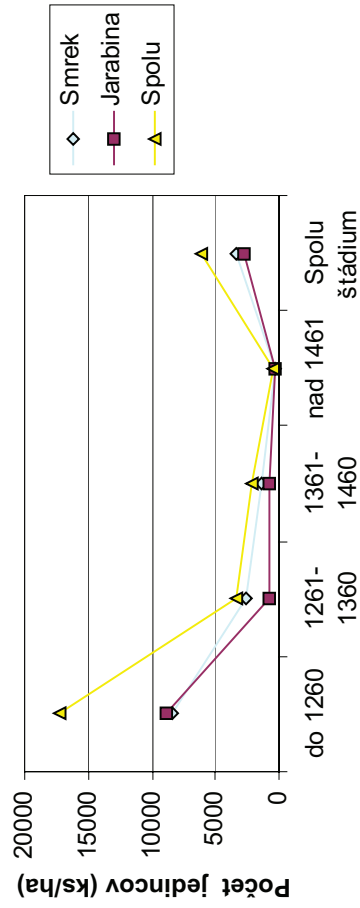


Rozpad



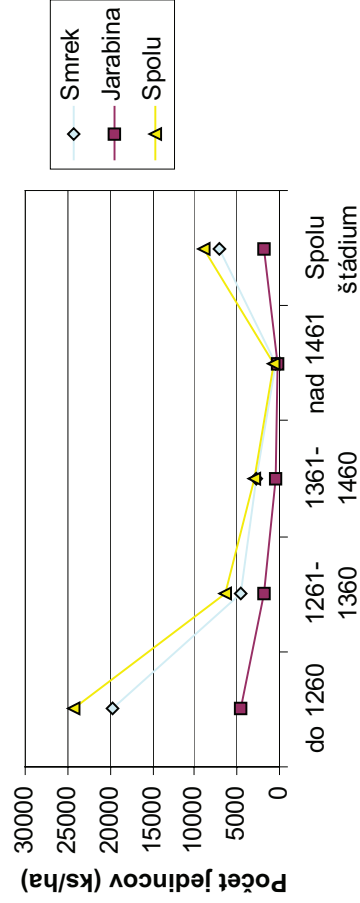
Výšková kategória (m n. m.)

Optimum



Výšková kategória (m n. m.)

Spolu



Výšková kategória (m n. m.)

Výšková kategória (m n. m.)

Obrázok č. 100 Priebieh priemerných hodnôt početnosti obnovy v jednotlivých vývojevých štádiách a výškových kategóriách

Zastúpenie obnovy podľa jednotlivých vývojových štádií je nasledovné: dorastanie – 46%, optimum – 23%, rozpad – 31%. Vyšší počet jedincov v štádiu dorastania je spôsobený v podmienkach Babej hory dostatkom voľného priestoru v počiatočnom štádiu dorastania (postupné odumieranie jedincov predchádzajúcej generácie), medzernatý zápoj a výskytu dostatočne rozloženého moderového dreva (ležaniny) zo štádia rozpadu. Štádium dorastania má charakter výberného lesa (výberná fáza) so stupňovitou výstavbou a zastúpením všetkých stromových tried.

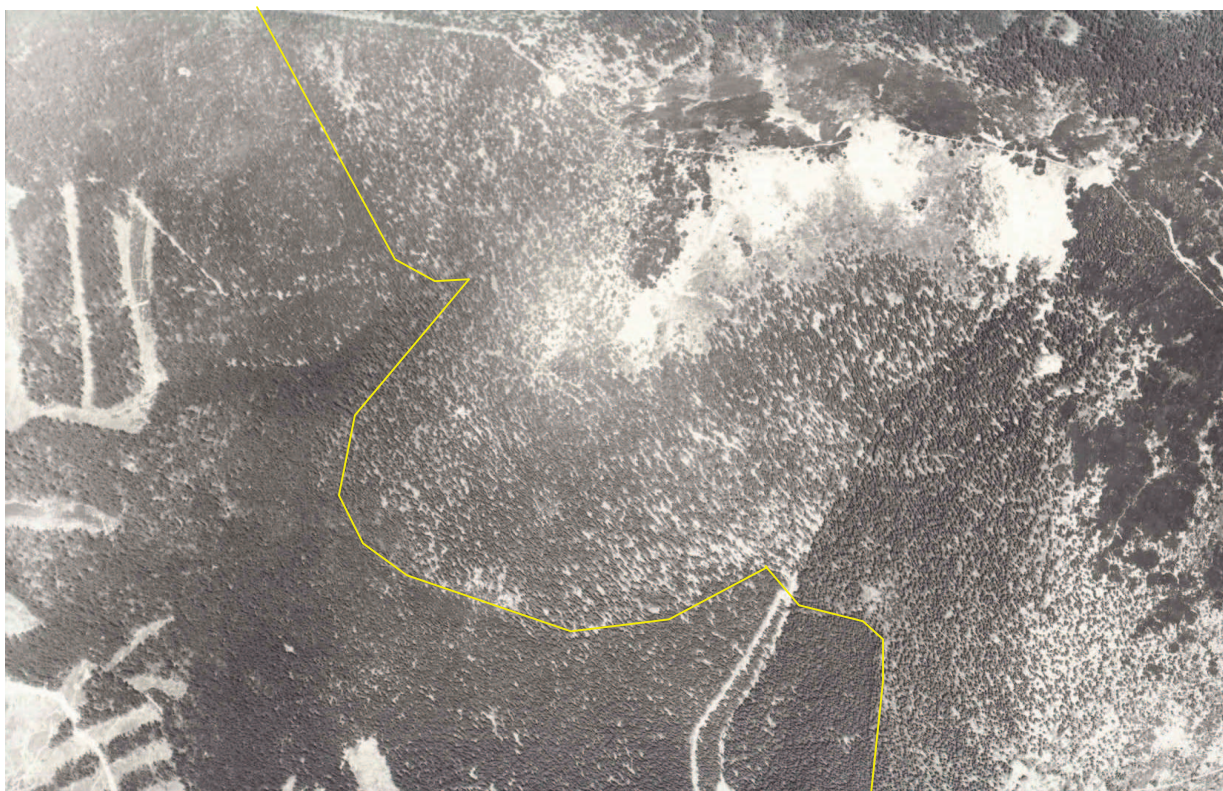
Pre skúmané lesy v NPR Babia hora je typické ich trvale medzernatý zápoj (obrázok 76 a 101), čo dáva možnosť obnovy na malých plôškach. Je to pozitívny jav pre vekovú diferenciaciu porastov a tým aj pre zvýšenie ich štruktúrnej diverzity.

V štádiu optima je podľa očakávania najnižší počet jedincov obnovy vzhľadom na vyšší stupeň zápoja a menšie množstvo vhodného moderového dreva.

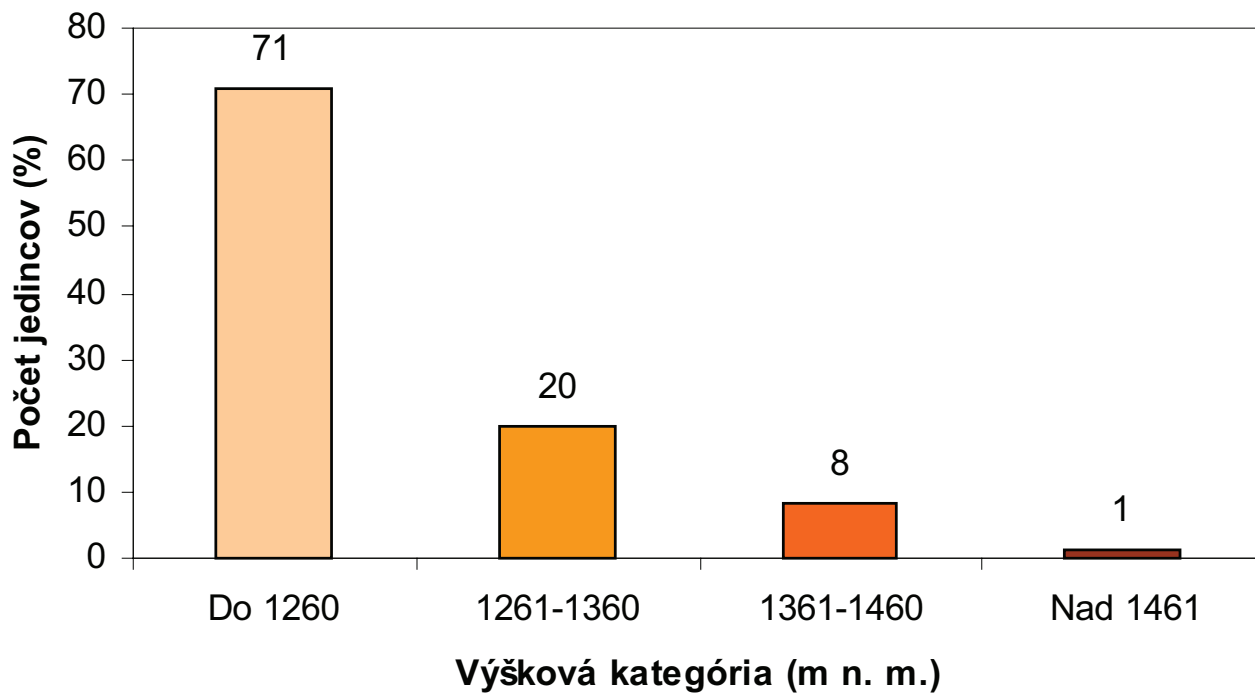
V štádiu rozpadu opäť podľa predpokladu rastie početnosť obnovy (zníženie zápoja, porastové medzery, moderové drevo).

Vo výške nad 1460 m n. m. (štvrtá výšková kategória) má priebeh obnovy iný charakter. Počet jedincov obnovy rastie plynule od štádia dorastania (250 ks/ha) cez štádium optima (500 ks/ha) po štádium rozpadu (1 000 ks/ha). Obnova v tejto nadmorskej výške má iný priebeh, iný cyklus ako v nižších výškových kategóriách. Prevláda tu vegetatívna obnova, pre ktorú je potrebný uvoľnený priestor po odumretých jedincoch, štádiu rozpadu vytvára najvhodnejšie podmienky pre obnovu v bioskupinách. Rozširovanie lesa tu prebieha tzv. *pulzujúcou obnovou* (podrobnejšie v samostatnej kapitole).

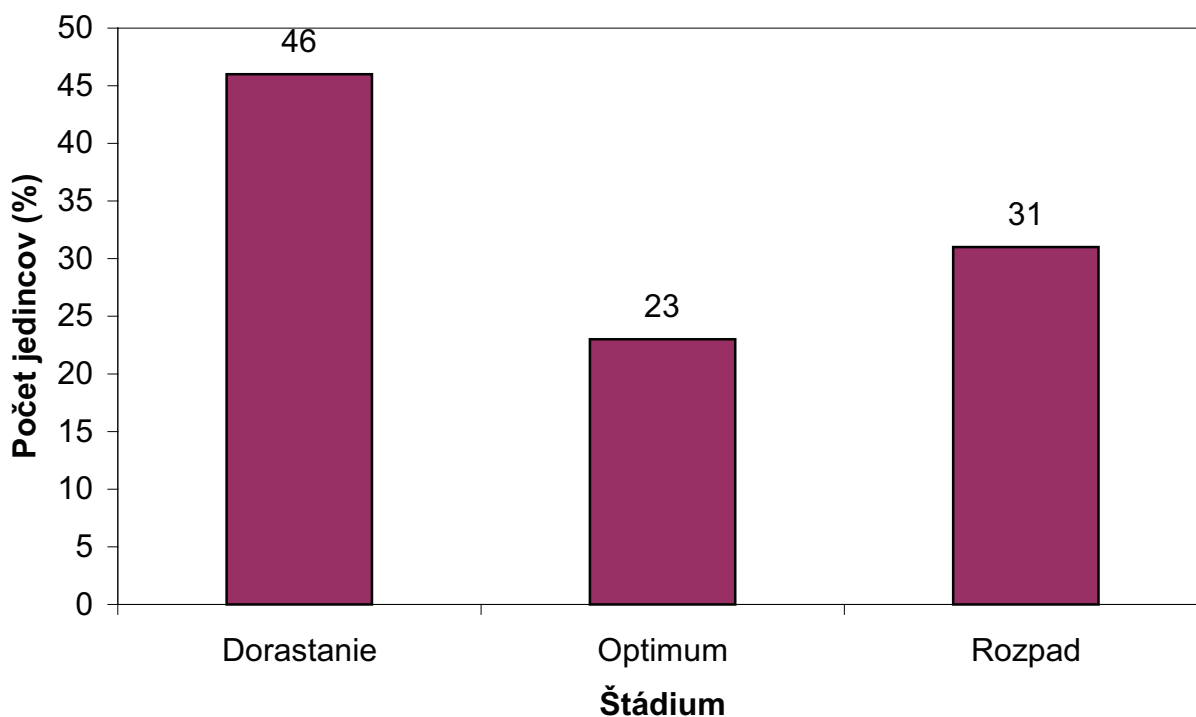
Počty jedincov obnovy sú relatívne vysoké (v priemere 28 600 ks/ha smreka v prvej výškovej kategórii). Počas ďalšieho vývoja väčšia časť z nich uhynie následkom competičných vzťahov v biocenóze a mikroklimatických podmienok. Prítomnosť vysokých bylín, zvlášť paprade *Athyrium distentifolium* typickej a dominantnej na Babej hore, spôsobuje nielen problém pri klíčení semien, ale aj pri odrastaní semenáčikov. Poznatky o poklese počtu jedincov obnovy publikovalo mnoho autorov zaoberajúcich sa touto problematikou, na Babej hore napr. HOLEKSA (1998).



Obrázok č. 101 Letecký pohľad na štruktúru porastov v masíve Babej hory (rok 1992)

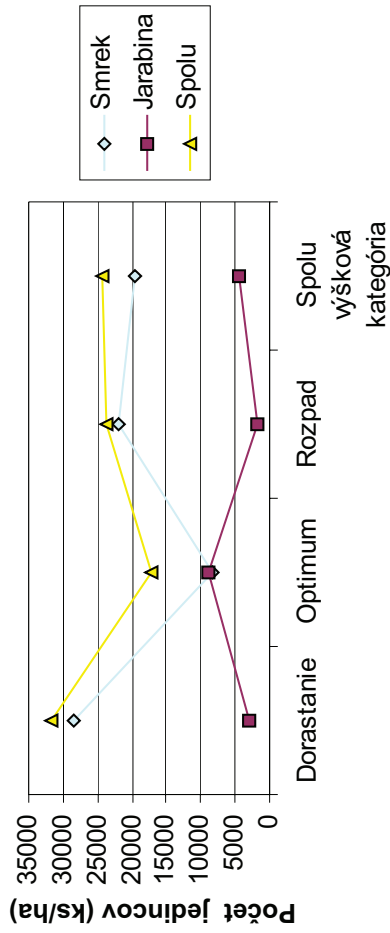


Obrázok č. 102 Relatívne zastúpenie zmladenia v jednotlivých výškových kategóriách



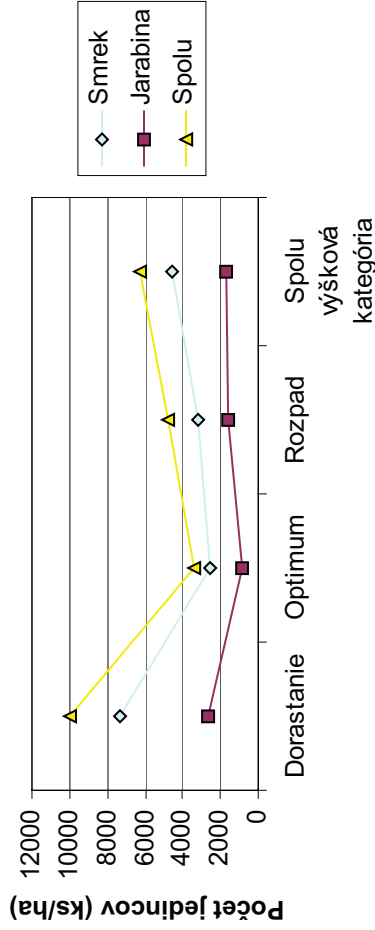
Obrázok č. 103 Relatívne zastúpenie zmladenia v jednotlivých vývojových štádiách

Výšková kategória do 1260 m n. m.



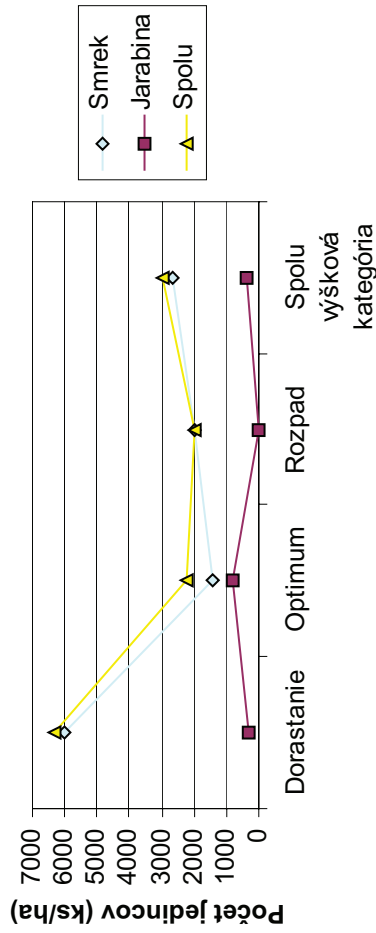
Vývojové štádium

Výšková kategória 1260-1360 m n. m.



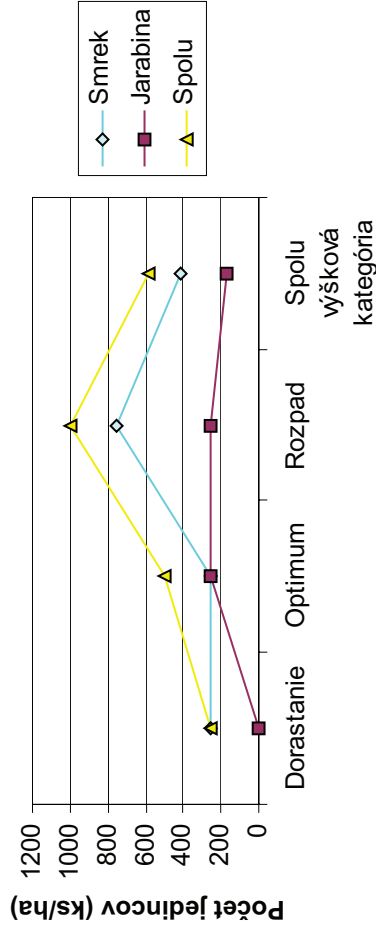
Vývojové štádium

Výšková kategória 1360-1460 m n. m.



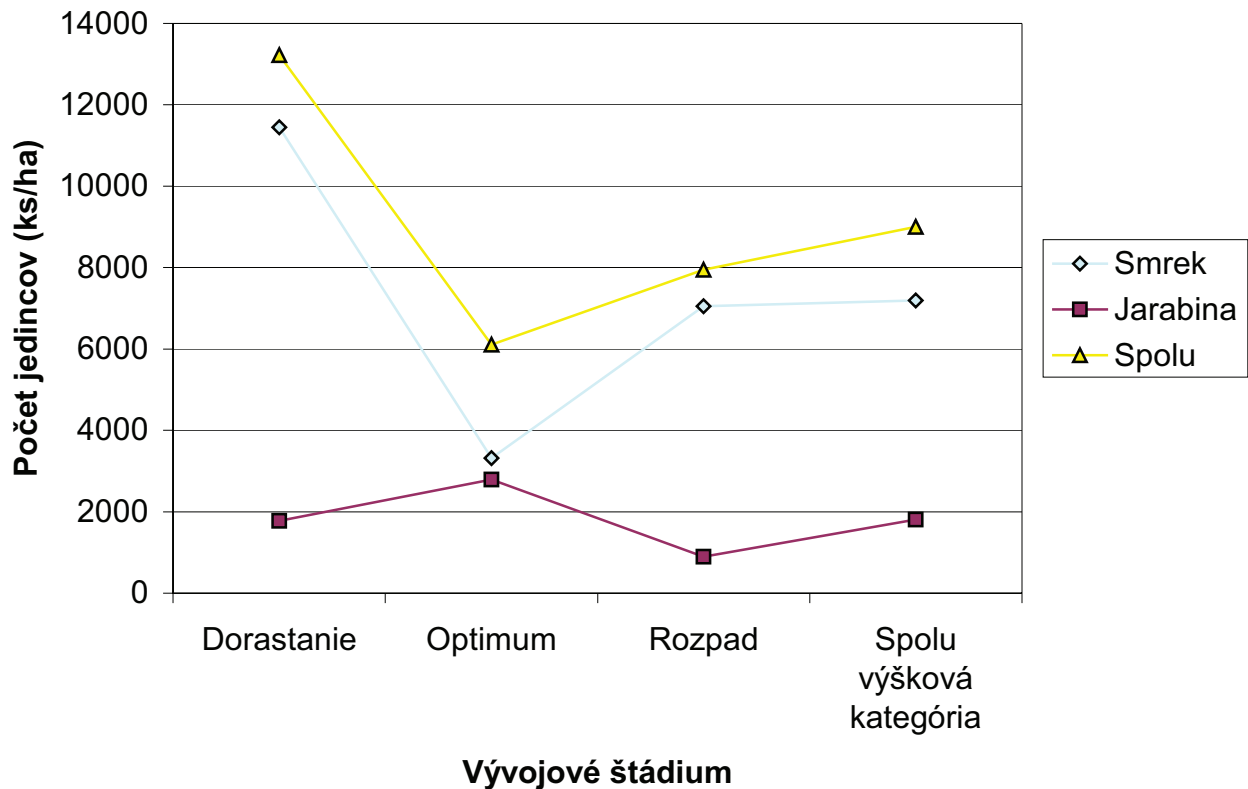
Vývojové štádium

Výšková kategória nad 1460 m n. m.



Vývojové štádium

Obrázok č. 104 Priebeh priemerných hodnôt početnosti obnovy v jednotlivých výškových kategóriách a vývojových štádiách



Obrázok č. 105 Priebeh priemerných hodnôt počtu zmladenia v jednotlivých štádiách bez ohľadu na výškové kategórie

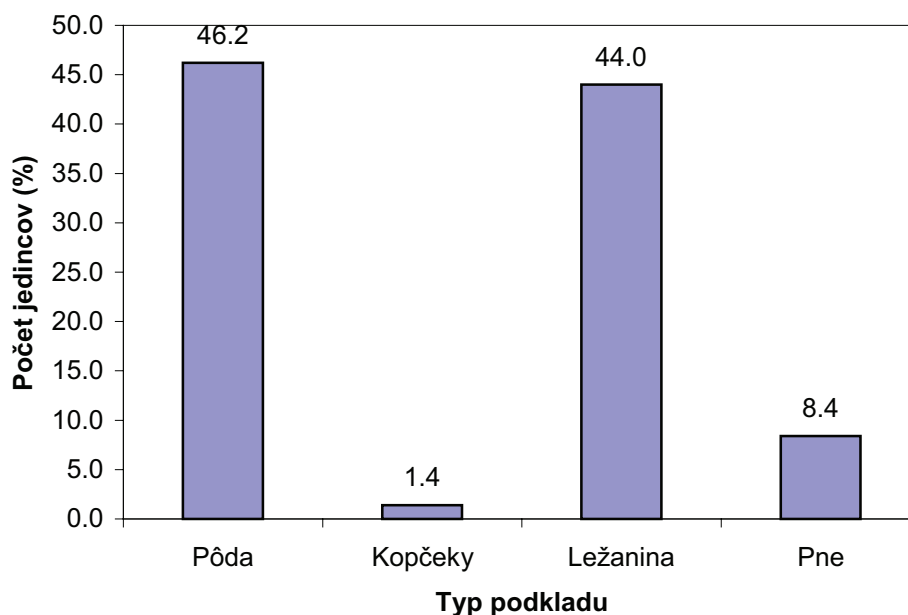
5.5.4.3. ROZDELENIE OBNOVY PODĽA TYPU PODKLADU

Typ podkladu, na ktorom vzniká prirodzená obnova, hrá významnú rolu. Prirodzená obnova je najdôležitejším spôsobom pre zachovanie získaných vlastností drevín v danej lokalite počas fylogenézy. Dnes je tento pojem opäť moderný aj z dôvodu pestovania prírody blízkych lesov. Pre prirodzenú obnovu nižšie položených lesov je dôležitá prítomnosť minerálnej pôdy, kde je kľúčiacie semeno zbavené konkurencie bylín a využíva vodu, ktorá vzniká vzlínaním v pôde. Vieme, že dostatok vody je jednou zo základných podmienok klíčenia. V prevádzkových podmienkach sa uvedené požiadavky pre prirodzenú obnovu oddávna zabezpečovali zraňovaním a prípravou pôdy odstránením mačinovej časti. Pre smrekové lesy na území lesných prírodných rezervácií v supramontánnom a subalpínskom stupni, kde je dostatok vlhky, hrá významnú úlohu pre prirodzenú obnovu dostatočné množstvo rozloženého moderového dreva. Pretože sa vo väčšine jedná o chránené územia, kde je činnosť človeka často obmedzená, ba až neprípustná, moderové drevo tu nadobúda dominantný význam. Rozložené moderové drevo vytvára pre vzchádzanie smrekového semena tzv. **klíčne lôžko**, v ktorom je dostatok vlhky a živín. Obnova je navyše na moderovom dreve vyššie umiestnená nad povrchom pôdy, čím semenáčky získavajú vhodné mikrostanošné podmienky, keďže sa čiastočne dostávajú spod vplyvu zatienenia vysokých bylín, na Babej hore sa jedná hlavne *Athyrium distentifolium*.

V nasledujúcej tabuľke 28 a na obrázku 106 uvádzame rozbor zastúpenia typu podložia a na ňom sa vyskytujúceho zmladenia.

Tabuľka č. 28 Priemerné plošné zastúpenie typu podložia v jednotlivých výškových zónach (m², %)

Výšková kategória [m n.m.]	TYP PODLOŽIA			
	Pôda	Kopčeky	Ležanina	Pne
do 1260	9433.7	0.3	527.2	38.8
	94.34%	0.00%	5.27%	0.39%
1260-1360	9533.0	0.9	437.2	28.9
	95.00%	0.01%	4.37%	0.29%
1360-1460	9784.0	0.0	199.2	16.8
	97.80%	0.00%	2.00%	0.20%
nad 1460	9914.7	0.0	79.5	5.8
	99.10%	0.00%	0.80%	0.10%
Priemer	9666.2	0.6	310.7	22.5
	96.66%	0.01%	3.11%	0.23%



Obrázok č. 106 Percentuálne zastúpenie zmladenia podľa typu podkladu

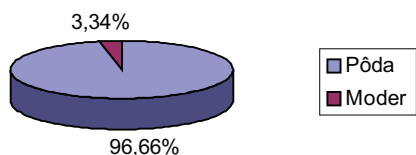
Ako je vidieť na obrázku 106, na pôde bolo zistených 46.2% jedincov obnovy, naproti tomu na moderovom dreve to bolo 52.4%. Na kopčekoch po vývratoch to bolo 1.4%. Ešte výraznejšie rozdiely v prospech moderového dreva sa dokázali pri raste nadmorskej výšky (obrázok 109). V prvej výškovvej kategórii, teda v nadmorskej výške do 1260 m n. m. obnova na pôde predstavovala 47%, na moderovom dreve poklesla na 45%, naproti tomu výrazne narástla na kopčekoch až na 6%. Tento jav nárastu na kopčekoch môžeme zdôvodniť väčším množstvom vyvrátených stromov (rastové optimum v danej lokalite). Vzhľadom k tomu, že porasty na Babej hore majú prirodzene medzernatý zápoj a vysokú korunovosť, množstvo vyvrátených stromov je

nízke a hlavne s narastajúcou nadmorskou výškou klesá. Výskyt obnovy vo vyšších nadmorských výškach na kopčekoch už nebol zaznamenaný. V tretej výškovej kategórii bola obnova na pôde už len 36%, naopak na moderovom dreve 64 %. Najvýraznejší rozdiel v prospech moderového dreva bol podľa nášho predpokladu v štvrtej výškovej kategórii, t.j. v nadmorskej výške nad 1460 m n. m., kde predstavovala obnova na moderovom dreve až 86%, kým na pôde len 14%.

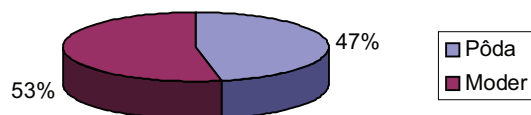
Absolútny význam moderového dreva pri obnove lesov v supramontánnom a subalpínskom stupni na Babej hore si uvedomíme pri vyhodnotení plošného zastúpenia podkladu, na ktorom sa vyskytla obnova (tabuľka 28 a obrázok 107 a 109). V výškovej zóne predstavovala plocha pôdy 94.34%; v druhej výškovej kategórii 95.00%; v tretej výškovej zóne 97.80%; v štvrtej výškovej kategórii 99.10% a priemerne 96.66%. Z porovnania údajov je vidieť, že napriek poklesu plošnej výmery moderového dreva s nadmorskou výškou sa podiel obnovy na ňom zvyšuje.

Nasledovný obrázok 107 ukazuje plošnú výmeru dvoch základných typov podkladu (v %) a percentuálne zastúpenie obnovy na nich. Pôda tvorí jednu kategóriu, kým v druhej skupine je zahrnuté moderové drevo, kopčeky a pne.

Plošné zastúpenie pôdy a moderu



Zastúpenie zmladenia na pôde a moderi



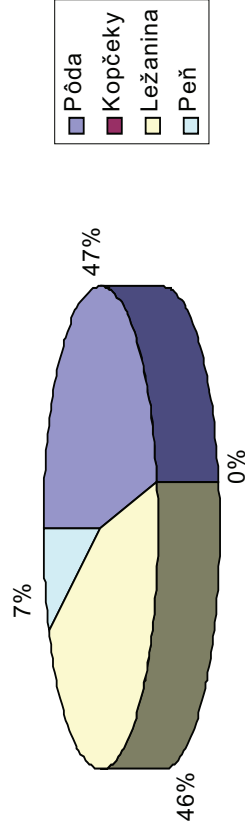
Obrázok č. 107 Plošné zastúpenie pôdy a moderového dreva a zastúpenie zmladenia na uvedených typoch podkladu

Priemerne predstavuje moderové drevo a kopčeky plošne len 3.34%, kým obnova na nich zaberá až 53%. Pôda predstavovala priemerne 96.66% plochy, avšak obnova na nej len 47%. Podobné skutočnosti zistil na severnej strane Babej hory aj HOLEKSA (1998), ktorý zistil, že moderové drevo a kopčeky plošne predstavovali v jeho sledovanom objekte (14.4 ha) 3.9% a obnova na tejto kategórii podložia tvorila nadpolovičnú hodnotu.

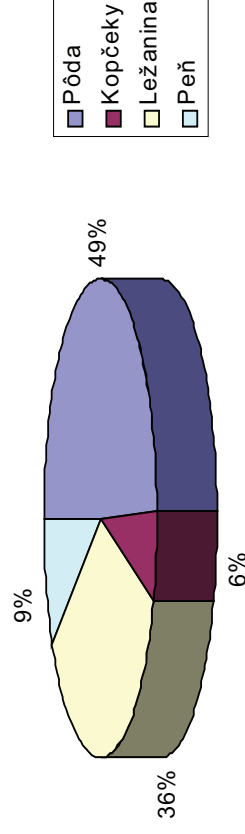


Obrázok č. 108 Prirodzená obnova smreka na moderovom dreve v NPR Babia hora

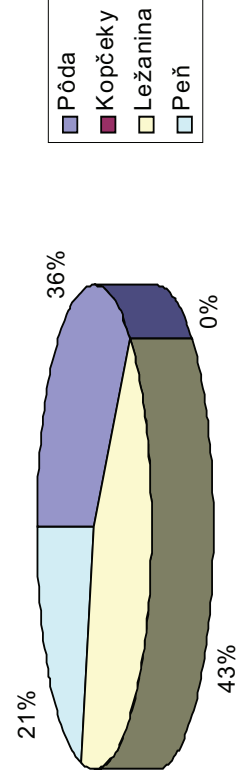
Percentuálne zastúpenie obnovy podľa typu podkladu do 1260 m n. m.



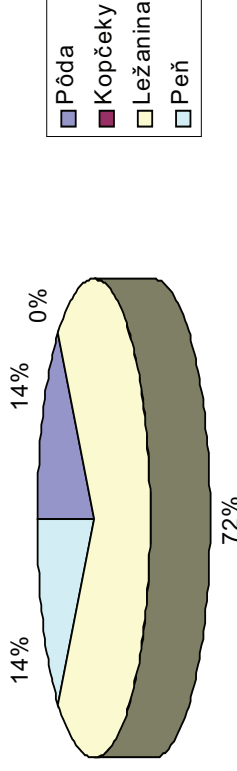
Percentuálne zastúpenie obnovy podľa typu podkladu 1261-1360 m n. m.



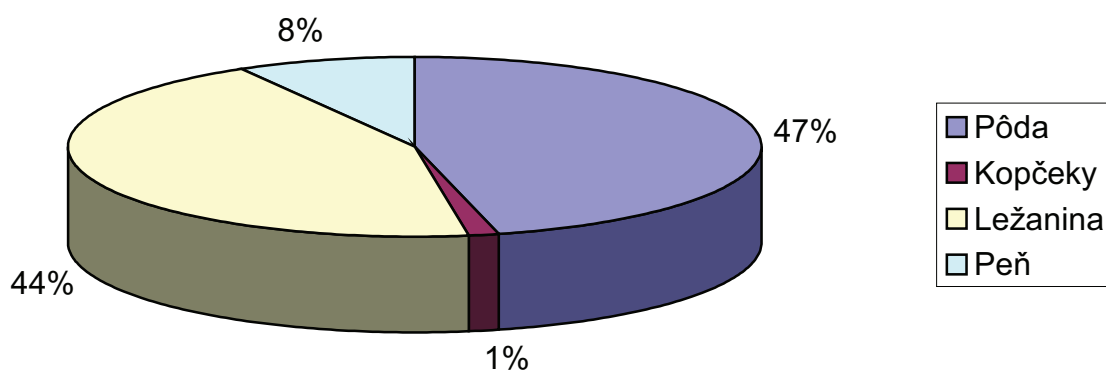
Percentuálne zastúpenie obnovy podľa typu podkladu 1361-1460 m n. m.



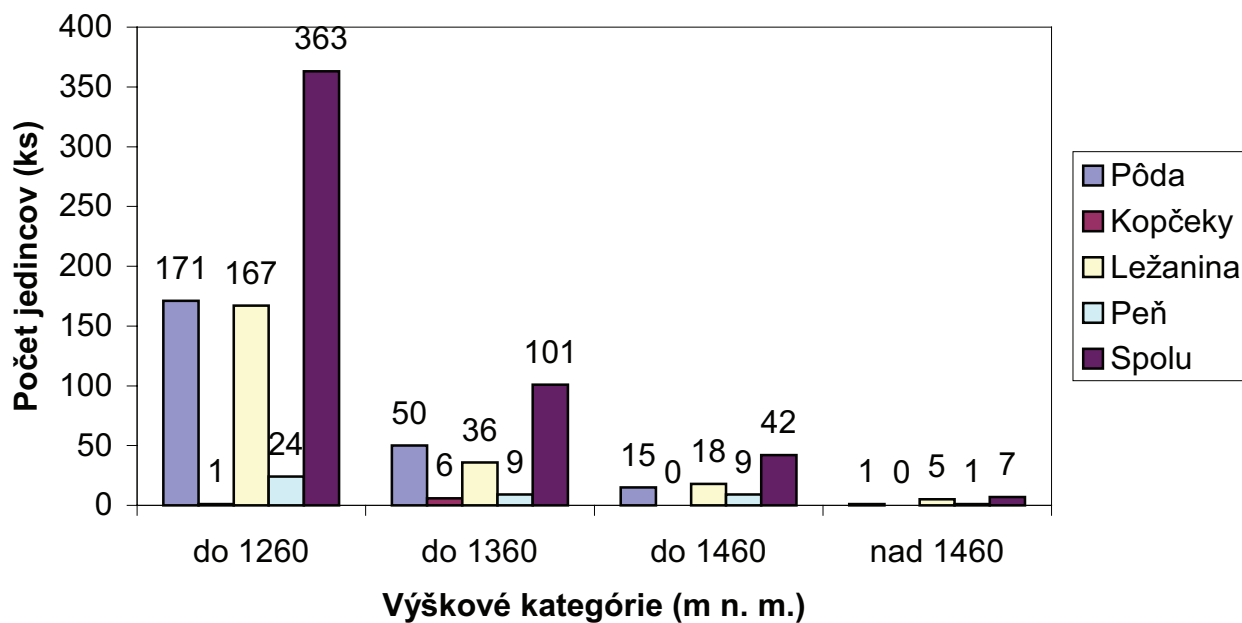
Percentuálne zastúpenie obnovy podľa typu podkladu nad 1460 m n. m.



Obrázok č. 109 Percentuálne zastúpenie obnovy na rôznom type podložia v jednotlivých výškových kategóriách

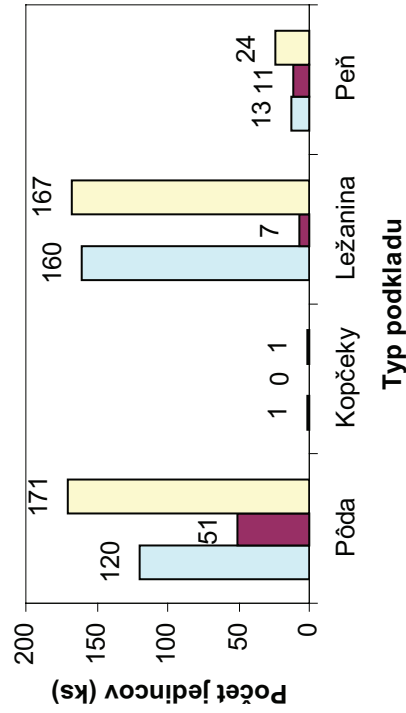


Obrázok č. 110 Percentuálne zastúpenie obnovy podľa typu podkladu celkovo bez ohľadu na výškovú kategóriu

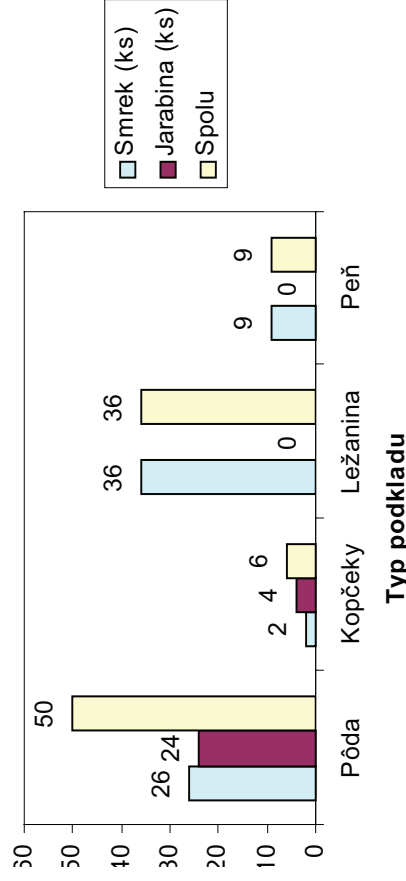


Obrázok č. 111 Početnosť jedincov zmladenia v jednotlivých výškových kategóriách a typoch podložia

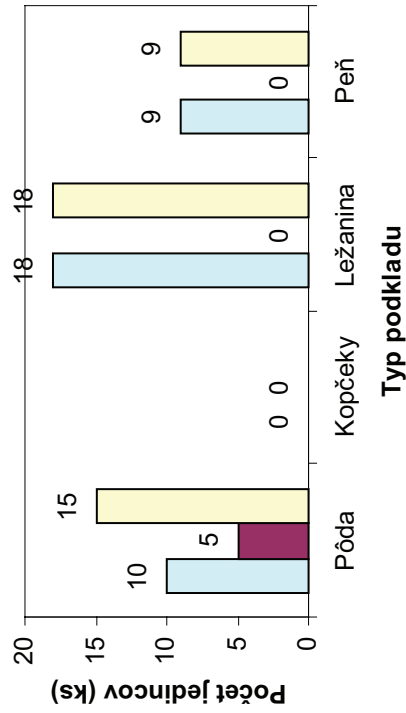
do 1260 m n. m.



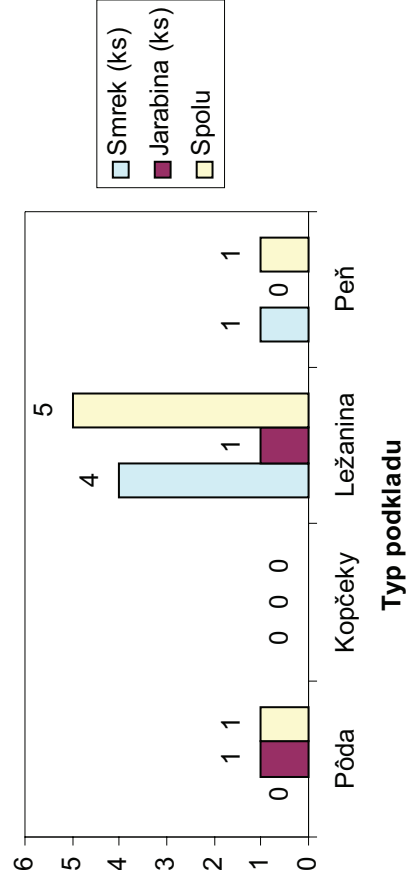
1260-1360 m n. m.



1360-1460 m n. m.

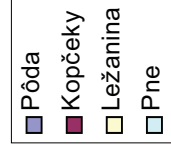
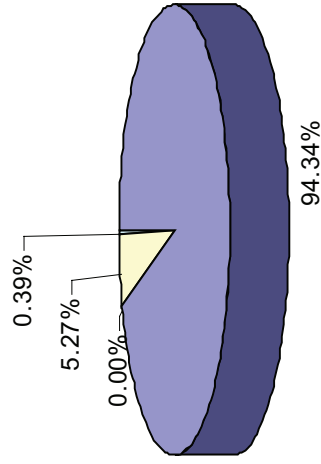


nad 1460 m n. m.

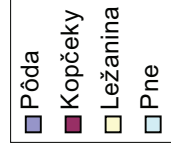
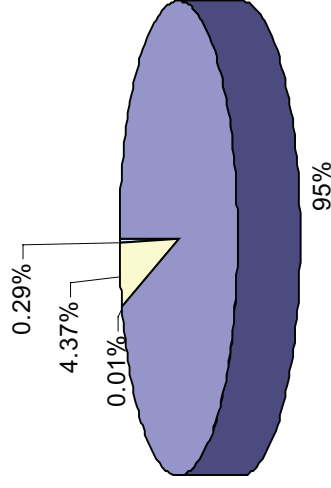


Obrázok č. 112 Počty zmladenia v jednotlivých výškových kategóriách a rôznych typoch podkladu

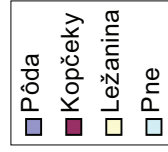
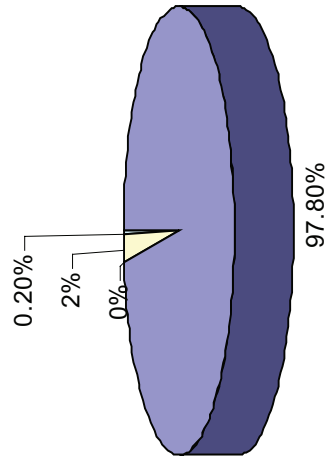
do 1260 m n. m.



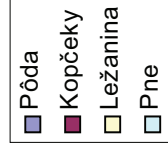
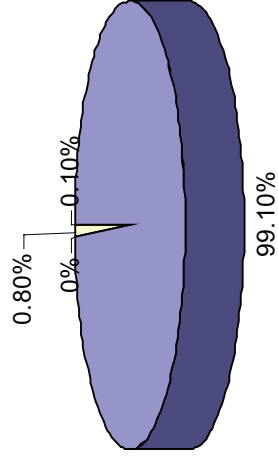
1261-1360 m n. m.



1360-1460 m n. m.



nad 1461 m n. m.

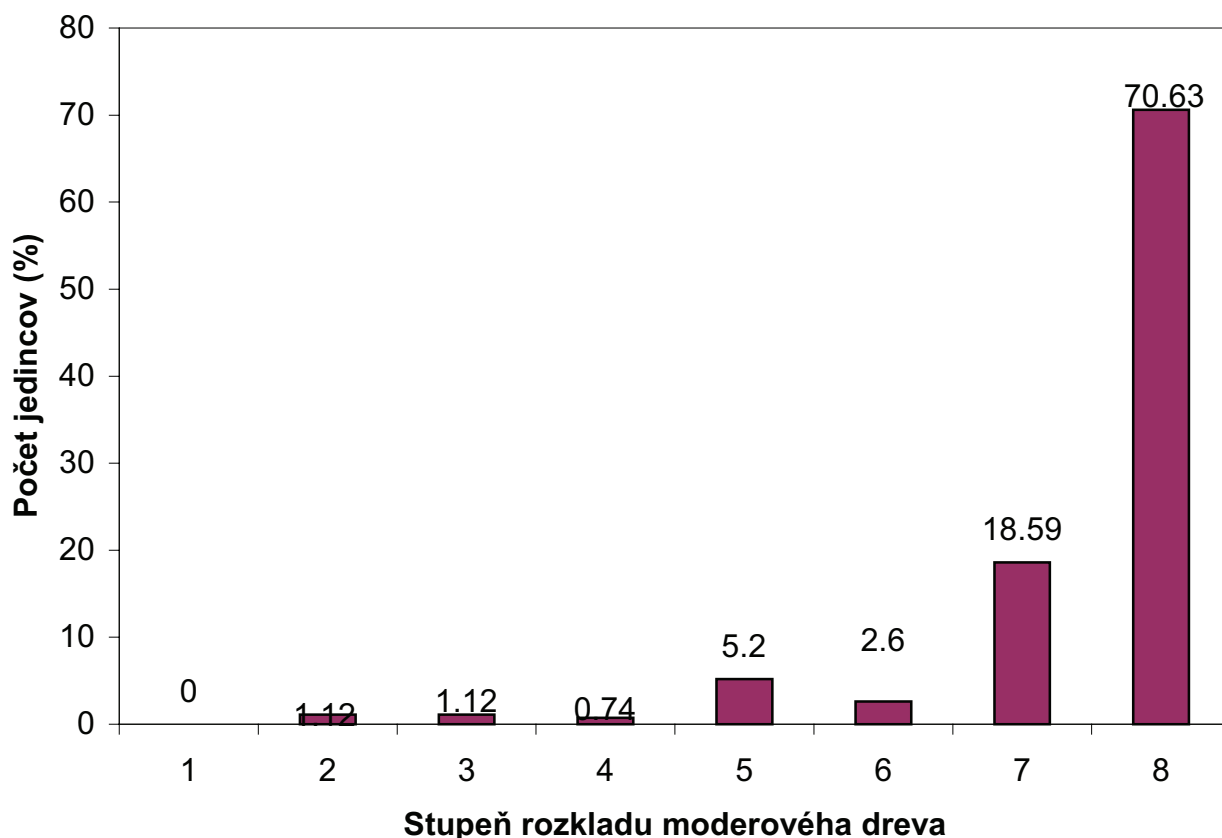


Obrázok č. 113 Relatívne zastúpenie plošného podielu typu podložia v jednotlivých výškových kategóriách

Zvýšený podiel obnovy smreka na moderovom dreve a kopčekoch môže mať viac príčin. Významnú úlohu tu určite hrajú nasledovné skutočnosti spôsobené tým, že sa nachádza na vyvýšenom mieste, čím má jedinec:

- * vyšší svetlostný pôžitok a tým aj väčší prílev slnečnej energie, keďže sa čiastočne dostáva zo zatienenia vysokých bylín;
- * lepšie mikroklimatické podmienky (teplota a vlhkosť);
- * zlepšené podmienky pôsobením mykoritických húb;
- * dostatok výživných látok v počiatočnom štádiu rastu.

Pre začiatok obnovy má veľký význam stupeň rozkladu moderového dreva a jeho množstvo. Podľa našich zistení je pre začiatok obnovy potrebné dostatočné množstvo moderového dreva aspoň v 5. stupni rozkladu. Zatiaľ čo na prvých štyroch stupňoch rozkladu moderového dreva sa jedince obnovy vyskytovali max. 1.12% z celkového počtu, pri poslednom 8. stupni to bolo až 70.63% (obrázok 114). Dôležitá je aj skutočnosť, že prežívanie obnovy na moderovom dreve je vyššie ako u pôdy. Podobné skutočnosti zistil HOLEKSA (1998) na severnej strane Babej hory.



Obrázok č. 114 Percentuálne zastúpenie zmladenia podľa stupňa rozkladu moderového dreva

5.5.4.4. PRIEBEH PRIRODZENEJ OBNOVY SMREKA V SUPRAMONTÁNNOM A SUBALPÍNSKOM STUPNI NA BABEJ HORE

Obnova pomocou sukcesných spoločenstiev

Na spodnom okraji prírodnej rezervácie vo výške do 1260 m n. m. je obnova klimaxovej dreviny zabezpečovaná priamo s náznakmi cez sukcesné spoločenstvo jarabiny. Jarabina vytvára vhodné podmienky pre čiastočné stlmenie expanzie a vitality paprade *Athyrium distentifolium*, ktorá je dominantnou na mnohých lokalitách masívu Babej hory. Jarabina má však pomerne vyrovnané zastúpenie pri prirodzenej obnove drevín bez ohľadu na nadmorskú výšku a predstavuje priemerne 20%, čo je pozitívny jav pre druhovú diverzitu.

Druhom, ktorý podobne napomáha návratu smreka na odlesnené plochy (bývalá pastva) v lokalite Šťaviny, je *Rubus ideaus*. Tento druh, ktorý je v nižších polohách a hlavne v hospodárskych lesoch a na plochách po kalamitách považovaný za nežiadúci a konkurenčný pre smrek, likviduje zatienením a rozkladom humusu *Rumex alpinus* (ruderálny nitrofitný druh) ako pozostatok po minulej pastve.

Obnova na moderovom dreve

Obnova smreka na moderovom dreve predstavuje v celom supramontánnom stupni Babej hory jedinečnosť. Moderové drevo je pre regeneračné procesy neodmysliteľnou súčasťou, čo potvrdzuje aj porovnanie zastúpenia obnovy na moderovom dreve a jeho plošného zastúpenia. Obnova na moderovom dreve predstavuje 53% všetkých jedincov s výškou do 1.3 m, kým jeho plocha zaberá len 3.34%.



Obrázok č. 115 Smrekové defilé na ležanine

Na základe vyhodnotenia všetkých získaných skutočností môžeme definovať základné podmienky pre obnovu na moderovom dreve:

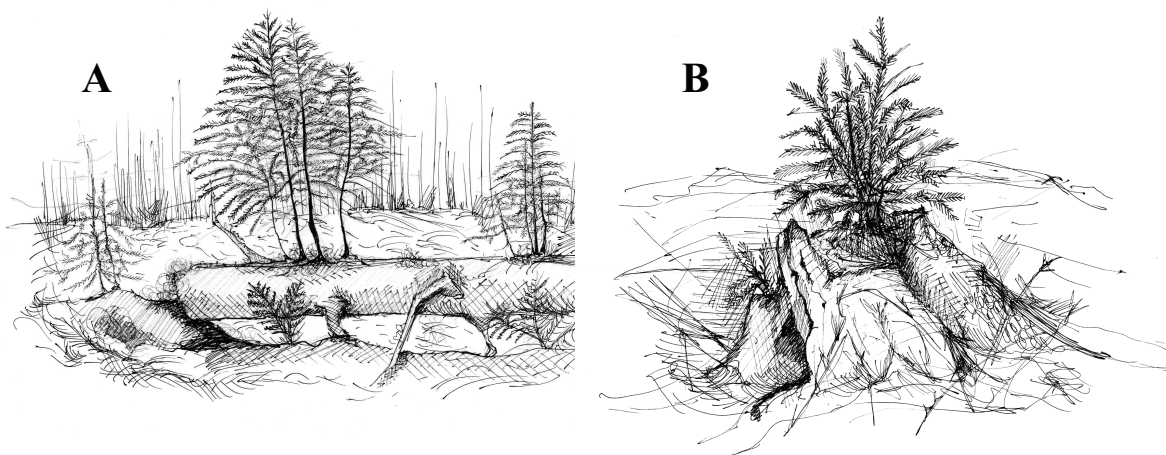
- * dostatočné množstvo rozloženého moderového dreva (aspoň 5 stupeň rozkladu)
- * dostatok zrážok
- * výskyt semenného roka (dostatok generatívneho materiálu)

Vzhľadom na štruktúru porastov na Babej hore, najmä ich medzernatý zápoj, môže byť obnova zabezpečovaná počas všetkých vývojových štádií prírodného lesa (pralesa). Najväčšie množstvo jedincov obnovy bolo však zistené na počiatku štádia dorastania (v prvých troch výškových kategóriách), kde sa nachádza už dostatočné množstvo moderového dreva v požadovanom stupni rozkladu z predchádzajúceho štádia rozpadu, pritom pre obnovu je ešte dostatok svetelnej energie. Je typické, že na Babej hore stromy odumierajú postojacky a na zem padajú v dostatočnom stupni rozkladu (rozdiel oproti NPR Kotlov žľab). Pomer zastúpenia obnovy podľa jednotlivých štádií je nasledovný: dorastanie – 46%, optimum – 23%, rozpad – 31%.

Masív Babej hory je na atmosferické zrážky veľmi bohatý. Na základe vlastných meraní množstva a chemizmu zrážok na Babej hore v lokalite Šťaviny v nadmorskej výške 1313 m n. m. (zapojený lesný porast) a 1320 m n. m. (voľná plocha) (ŠKVARENINA, VORČÁK) za obdobie od 14.06.2001 do 14.06.2002 bolo namerané 2372 mm zrážok a za obdobie od 14.06.2002 do 1.12.2002 – 1413 mm. Sú to rekordné množstvá aj v celoslovenskom merítku. Smrekové semeno má tak možnosť klíčenia na rozloženom moderovom dreve v tzv. **klíčnom lôžku** (nem. Keimbett, WOLFGANG & MAI (1999)), kde má najlepšie mikroklimatické, vlhkostné a svetlostné podmienky. Semenáčiky využívajú na moderovom dreve aj vyššie postavenie nad povrchom terénu, čím sa dostávajú z dosahu konkurencie vysokých bylín. Klíčenie a rast semenáčika prebieha spôsobom podobným **hydropónii**. Vzhľadom na chemizmus zrážok je zabezpečená aj dostatočná výživa (dostatok živín je v rozkladajúcom sa moderovom dreve, kde je prítomnosť aj veľmi potrebných mykorrhizných húb). Obrázok o chemizme zrážok, ktoré majú pre obnovu **hnojivý účinok** uvádzame v tabuľke 29 (kapitola 5.5.5.).



Obrázok č. 116 Aj za relatívne „nehodných“ podmienok dokáže smrek rásť na moderovom dreve



Obrázok č. 117 A, B -typický obraz obnovy na ležanine a pni v masíve Babej hory (KRUMP & KNAP 2002)

Dostatok generatívneho materiálu (semena) nie je vždy jednoduchá záležitosť. V lesoch supramontánného stupňa nie je výskyt semenných rokov pravidelný. S rastom nadmorskej výšky sa znižuje fruktifikácia smreka a tiež klíčivosť semena. Aj napriek uvedeným skutočnostiam sa na výskumnej ploche č. 2 v prvej výškovej kategórii v štádiu rozpadu nachádzalo 66 000 ks/ha jedincov obnovy do výšky 1.30 m. Na Poľskej strane Babej hory zistil HOLEKSA (1998), že po semennom roku 1992, bolo v roku 1993 až 469 300 semenáčikov na hektár.

Pre prirodzenú obnovu na Babej hore existujú dve hranice – zlomové body, kde sa výrazne mení intenzita obnovy. Prvá hranica leží v pásme okolo 1260 – 1300 m n. m., druhá je vo výške okolo 1400 – 1460 m n. m., kedy prechádza generatívna obnova smreka na vegetatívnu.

Obnova na kopčekoch po vývratoch (koreňových koláčoch)

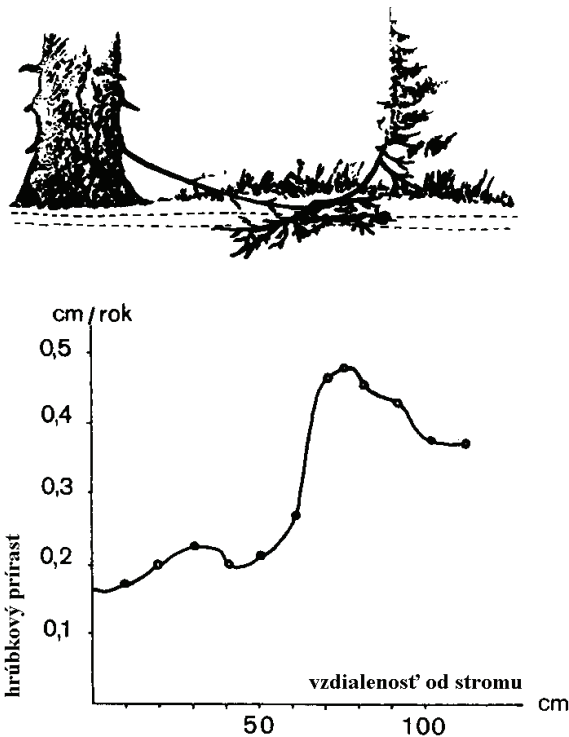
Vo výškovej kategórii 1260 – 1360 m n. m. (druhá výšková kategória) sa objavila obnova na kopčekoch po vývratoch v rozsahu až 6%. Semenáčiky na vyvýšených kopčekoch sa taktiež dostávajú z dosahu vysokých bylín, majú zabezpečený dostatok svetla a získavajú vhodné mikroklimatické podmienky – dostávajú sa z prízemnej mrazovej vrstvy. Majú podobné podmienky ako na moderovom dreve s tým rozdielom, že podkladom je pôda.



Obrázok č. 118 Obnova smreka na vyvýšených kopčekoch po vyvrátených stromoch (KRUMP & KNAP 2002)

Vegetatívna obnova smreka na hornej hranici supramontánneho stupňa a v subalpínskom stupni Babej hory

S vegetatívnym rozmnožovaním sa u smreka stretávame častejšie ako u iných drevín. Úvodom chceme poznamenať, že vegetatívne rozmnožovanie nemá v dynamike populácie smreka veľký význam. Význam však nadobúda na hornej a severnej hranici lesa, kde rozhoduje o trvalosti celej populácie. Vegetatívne rozmnožovanie na hornej hranici supramontánneho stupňa a v subalpínskom stupni je jedným z hlavných mechanizmov formovania bioskupín. Základom tohto mechanizmu sú prirodzené odnože (layering), čiže zakorenené dolné vetvy smreka, ktoré sa dotýkajú zeme. Tieto vetvy bývajú často pritláčané k zemi snehom a zakryté opadom ihličia. Po vzniku sekundárneho koreňového systému sa vetva vzpriamuje a začína mať vzhľad samostatného jedinca. V závislosti od stupňa rozvoja a vyspelosti koreňového systému sa nový jedinec viac alebo menej osamostatňuje od materského jedinca.



Obrázok č. 119 Vegetatívne rozmnožovanie smreka na hornej hranici lesa (LOKVENC 1959/60) a húbkový prírast odnože v závislosti od vzdialenosti od materského jedinca



Obrázok č. 120 Detail bioskupiny smreka na hornej hranici lesa na Babej hore vzniknutej vegetatívnou obnovou

Proces osamostatňovania nového jedinca od materského je u smreka dosť rýchly. Všeobecne je známe, že hrúbkový prírastok za miestom zakorenenia je väčší ako pred ním. Postupne sa hrúbkový prírastok odnože pred zakorenением znižuje a nakoniec zaniká, čím sa nový jedinec úplne osamostatňuje. Niekedy môže nastať neskoršie prerastenie koreňov s ich zrastením. Vegetatívnym množením z jedného alebo viacerých materských stromov vzniká bioskupina (rodinné smreký, KORPEL 1989), ktorá môže nakoniec mať niekoľko desiatok jedincov (obrázok 120).



Obrázok č. 121 Celkový pohľad na vývojový cyklus bioskupín (pulzujúca obnova)

Zistením veku materských jedincov a jedincov prvého rádu v blízkosti výskumnej plochy 34 (nadmorská výška 1466 m n. m.) sme vypočítali nasledovné skutočnosti: vek materských jedincov v bioskupine – 116, 159 rokov; vek jedincov prvého rádu 51, 76, 84 rokov. Vekový rozdiel medzi materským jedincom a jedincami prvého rádu bol v rozpätí 32 – 65 rokov. Vek dominantného smreka na ploche 34 bol 146 rokov. Dá sa usudzovať, že materské stromy sa dožívajú veku do 200 rokov (na žiadnej výskumnej ploche v nadmorskej výške nad 1460 m n. m. nedosiahli dominantné smreký uvedenú vekovú hranicu, max. 168 rokov).

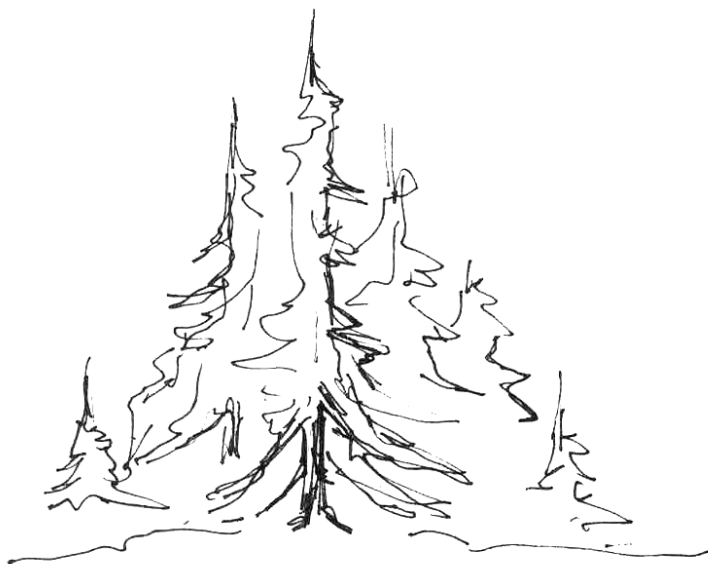
Vegetatívne rozmnožovanie umožňuje prežitie populácie smreka v krajných ekologických podmienkach, kde generatívna obnova takmer zaniká, ako napr. na Babej hore v štvrtej výškovej kategórii, teda v nadmorskej výške nad 1460 m n. m. (583 ks/ha jedincov obnovy oproti 24 200 ks/ha v prvej výškovej kategórii – výška do 1260 m n. m.).

Veľmi zaujímavý sa javí spôsob zväčšovania a rozširovania bioskupín – vývojový cyklus (expanzia lesa na hornej hranici), ktorý sme zistili na Babej hore. Zväčšovanie a rozširovanie bioskupín (aj ich zánik) – vývojový cyklus sa deje formou tzv. *pulzujúcej obnovy*.

Na nasledovných obrázkoch 123 – 126 (originál kresba KRUMP 2002) je znázornený princíp pulzujúcej obnovy na hornej hranici supramontánneho stupňa a v subalpínskom stupni Babej hory.



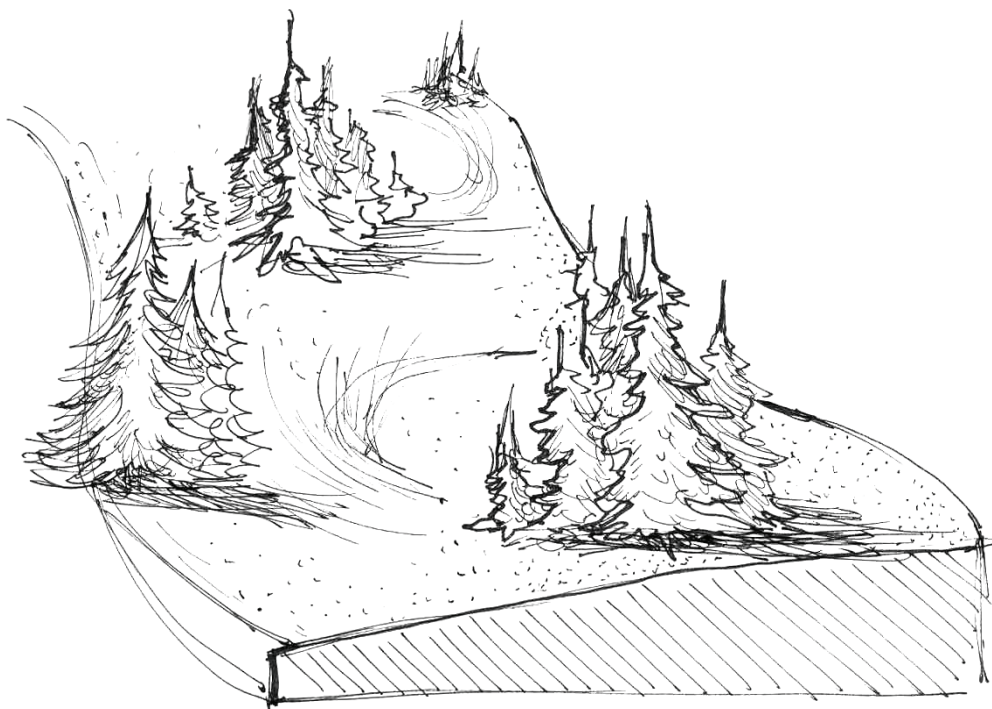
Obrázok č. 123 Bioskupina sa rozširuje smerom von od materského stromu. Počet jedincov prvého rádu závisí od počtu vetiev, ktoré sa mali možnosť zakoreniť. Ďalšou možnosťou rozširovania je z vetiev jedinec prvého rádu vyvráteného námrazou, z ktorých po dotyku so zemou vyrastajú nové jedince



Obrázok č. 124 Bioskupina sa zahusťuje pri materskom jedincovi, jedince prvého rádu výškovo dorastajú materského jedinca, jedince ďalších rádoov rozširujú a zväčšujú bioskupinu ďalej von od stredu. Jednotlivé stromy majú v bioskupine vhodnejšie mikroklimatické podmienky ako samostatné stojace jedince



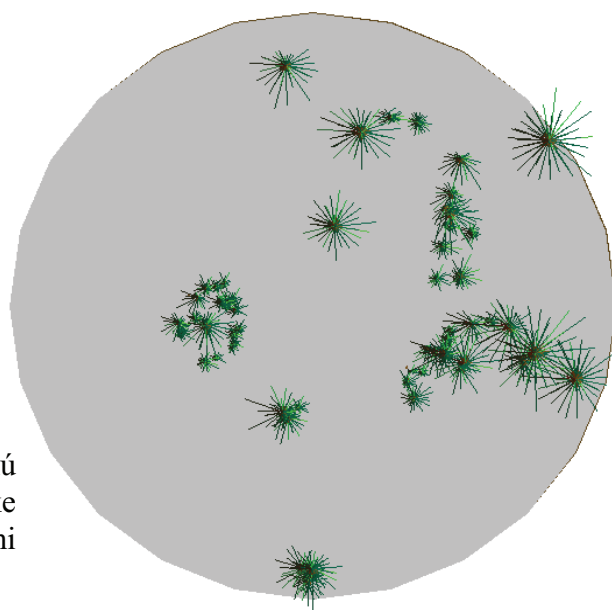
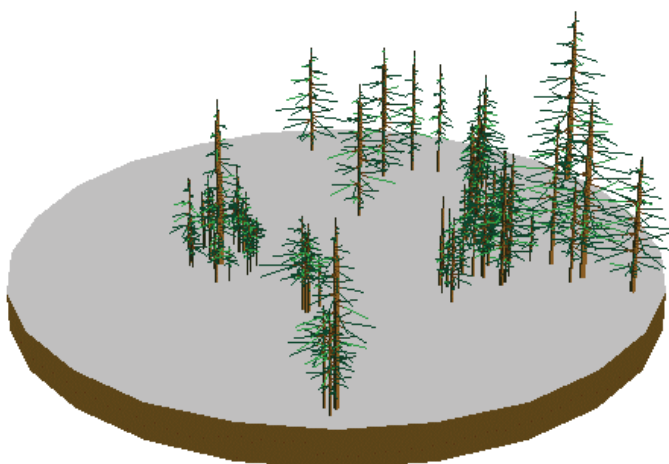
Obrázok č. 125 Po odumretí materského (materských) jedinca sa obnova vracia opäť do uvoľneného priestoru, t.j. do stredu bioskupiny, odtiaľ názov pulzujúca obnova. Okrajové jedince pokračujú v obsadzovaní voľného priestoru smerom von, môžu sa odtrhnúť a vytvoriť samostatné bioskupiny. Tento proces závisí od odumierania alebo poškodzovania jedincov v bioskupine



Obrázok č. 126 Priestorová štruktúra lesa tvoreného bioskupinami. Medzery medzi bioskupinami často vyplní na Babej hore *Juniperus communis* ssp. *nanna* a *Pinus mugo*



Obrázok č. 127 Bioskupiny smreka s borievkou nízkou *Juniperus communis* ssp. *nanna* a kosodrevinou *Pinus mugo*

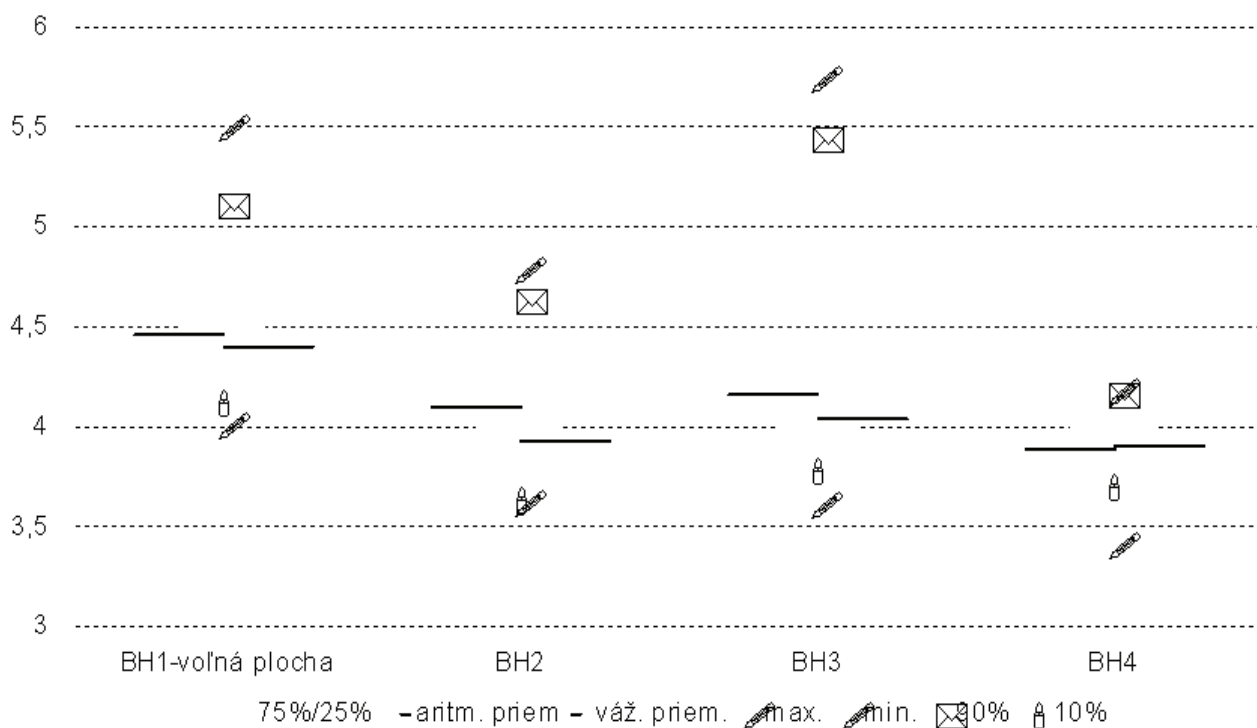


Obrázok č. 128 Priestorový pohľad na výskumnú plochu 35 v nadmorskej výške 1488 m n. m. s bioskupinami smreka a jej pôdorys

5.5.5. ROZBOR CHEMIZMU ZRÁŽOK V LOKALITE BABIA HORA

V prvej časti práce sa venujeme výsledkom intenzívneho monitoringu kvality zrážkových vôd. V ďalšej časti prezentujeme výsledky modelovania zistených poznatkov prostriedkami GIS v priestorovom rozmere pri určitej miere zovšeobecnenia a schematizácie.

Väčšina sledovaných zrážok vykazovala pomerne vysokú aciditu. Najvyššiu hodnotu vykazujú vzorky získané z porastovej medzery (BH2), čo je spôsobené zvlášť vysokou akumuláciou zakysľujúcich látok v korunách a následným stekaním silných koncentrátov po korune. Výrazný rozdiel nameraných hodnôt pH môžeme sledovať medzi vertikálnymi zrážkami voľnej plochy a podkorunovými zrážkami, ktoré sa v hodnote pH tiež navzájom líšia podľa stupňa zápoja ako miery hustoty porastu i veku, z ktorého sa odvíja veľkosť, teda záchytná plocha korún. Z výsledkov vidíme, že v horských polohách Babej hory sa na markantných rozdieloch v kyslosti podkorunových zrážok v porovnaní s plochou mimo lesa podieľa vysoký vstup acidifikujúcich zložiek formou horizontálnych zrážok z hmly a námrazy. Vyhodnotením ročného chodu pH sme zistili v celku málo významný trend nárastu acidity v zimnom období, resp. v neskorej jari. Táto tendencia sa prejavila u zrážok na voľnej ploche aj v poraste. Najvyšší vstup H^+ sme zaznamenali na ploche BH2 ($2.102\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), ďalej na ploche BH4 ($1.735\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$), BH3 ($1.597\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) a najnižší vstup na voľnej ploche BH1 – vp ($0.552\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Z hľadiska zakysľovania prostredia je dôležité aj množstvo padnutých zrážok, nielen hodnota pH. Depozičný limit podľa EHK – UN ECE 1993 je pre lesné ekosystémy KZ – $0.6\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Na sledovanej lokalite došlo k jeho prekročeniu v prípade všetkých plôch v lese (s výnimkou voľnej plochy) (obrázok 129, tabuľka 29).



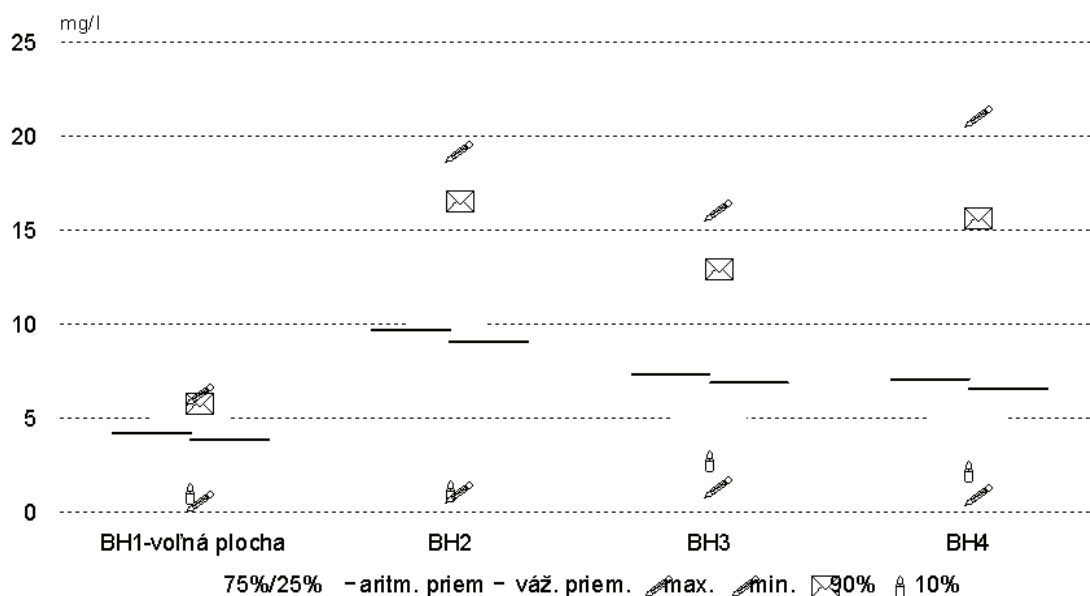
pH

Obrázok č. 129 Zobrazenie základných štatistických hodnôt pH v zobrazení box-plot

Tabuľka č. 29 Depozícia elementov vertikálnymi zrážkami BH1-vp a podkorunovými zrážkami BH2 – BH4

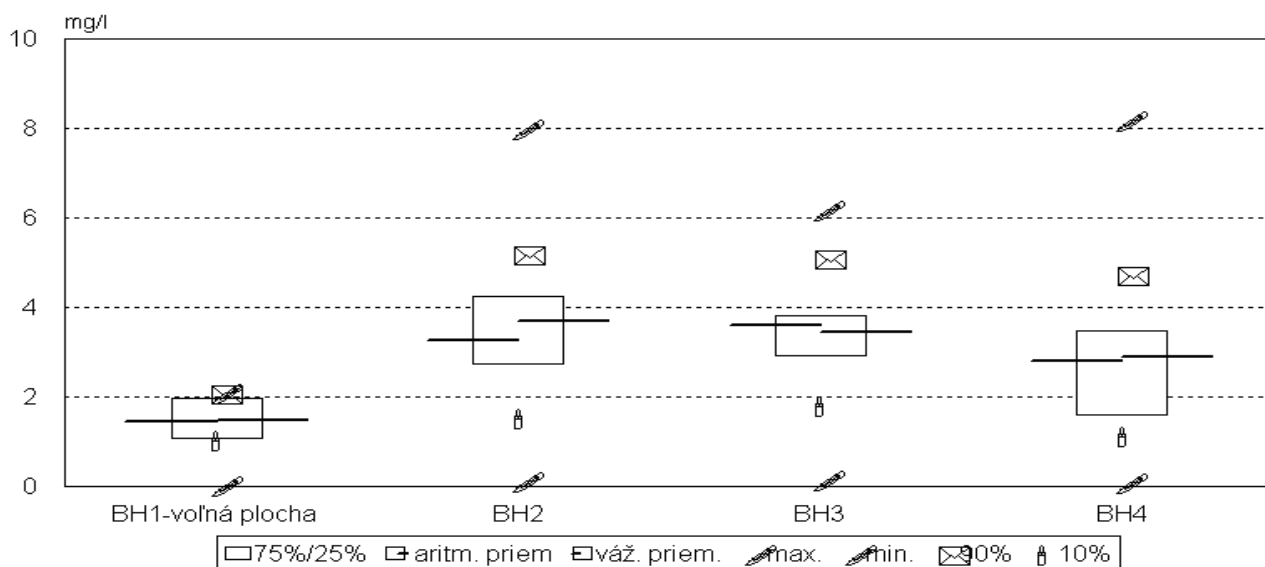
Element	<i>S-SO₄</i>	<i>N-NO₃</i>	<i>N-NH₄</i>	<i>N celk.</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>H</i>
	kg/ha/rok								
BH1-vp	22.49	5.25	10.29	15..54	10.2	6.09	1.39	3.52	0.55
BH2	84.89	19.28	29.24	48.52	41.19	16.56	44.59	8.42	2.10
BH3	57.00	19.02	26.04	45.06	45.98	13.27	37.82	9.10	1.60
BH4	32.00	8.53	13.42	21.95	22.03	6.12	11.04	5.99	1.74

Na lokalite Babia hora nebol ekologický limit koncentrácie síranov pre lesné ekosystémy, ktorý je podľa EHK stanovený na 14.42mg.l^{-1} , za skúmané obdobie prekročený. Nepriaznivý stav sme zistili pri hodnotení maximálnych hodnôt, kde okrem voľnej plochy, ktorá vykazovala maximum 6.40mg.l^{-1} , boli ostatné nad hranicou ekologického limitu (BH2 – 19.30mg.l^{-1} , BH3 – 16.20mg.l^{-1} , BH4 – 21.20mg.l^{-1}). Zo zistených údajov je tiež zrejmé, že z pomedzi plôch BH1 – VP, BH2, BH3 a BH4 zaznamenávame vyššie vstupy síry v podkorunových zrážkach a to pri podkorunovom odkvape (BH2) $84.89\text{kgS.ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$. V porovnaní s kolektorom umiestneným na voľnej ploche (BH1 – VP) $22.49\text{kgS.ha}^{-1}\text{rok}^{-1}$ je táto hodnota až 3.8-krát vyššia. V dôsledku vzájomného kontaktu korún lesných drevín a zrážok dochádza k rozpúšťaniu síratých aerosólových látok (suchá a skrytá horizontálna depozícia), resp. k vylúhovaniu látok z povrchových vrstiev lesného porastu a následne k možným chemickým reakciám v kvapalnej fáze. Ďalším procesom nepriamo ovplyvňujúcim chemizmus zrážok je intercepčný výpar, následkom ktorého dochádza k evaporácii vody v priestore lesného porastu a tým nepriamo k zvyšovaniu koncentrácií látok v zrážkovej vode. V tejto fáze dochádza tiež k "spojeniu" vertikálnych a horizontálnych zrážok, ktoré sa tak dostávajú na rovnakú bázu vo forme podkorunových zrážok a stoku po kmeni. UN ECE (1993) uvádza pre oblasť horských prírodných ihličnatých lesov limitnú hodnotu $\text{KZ } 10\text{kgS.h}^{-1}\text{rok}^{-1}$. Zistené vstupy síry na všetkých skúmaných plochách tento limit výrazne prekračujú. Tu sa stretávame s javom, kedy sú koncentrácie elementov nižšie než prípustné limity, ale ich celková depozícia vďaka vysokému zrážkovému úhrnu tieto výrazne prekračuje. Nízka koncentrácia, ale vysoký úhrn môžu teda v konečnom dôsledku znamenať prekročenie prípustných depozičných limit (obrázok 130, tabuľka 29).

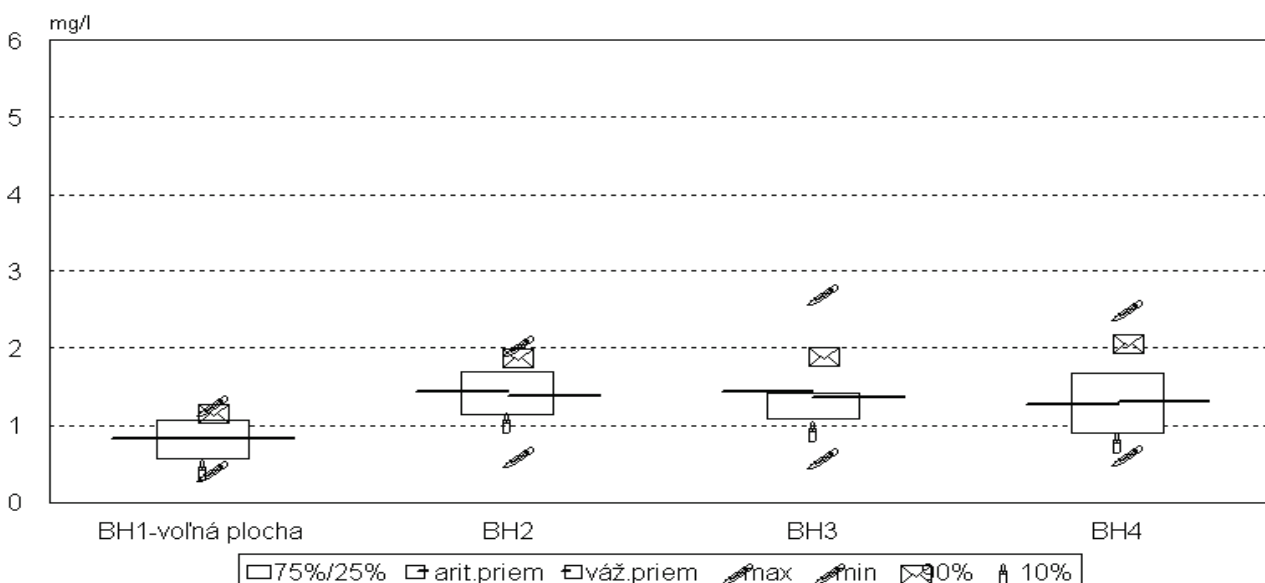


Obrázok č. 130 Zobrazenie základných štatistických charakteristík síranov

Koncentrácie NO_3^- a NH_4^+ sa na sledovanom území pohybujú v rozmedzí 0.03 – 8.20 mg.l^{-1} . Najvyššiu priemernú koncentráciu dosahujú zrážky podkorunového odkvapu (3.69 mg.l^{-1}), čo je 2.5-krát viac než na voľnej ploche (1.49 mg.l^{-1}). Pri sledovaní druhej formy dusíka, koncentrácie NH_4^+ , sme zistili zhodné hodnoty koncentrácie amóniových kationtov v mladine a pri podkorunovom odkvape (1.37 mg.l^{-1}). Taktiež na voľnej ploche (0.83 mg.l^{-1}) ako aj v porastovej medzere (1.31 mg.l^{-1}) sú koncentrácie na nízkej úrovni a neprekračujú limit stanovený UN ECE 1993 (5.4 mg.l^{-1}). Hodnoty koncentrácií oboch foriem dusíka sme prepočítali na depozíciu a ich súčtom sme získali celkovú depozíciu dusíka. Tá na voľnej ploche BH1 dosahuje hodnotu 15.54 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, na ploche BH2 48.52 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, BH3 45.06 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ a pri ploche BH4 21.95 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Podľa údajov EHK, UN ECE je pre alpske ekosystémy a horské spoločenstvá s kosodrevinou stanovená KZ pre depozíciu dusíka 10 $\text{kgN.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, z čoho vyplýva, že na všetkých nami analyzovaných miestach odberu došlo k niekoľko násobnému prekročeniu stanoveného limitu. Opäť sme tak svedkami situácie, kedy sú koncentrácie elementov sú nižšie než stanovené limity, ale vďaka vysokému zrážkovému úhrnu ich celková depozícia výrazne prekračuje.



Obrázok č. 131 Zobrazenie štatistických charakteristík koncentrácií dusičnanov



Obrázok č. 132 Zobrazenie štatistických charakteristík koncentrácií amoniového kationtu

Na sledovaných plochách sme zaregistrovali značné obohatenie koncentrácií bázických kationov v porastových zrážkach v porovnaní s voľnou plochou. Tento jav poukazuje na skutočnosť, že silne acidifikovaná zrážková voda spôsobuje rozrušovanie povrchu asimilačných orgánov a následné vylúhovanie báz do roztoku. Pri podkorunových zrážkach zaznamenávame najvyššiu koncentráciu draslíka v porovnaní s voľnou plochou pri podkorunovom odkvape BH2 (K^+ 1.60mg.l⁻¹). Na lokalite umiestenej v porastovej medzere (K^+ 0.93mg.l⁻¹) a mladine (K^+ 1.31mg.l⁻¹), bola zistená koncentrácie K^+ mierne nižšia. Nárast koncentrácií Ca^{2+} a K^+ v podkorunových zrážkach naznačuje, že pôvod týchto bázických kationov je v biomase, ktorá po styku s agresívnymi kyslými zrážkami kationy Ca^{2+} a K^+ intenzívne uvoľňuje.

U hodnotenia koncentrácií horčička vidíme, že ich hodnoty sú na nižších úrovniach v porovnaní s ostatnými bázickými kationmi na lokalite Babia hora. Aj tu je však zrejmy nárast koncentrácie kationov Mg^{2+} smerom od voľnej plochy (Mg^{2+} 0.32mg.l⁻¹) cez plochu umiestenú v medzere (Mg^{2+} 0.53mg.l⁻¹) až k podkorunovému odkvapu (Mg^{2+} 0.59mg.l⁻¹). Podobne ako v koncentracii v lokalite Kotlina pod Babou Horou – Šťaviny dominuje u bázických kationov depozícia K^+ a Ca^{2+} . Najvýraznejší rozdiel v ročnom vstupe vápnika sledujeme medzi voľnou plochou 10.22kgCa.ha⁻¹.rok⁻¹ a najzapojenejšou plochou v mladine 45.98kgCa.ha⁻¹.r⁻¹. V depozícii horčička je zrejmy postupný rast v závislosti od miesta odberu. Voľná plocha 6.09kg.ha⁻¹.rok⁻¹ vykazuje blízke hodnoty s porastovou medzerou (6.11kg.ha⁻¹.rok⁻¹). Vyššie depozície zaznamenávame pri BH 2 (Mg 16.56kg.ha⁻¹.rok⁻¹) a BH 3 (13.27kg.ha⁻¹.rok⁻¹).

Vyššia vyrovnanosť depozícií Mg a Na než vyrovnanosť ich priemerných koncentrácií je pravdepodobne dôsledkom nepriamoúmerného vzťahu medzi v poraste zvýšenými koncentraciami elementov oproti voľnej ploche a naopak v poraste zníženou sumou zrážok v porovnaní s voľnou plochou. Tento vzťah sa nakoniec uplatňuje pri depozíciách všetkých nami analyzovaných elementov.

Záverom môžeme aj na základe tohoto časovo a priestorovo obmedzeného experimentu konštatovať, že ekologická stabilita horských smrečín je značne oslabená. Na základe množstva existujúcich teórií o príčinách tohto stavu predpokladáme, že kyslý imisný vstup zohráva v týchto degradačných procesoch významnú úlohu. Objektívnym merítkom jeho posúdenia je však len výpočet kritických limitných hodnôt pre koncentrácie a depozície látok prichádzajúcich z atmosféry do ekosystému.

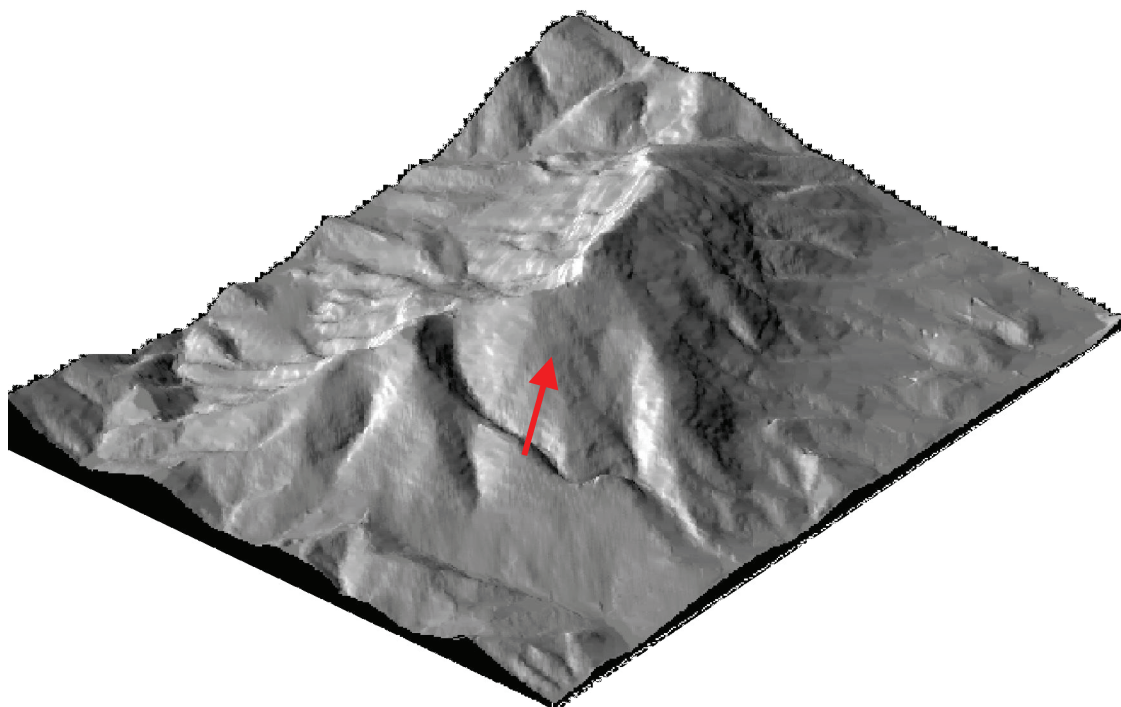
V nasledujúcej časti získané výsledky podrobíme priestorovej analýze. Aplikovaný model sme vypracovali pre potreby modelovania depozícií zakysľujúcich látok v projekte mapovania kritických záťaží (MINĎÁŠ & ŠKVARENINA 1998). Pre podmienky Babej hory sme upravili model podľa aktuálnych meraní uvedených v predchádzajúcom texte. Ďalej uvedené obrázky podávajú nasledovné informácie:

- * model terénu – na ktorý sa aplikovalo modelovanie fyzikálno-chemických parametrov (napr. zrážky, depozícia S a pod) (obrázok 133 a 134)
- * základné klimatické charakteristiky modelované podľa ich vzťahu k nadmorskej výške a reliéfu (teplota vzduchu, úhrny zrážok) a podľa ich vzťahu k teplote vzduchu (snehová pokrývka) (obrázky 135 - 137)
- * mapy depozícií síry (S) a celkového dusíka (N) (suma nitrátového a amoniakálneho dusíka) (obrázky 138 - 139)

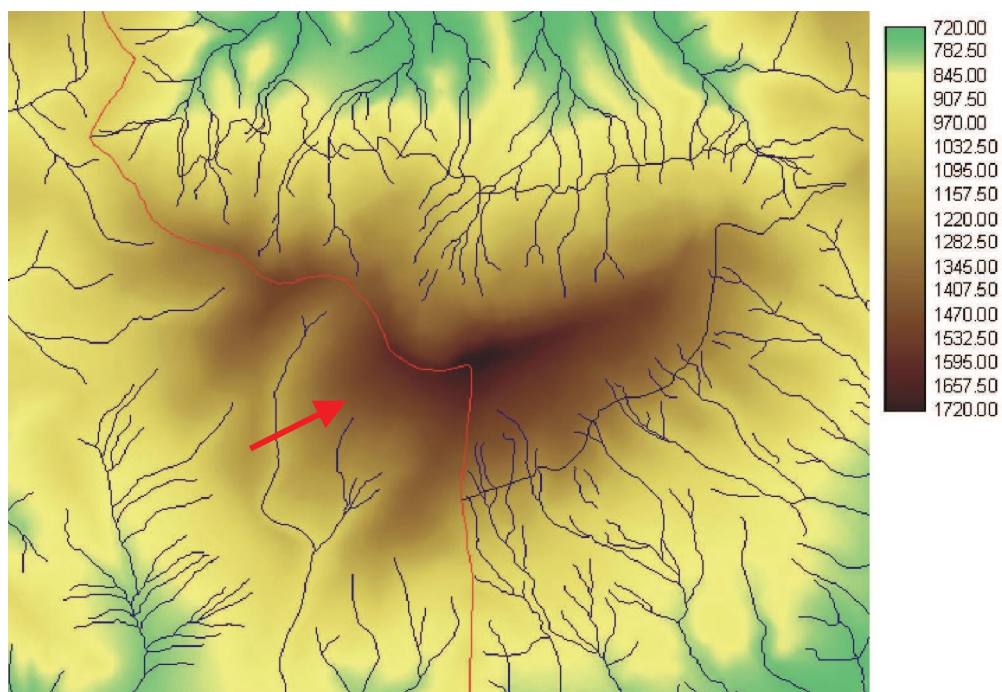
Na predmetnom území dosahujú modelované hodnoty depozícií čiastky od 30 do 100kg síry na hektár za rok. Ak porovnáme údaje merané a modelované zistíme, že model mierne nadhodnocuje depozíciu S na voľnej ploche (20 %), ale depozíciu podkorunovými zrážkami ráta pomerne presne (napr. merania 85, model 89kgS). Z obrázka 138 vidíme, že maximálne vstupy síry na sledovanom území sa dosahujú v oblasti hornej hranice supramontánneho lesa. Vyššie v subalpínskom kosodrevinovom stupni depozícia značne klesá. Príčinu vidíme v pomerne nízkej vyčesávacej schopnosti (z hľadiska imisii) kosodrevinových a alpínskych spoločenstiev v porovnaní so smrečínami. Predovšetkým v zimnom období, kedy sú porasty kosodreviny pod ochranu snehovej pokrývky (obrázok 137), nedochádza k intercepcii horizontálnych zrážok na povrchu

kosodreviny, zatiaľ čo smrekové porasty sú vzhľadom na ich výšku a obrovský aktívny povrch účinným filtrom vzduchových systémov.

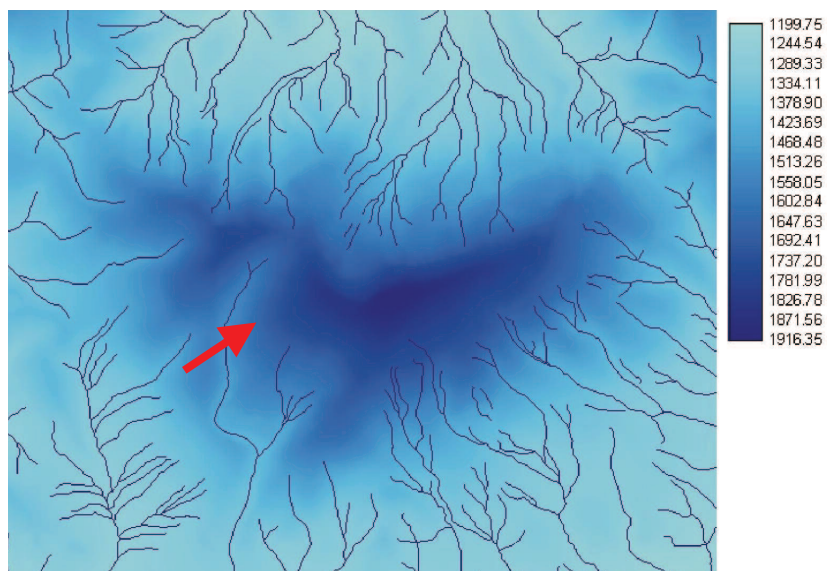
Celková depozícia dusíka (obrázok 139) sa pohybuje v intervale 15-60kg dusíka na hektár ročne. Má obdobný priebeh ako síra. V depozícii dusíka má vyšší podiel depozícia dusíka amoniakálneho než dusičnanového.



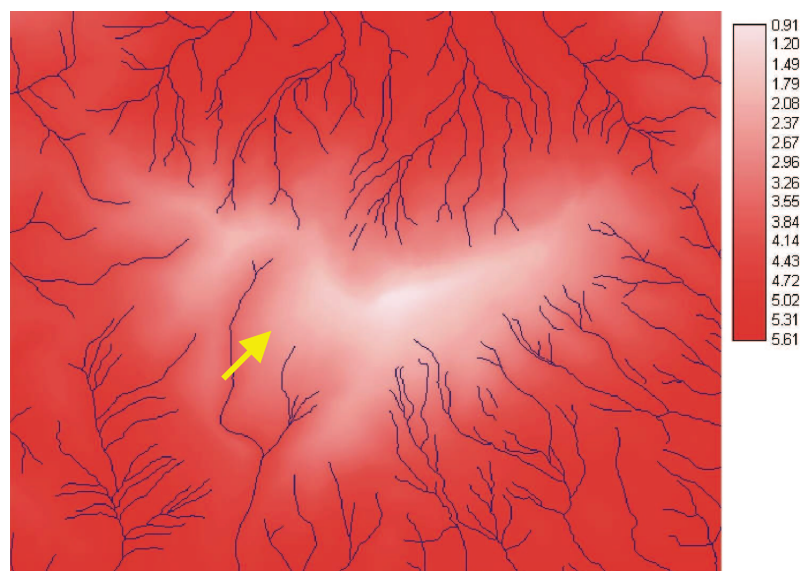
Obrázok č. 133 Model terénu aplikovaný na modelovanie fyzikálno-chemických procesov



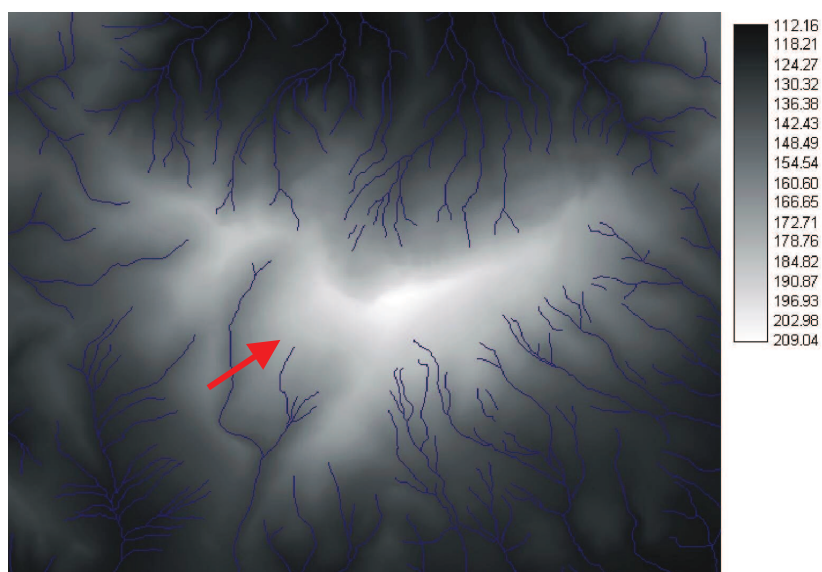
Obrázok č. 134 Výškopis, riečna sieť a hranica Slovenskej republiky s Poľskom



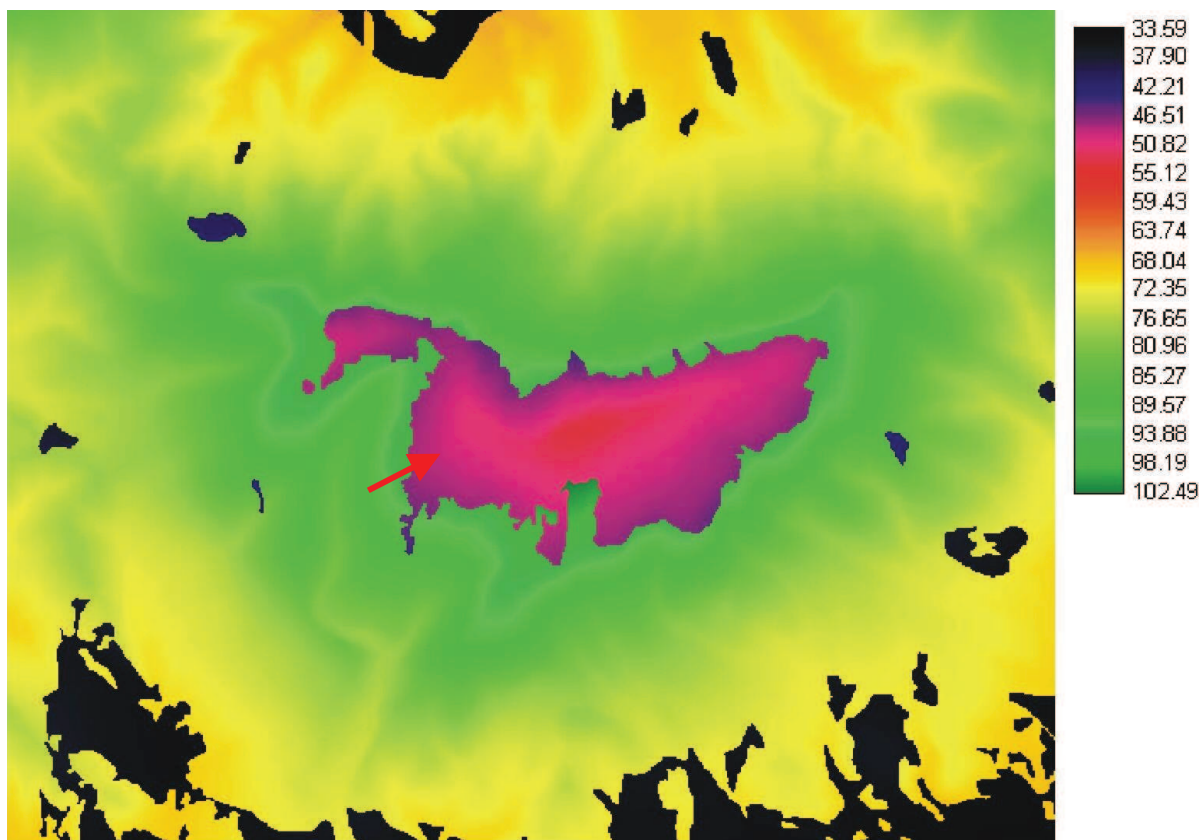
Obrázok č. 135 Priemerné ročné úhrny zrážok v mm



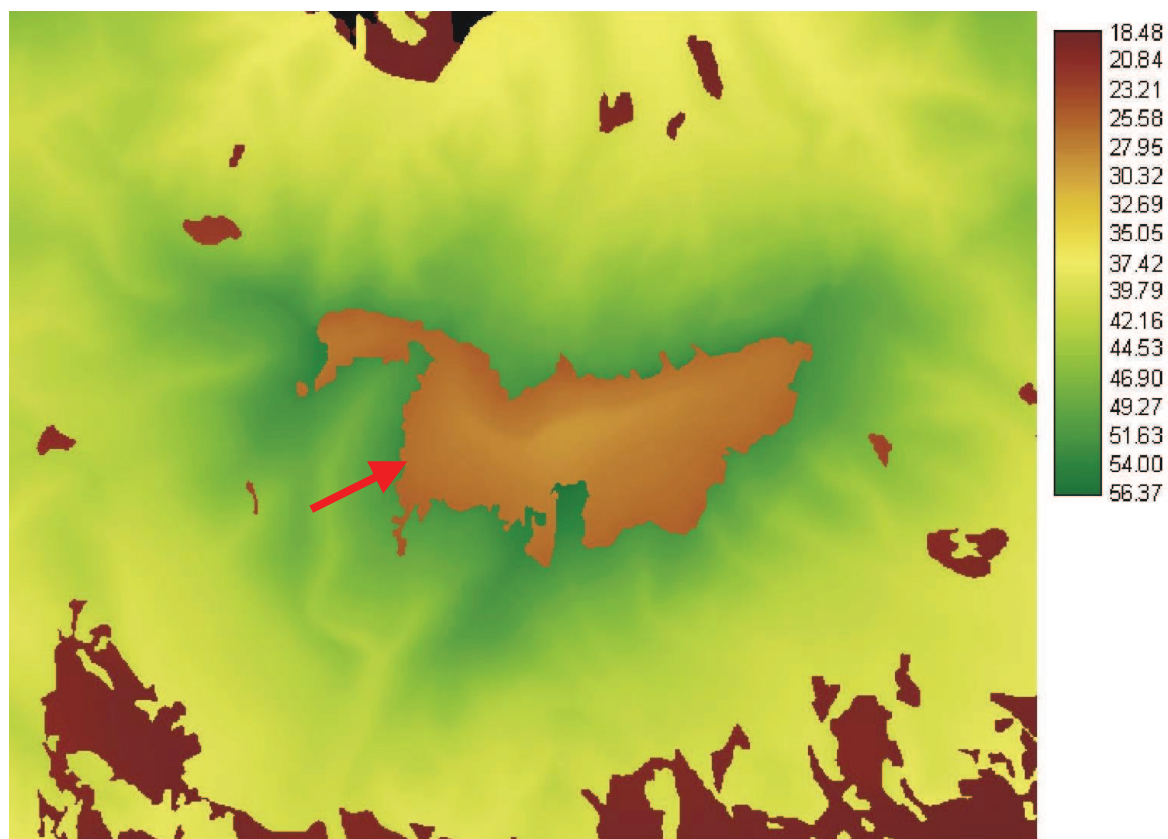
Obrázok č. 136 Priemerná ročná teplota vzduchu [°C]



Obrázok č. 137 Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou



Obrázok č. 138 Celková depozícia síry ($S-SO_4^{2-}$) [$kg \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]



Obrázok č. 139 Celková depozícia dusíka ($N-NO_3$ a $H-NH_4$) [$kg \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]

5.5.6. DENDROCHRONOLOGICKÁ A DENDROKLIMATOLOGICKÁ ANALÝZA HORSKÝCH LESOV BABEJ HORY

5.5.6.1. ZÁKLADNÁ DENDROCHRONOLOGICKÁ ANALÝZA

Pre tvorbu priemerných chronológií sa použilo 64 sérií, 4 série boli vylúčené kvôli nízkej korelácii alebo nesúladu s priemerom celej skupiny. O správnosti synchronizácie hovoria aj následné charakteristiky, a to korelačný koeficient udávajúci stupeň tesnosti medzi porovnávacou bázou a empirických údajov letokruhovým diagramom. Tento sa pohyboval v rozpätí od 0.3 do 0.84. Ďalšou charakteristikou kvality synchronizácie bol intervalový trend predstavujúci zhodu priebehu dvoch letokruhových diagramov. Jeho hodnoty sa pohybovali od 54% do 79% (z maximálne možnej hodnoty 100). Populačný signál pre jednotlivé skupiny nadmorských výšok vyjadrujúci pravdepodobnosť, že diagramy pochádzajú z tej istej populácie, sa pohyboval od 0.862 do 0.932 (max. hodnota je 1.00). Podrobnejší rozbor charakteristík kvality synchronizácie je uvedený v tabuľke 30 a všeobecných dendrochronologických parametrov v tabuľke 31.

Tabuľka č. 30 Charakteristiky zhody priemerných letokruhových diagramov so vzorovými

Výšková kategória [m n. m.]	Porovnávacía báza	<i>N</i>	r_{xy}	<i>t</i>	Intervalový trend
do 1260	OR 7 (1200 m n.m.)	14	0.73	12.93	67%
1260 – 1360	OR 4 (1360 m n.m.)	16	0.40	5.13	67%
1360 – 1460	OR 6 (1430 m n.m.)	20	0.84	15.16	71%
nad 1460	OR 5 (1480 m n.m.)	14	0.29	3.03	79%

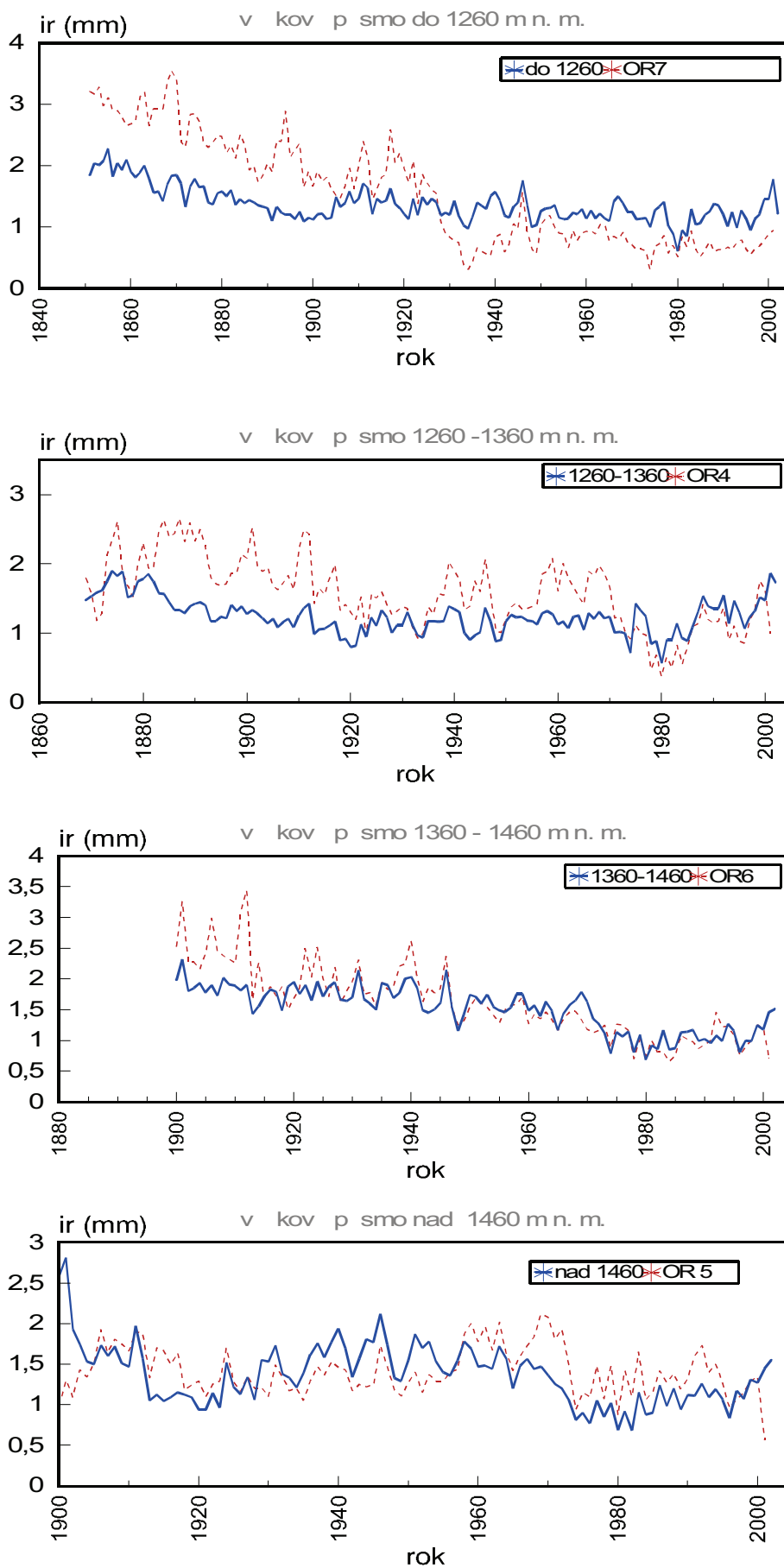
Tabuľka č. 31 Základné dendrochronologické parametre analyzovaných letokruhových diagramov podľa jednotlivých výškových pásiem

Výšková kategória [m n. m.]	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	Priemerný r_{xy}	Priemerný interval. trend	Pomer signál/šum	Populačný signál
do 1260	14	98	276	0.380	58%	6.223	0.862
1260 – 1360	16	28	250	0.365	57%	9.201	0.902
1360 – 1460	20	24	221	0.406	62%	13.695	0.932
nad 1260	14	36	156	0.408	60%	10.356	0.912

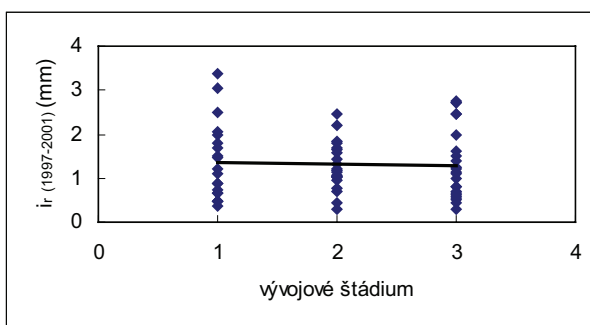
Zhodu synchronizovaných diagramov možno opticky posúdiť aj z obrázku 140, na ktorom sú zachytené empirické priemerné letokruhovú diagramy a porovnávacie bázy pre jednotlivé pásma nadmorských výšok.

5.5.6.2. ZÁVISLOSŤ RADIÁLNEHO PRÍRASTKU OD ŠTRUKTÚRY PORASTU

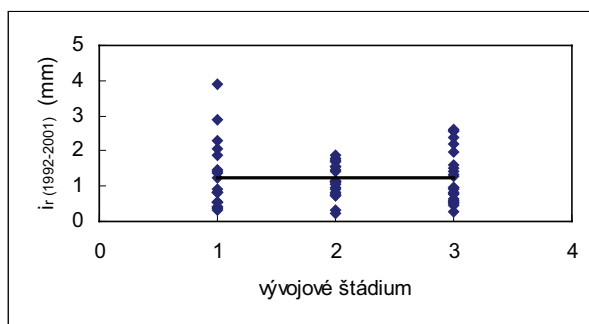
Možnosť uplatniť letokruhovú analýzu pre riešenie vedeckých problémov v rôznych oblastiach vied je veľká a ustavične sa zväčšuje vďaka vysokej presnosti týchto metód a dlhovekosti drevín. Najviac sa uplatňuje pri rekonštrukciách predošlých klimatických podmienok, na určenie cykličnosti prírodných javov a na datovanie archeologických a skamenených drevín. V poslednej dobe sa čoraz viac začína uplatňovať pri indikáciách rôznych prírodných javov a pri riešení ekologických problémov. V našom prípade sa jednalo o využitie poznatkov o radiálnom raste stromov pri posudzovaní vývojového štádia horského prírodného lesa. Výsledky tejto analýzy zachytáva obrázok 141 a 142.



Obrázok č. 140 Priemerné empirické a vzorové letokruhové diagramy pre jednotlivé pásma nadmorskej výšky



Obrázok č. 141 Priemerné hodnoty radiálneho prírastku za obdobie posledných 5-tich rokov



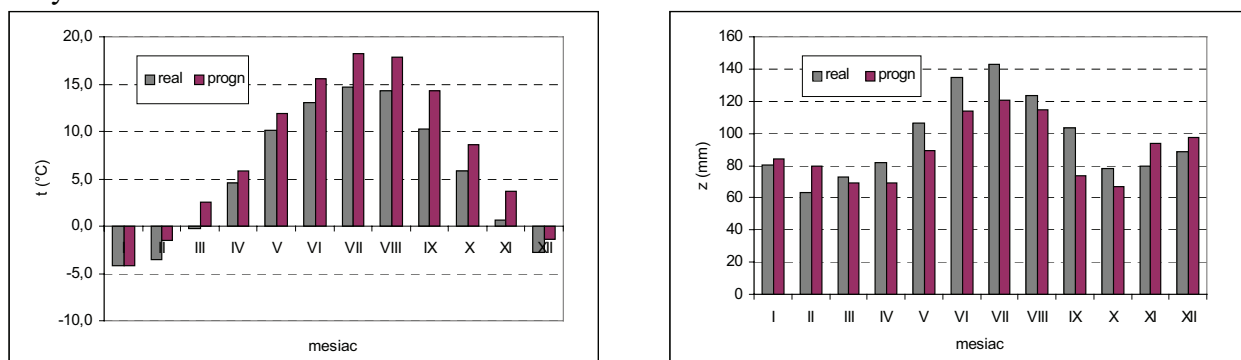
Obrázok č. 142 Priemerné hodnoty radiálneho prírastku za obdobie posledných 10-tich rokov

Je možno konštatovať, že priame porovnanie hodnôt prírastku podľa jednotlivých štádií vývoja prírodného lesa neumožňuje využiť prírastok ako znak, ktorý diferencuje jednotlivé vývojové štádiá. Je to preto, lebo prírastok je ovplyvňovaný ďalšími faktormi, ktoré vplyv vývojového štádia prekryjú (predovšetkým korunové parametre, mikrobionita a konkurenčná situácia). Tento poznatok platí nielen pre 5, ale aj 10-ročný prírastok.

Ako lepší diferenciačný znak sa javí variabilita prírastku, ktorá je výrazne rozdielna podľa jednotlivých štádií. Najväčšia je v štádiu dorastania, potom nasleduje štádium rozpadu a podľa očakávania najmenšia variabilita prírastku je v štádiu optima.

5.5.6.3 KLIMATICKÝ SCENÁR A KONŠTRUKCIA DENDROKLIMATICKÉHO MODELU

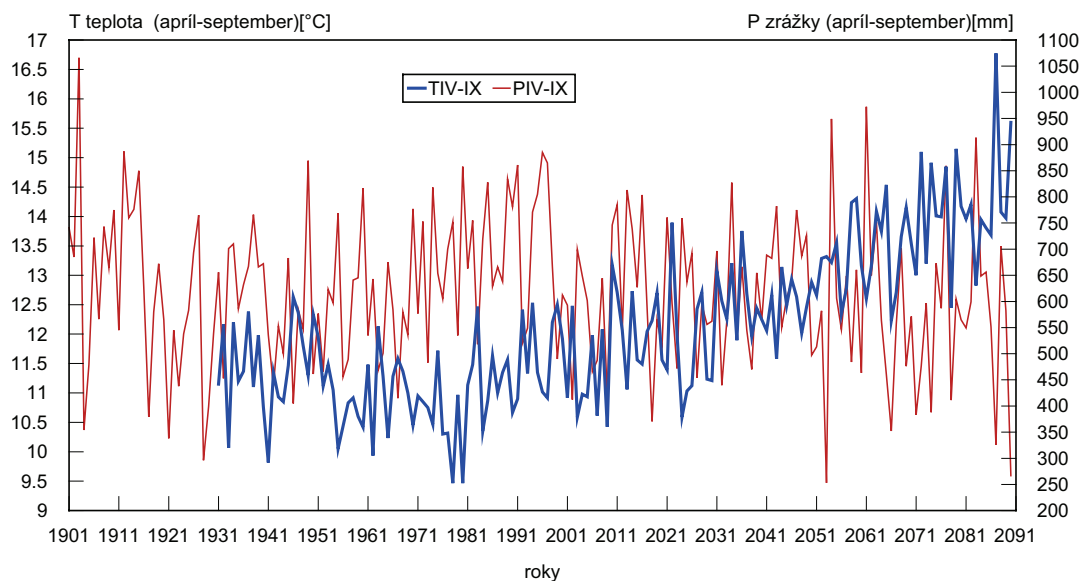
Klimatický scenár pre záujmovú oblasť predpokladá, že k rokom 2060-2090 oproti referenčnému obdobiu vzrastú priemerné teploty o 2.4 °C (vo vegetačnom období v priemere o 2.6°C), úroveň zrážok sa zníži o 7% a zmení sa aj ich distribúcia počas roka a vzrastie ich variabilita. V rámci vegetačného obdobia poklesne úroveň zrážok o 16%, badateľný je však nárast zimných zrážok.



Obrázok č. 143 Ročný priebeh súčasných a prognózovaných priemerných mesačných teplôt a mesačných úhrnov zrážok

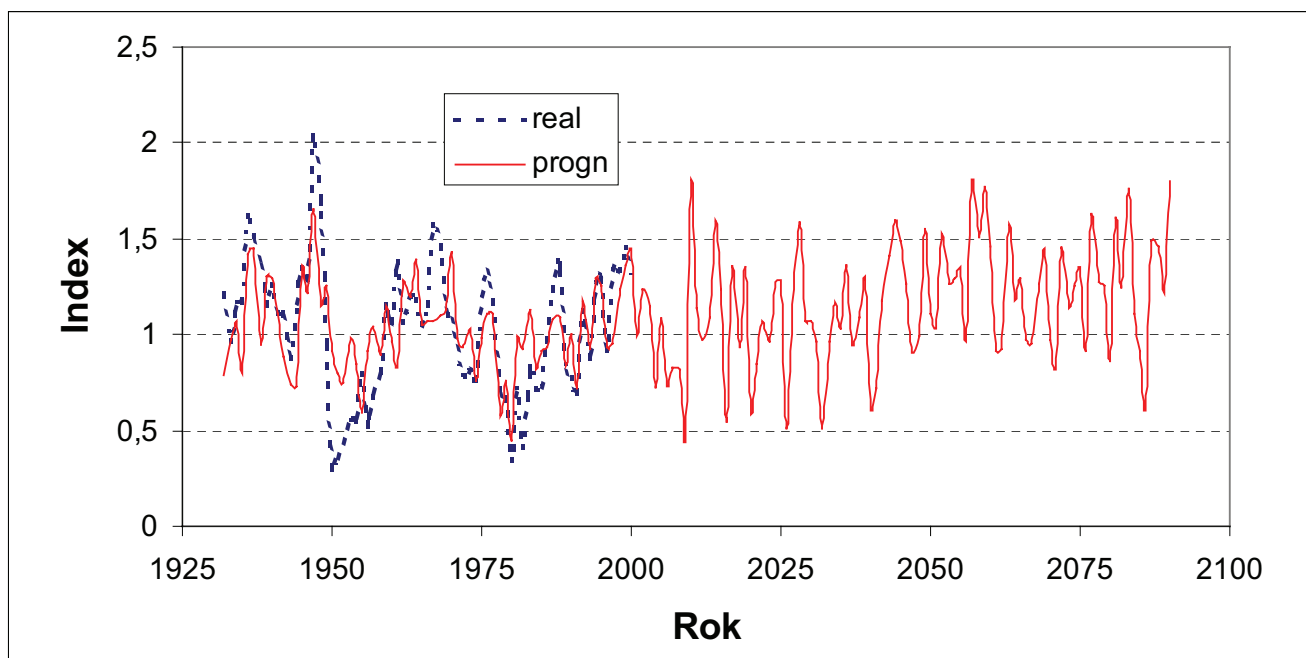
Oravská Polhora 720 m n. m.

1901-2000 (P) 1931-2000 (T) klimatické data, 2001-2090 scenár modelu CCCMprep (Lapin et. al 2001)



Obrázok č. 144 Klimatické pomery Oravskej Polhory (od 1901 zrážky, od 1931 teplota vzduchu) a teplota a zrážky do roku 2090 podľa modelu CCCM 2000 vo vegetačnom období (LAPIN *et al.* 2001)

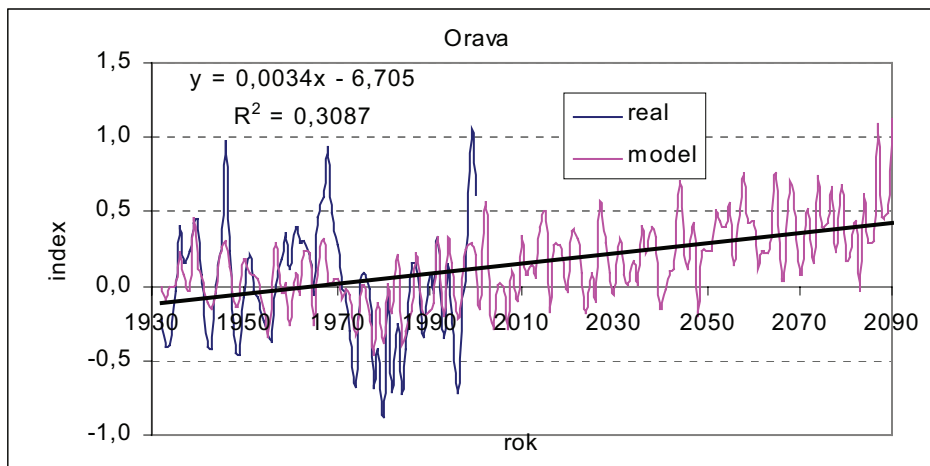
Parametrizácia dendroklimatického modelu, t.j. zistenie vektora regresných koeficientov (β_k), sa uskutočnila za obdobie rokov 1932 až 2000. Predpokladá sa, že toto obdobie je v skúmanej oblasti obdobím „bez“ vplyvu globálnych zmien atmosféry na rastový proces lesných stromov. Prognóza bola potom vykonaná na klimatický scenár vývoja mesačných teplôt a úhrnov zrážok na obdobie rokov 2001 – 2090 a to osobitne pre každý analyzovaný strom (obrázok 145).



Obrázok č. 145 Priebeh skutočného (real) a prognózovaného (progn) indexu prírastku pre jeden z analyzovaných vzorníkov

5.5.6.4. PRIEBEH PROGNOZOVANÉHO PRÍRASTKU

Na základe zostaveného dendroklimatického modelu a klimatického scenára boli pre každý strom vypočítané očakávané indexy prírastku na roky 2001 až 2090. Zo stanovených prognóz jednotlivých stromov boli potom vypočítané priemerné hodnoty prognózovaného relatívneho prírastku pre každú plochu a aj celú zúčjomovú oblasť. Táto je uvedená na obrázku 146.



Obrázok č. 146 Priebeh prognózovaného priemerného relatívneho prírastku smreka pre oblasť horských lesov Hornej Oravy

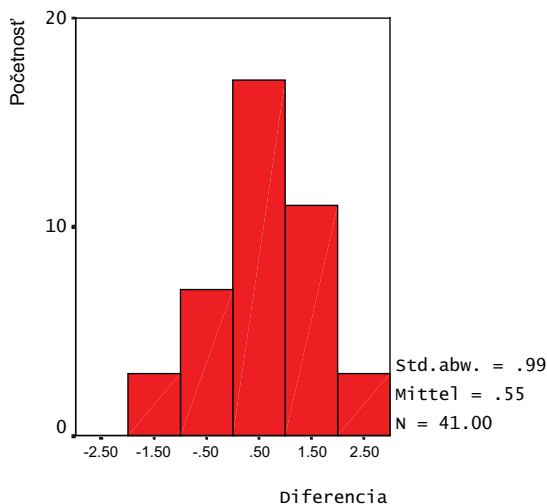
Z priebehu prognózovaných indexov prírastku vyplýva, že budúci prírastok bude mať stúpajúci trend. Tento jav sa dá vysvetliť tým, že rastúce teploty v týchto horských podmienkach posunú smrek bližšie k jeho ekologickému optimu, čo sa prejaví jeho zvýšenou intenzitou rastu.

5.5.6.5. KVANTIFIKÁCIA PRÍRASTKOVÝCH ZMIEN

Na základe prognózovaného prírastku v rokoch 2060 – 2090 (I_{prog}) a priemerného prírastku v referenčnom období rokov 1970 – 2000 (I_{ref}) sa vypočítali diferencie štandardizovaných indexov prírastku (DIF_{rel}):

$$DIF_{rel} = (I_{prog} - I_{ref})$$

Tieto diferencie predstavujú rastové reakcie stromu na predpokladané klimatické zmeny. Ich frekvenčná analýza je zachytená na obrázku 147.



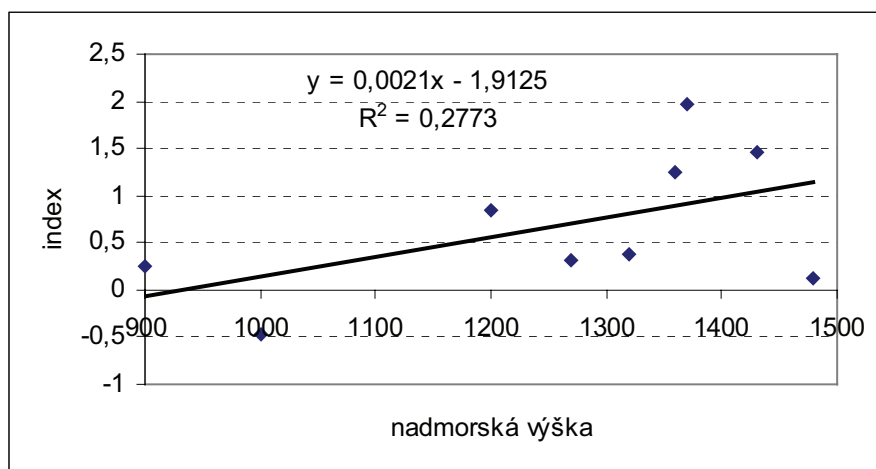
Obrázok č. 147 Frekvenčný histogram relatívnych diferencií indexov prírastku

Z tejto frekvenčnej analýzy vyplýva, že 24.4% stromov by reagovalo na predpokladané klimatické zmeny záporne, tj. znížením prírastku, a 75.6% stromov by reagovalo kladne. Z reakcií najviac prevládajú reakcie mierne kladné. Takto by reagovalo cca 41.5% všetkých skúmaných stromov. Keďže prirodzená variabilita prírastkových reakcií je v referenčnom období pri $P=0.95$ $s_x=0.44$, môžeme za signifikantné reakcie na zmenu klímy považovať reakcie nad túto prirodzenú variabilitu. Preto možno konštatovať, že signifikantne negatívne na zmenu klímy bude reagovať 14.6% stromov, reakcie 34.1% stromov možno považovať za nezmenené a 51.3% stromov by malo na predpokladané klimatické zmeny reagovať pozitívne ($P=0.95$).

Laickú verejnosť nesmie takýto výsledok ohľadom vysokej variability prírastkových reakcií prekvapiť, avšak treba si uvedomiť, že pracujeme s biologickým materiálom (lesné dreviny), ktorý rastie na rozdielnych mikroklimatických a pôdnych stanovištiach, je rôzneho genetického pôvodu, veku a zdravotného stavu. Avšak s ohľadom na lesnícku biometriu je uvedené zistenie štatisticky dostatočne zabezpečené, a preto možno zovšeobecňujúco konštatovať, že rastové reakcie smreka v oblasti horských lesov Babej Hory budú v prevažujúcej miere v podmienkach zmenenej klímy pozitívne.

5.5.6.6. ZÁVISLOSŤ PRÍRASTKOVÝCH REAKCIÍ OD NADMORSKEJ VÝŠKY

V ďalšom kroku boli analyzované prírastkové reakcie smreka v oblasti horských lesov Babej Hory v závislosti od nadmorskej výšky. Vypočítali sa priemerné indexy prírastku pre každý skúmaný strom za obdobie 2060-2090, ktoré sa následne zoskupili podľa príslušnosti k skusnej ploche. V ďalšom kroku sa pre každú plochu vypočítala priemerná hodnota, ktorá sa v rámci korelačnej analýzy použila na odvodenie závislosti prírastkových reakcií od nadmorskej výšky. Výsledky tejto analýzy prezentuje obrázok 148.



Obrázok č. 148 Závislosť prírastku v podmienkach klimatickej zmeny v závislosti od nadmorskej výšky

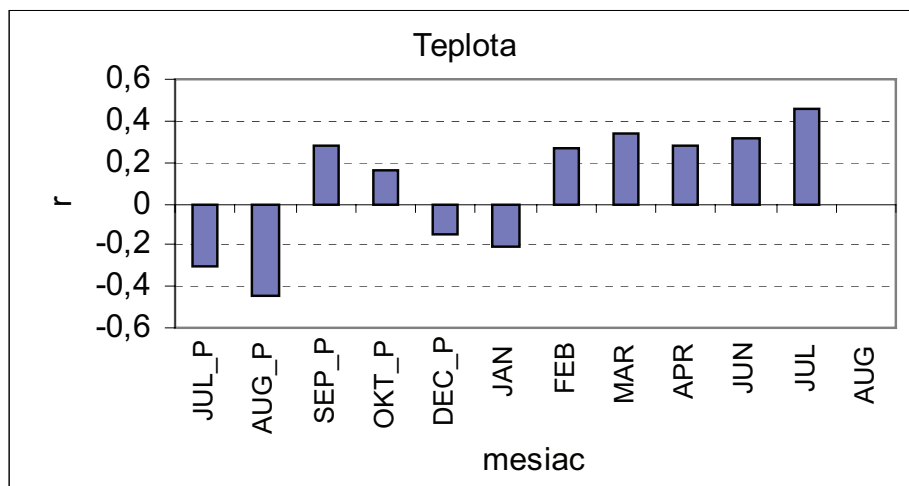
Z obrázku 148 vyplýva, že predpokladaná zmena klímy najintenzívnejšie ovplyvní porasty na hornej hranici lesa. Ak tento poznatok budeme bližšie analyzovať, zistíme, že v súčasnosti nie je limitujúcim faktorom rastu smreka v týchto polohách pôdne prostredie, ale drsnosť a nepriaznivosť klímy, predovšetkým nízke teploty. Scenár budúceho vývoja klímy posunie súčasné porasty predovšetkým v súvislosti so zvýšením teploty do lepších bioklimatických podmienok. Zrážky podľa scenára klimatickej zmeny budú mať tendenciu len minimálneho resp. žiadneho poklesu, čo však v týchto stanovištných podmienkach nebude mať pre drevinu smrek zásadnejší ekologický vplyv.

Nebolo by správne tieto poznatky vytrhnúť z celkového kontextu vplyvov zmien chemizmu atmosféry na lesy, pretože vyššie uvedené konštatovania sú vzťahované len na vplyv zmenenej

teploty vzduchu a zrážok. Negatívne pôsobiace faktory (pretrvávajúca atmosférická depozícia, zvyšovanie koncentrácie troposferického ozónu, oslabovanie ochranných vlastností atmosféry a i.) nevstupovali do dendroklimatického modelu, preto budúci vývoj hornej hranice lesa nemožno prognózovať iba na základe zmien klímy.

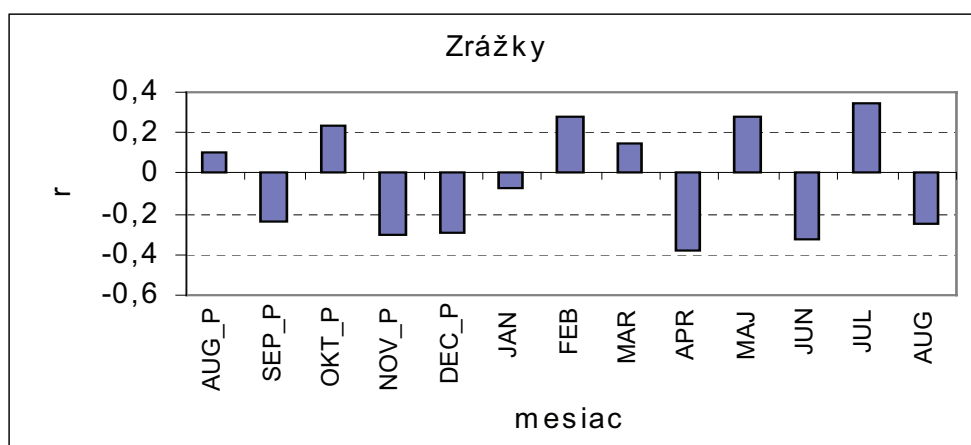
5.5.6.7. ZÁVISLOSŤ PRÍRASTKU OD KLIMATICKÝCH FAKTOROV

Vplyv jednotlivých klimatických charakteristík na prírastok bol sledovaný na základe štandardizovaných parciálnych regresných koeficientov. Na obrázku 149 a 150 sú zachytené ich priemerné hodnoty.



Obrázok č. 149 Štandardizované parciálne regresné koeficienty vplyvu mesačných teplôt na prírastok

Obrázky 149 a 150 potvrdzujú predpokladané súvislosti, že najvýraznejšie kladne bude prírastok smreka v oblasti Hornej Oravy ovplyvňovať teplota, a to predovšetkým v jarných a letných mesiacoch aktuálneho roku. Taktiež pozitívne bude na prírastok vplyvať teplota v jeseni predchádzajúceho roku. Negatívne sa na prírastku prejavujú zimné teploty a teploty neskorého leta predchádzajúceho roku. Zrážky nemajú tak výrazný vplyv na prírastok ako teploty, čo sa dá usúdiť na základe nižších hodnôt parciálnych regresných koeficientov a ich veľmi premenlivého chodu.



Obrázok č. 150 Štandardizované parciálne regresné koeficienty vplyvu mesačných úhrnov zrážok na prírastok

6. DISKUSIA A ZÁVER

Práca sa zaoberá riešením významnej problematiky súvisiacej s prijatím medzinárodných dohovorov o biologickej diverzite a Agendy 21 a čiastočne aj Natura 2000.

Objektom výskumu sú prírodné horské lesy Oravských Beskýd vyhlásené v roku 1926, resp. 1974, (KORPEL 1995) za národnú prírodnú rezerváciu Babia hora. Práca pozostáva z riešenia viacerých čiastkových úloh úzko súvisiacich s hodnotením diverzity, resp. biodiverzity. Ide o:

- * analýzu štruktúry stromových a porastových veličín ako dôležitého podkladu pre kvantifikátory druhovej a štruktúrálnej diverzity
- * zhodnotenie druhovej a štruktúrálnej diverzity
- * analýzu diverzity, štruktúry a regeneračných procesov v mladých rastových fázach stromovej zložky
- * analýzu možného vplyvu imisnej depozície na diverzitu horských lesov
- * a možnosti využitia dendrochronologických a dendroklimatických šetrení pri hodnotení diverzity lesov.

Ústredným cieľom prvých troch čiastkových úloh bolo zistiť vplyv vývojového štádia a nadmorskej výšky na druhovú a štruktúrálnu diverzitu stromovej zložky ako aj na ich regeneračné procesy.

Z riešenia uvedených čiastkových úloh vyplývajú nasledovné všeobecné závery, výsledky a poznatky:

Z prieskumu štruktúry stromových veličín vyplýva:

- * pribúdajúca nadmorská výška významne ovplyvňuje v tejto oblasti výškový rast stromov, avšak na variabilitu výšok okolo výškovej krivky nemá výrazný vplyv. Hodnoty variačných koeficientov odvodených výškových kriviek pre drevinu smrek sú o niečo väčšie resp. zodpovedajú hodnotám vyššieho stupňa rozrôznenia výšok, ktoré uvádza HALAJ (1978). V podmienkach Babej hory sa jeho hodnota pre túto drevinu pohybuje okolo 15.8%. Pri drevine jarabina zodpovedá jeho veľkosť Halajovým zisteniam.
- * z dôvodu významného vplyvu nadmorskej výšky na výškový rast stromov boli pre podmienky NPR Babia hora odvodené štyri výškové krivky pre nasledovné výškové kategórie: do 1295, 1296–1375, 1376–1445 a nad 1446m n.m. Táto analýza tiež potvrdila dobrú nami zvolenú kategorizáciu výškových zón (do 1260, 1260-1360, 1360-1460 a nad 1460m n.m.) pred vlastnou inventarizáciou v júli 2002. Pre drevinu jarabina bola z dôvodu malého množstva empirického materiálu odvodená jedna výšková krivka pre celé rozpätie nadmorskej výšky, t.j. od 1173–1503m n.m.
- * všeobecne platí, že najvyššiu variabilitu má objem kmeňa, potom hrúbka a nakoniec výška. Tieto zistenia zodpovedajú teoretickým poznatkom (ŠMELKO 2000).
- * najnižšia variabilita stromových veličín je v štádiu optima, nasleduje dorastanie a rozpad, čo je vysvetliteľné štruktúrou stromov, ktoré tvoria jednotlivé štádiá. Napr. štádium optima je tvorené prevažne homogénnym súborom stromov s približne rovnakými dimenziami.
- * s nadmorskou výškou variabilita stromových veličín prevažne klesá po tretiu výškovú kategóriu a vo štvrtej je opäť väčšia v dôsledku meniacej sa štruktúry porastov na hornej hranici lesa.
- * pre porastovú zmes sa hodnoty variačného koeficienta objemu kmeňa pohybujú v rozpätí cca 50 – 470%, pri hrúbke od 35 – 270% a pri výške od 25 – 150%. Pri samostatnej analýze iba pre drevinu smrek poklesla variabilita stromových veličín zhruba na 1/2 až 2/3 z jej pôvodnej hodnoty (objem kmeňa 50 – 270%, hrúbka 25 – 100% a výška 19 – 100%). Z tejto analýzy vidíme, že jarabina významne prispieva k zvýšeniu heterogenity stromových veličín.
- * s nadmorskou výškou klesá rozdiel v priemerných hodnotách stromových veličín medzi štádiom optima a rozpadu a zväzňuje sa rozdiel štádia dorastania od optima a rozpadu.

- * signifikantný rozdiel v priemerných hodnotách stromových veličín sa prejavil medzi štádiom dorastania a optima a od druhej resp. tretej výškovej kategórie aj od štádia rozpadu.
- * pri porastovej zmesi je najvyššia priemerná hodnota objemu kmeňa, výšky a hrúbky v štádiu optima, potom v rozpade a najmenšia v štádiu dorastania.
- * pri drevine smrek je priemerný objem kmeňa v štádiu rozpadu od tretej výškovej kategórie vyšší resp. sa rovná priemernému objemu v optime.
- * pri porastovej zmesi v dorastaní a rozpade stúpa priemerná hodnota stromových veličín po tretiu výškovú kategóriu a potom klesá.
- * v štádiu optima sa pri porastovej zmesi po tretiu výškovú kategóriu hrúbka a výška stromu takmer nemenia, vo štvrtej kategórii ich hodnoty klesajú. Objem kmeňa klesá v celom rozpätí nadmorských výšok.
- * pri drevine smrek v dorastaní a rozpade sa priemerná hodnota stromových veličín po tretiu výškovú kategóriu veľmi nemení a potom klesá. V štádiu optima ich hodnoty s pribúdajúcou nadmorskou výškou klesajú v celom rozpätí.
- * pri drevine jarabina sme takéto jednoznačné priebehy nezistili, ale z výsledkov môžeme usudzovať, že vitálna jarabina nalieta v štádiu rozpadu, veľmi dobre obsadí priestor a rastie rýchlejšie ako smrek, o čom svedčí aj strmosť jej výškovej krivky. Jej rast však nedosahuje takú potenciú ako rast smreka a to aj z dôvodu silnej konkurencie smreka a poškodzovania zverou, preto sa len veľmi zriedka dostane do vyšších vrstiev. V štádiu dorastania sa pre ňu z hľadiska konkurencie končí obdobie výhodného postavenia.
- * jej priemerné stromové parametre s nadmorskou výškou v prvých troch výškových kategóriách klesajú. Vo štvrtej výškovej zóne však v priebehu nastáva obrat, z čoho usudzujeme, že v nižších nadmorských výškach bol jej rast limitovaný smrekom. Na hornej hranici lesa konkurencia smreka ustupuje, pretože tu sú porasty zväčša rozpojené s dostatkom svetla, čím sa pre jarabinu vytvárajú vhodné podmienky pre rast. V tejto zóne sa môže uchýtiť pod ochranou smreka a na okraji skupiniek nerušene rásť s vrcholom rastu v štádiu optima a rozpadu.

Frekvencia hrúbky stromov v súbore stromov s hrúbkou do 7cm:

- * pri porastovej zmesi v dorastaní má frekvenčná krivka klesajúce až ľavostranne asymetrické rozdelenie, kým pri drevine smrek ide o rovnomerné až symetrické rozdelenie.
- * pri porastovej zmesi a pri drevine smrek v štádiu rozpadu má frekvenčná krivka po tretiu výškovú kategóriu pravostranné až stúpajúce rozdelenie.
- * pre štádium optima je obtiažne formulovať všeobecný záver vzhľadom na deficit stromov v týchto hrúbkových triedach, čo je v podstate typická črta tohto štádia.
- * jarabina má klesajúci tvar frekvenčnej krivky vo všetkých vývojových štádiách i výškových zónach.

Frekvencia hrúbky stromov v súbore stromov s hrúbkou nad 7cm:

- * pri porastovej zmesi a pri drevine smrek má v dorastaní frekvenčná krivka silne ľavostranne asymetrické až klesajúce rozdelenie.
- * pri porastovej zmesi a pri drevine smrek v štádiu optima a rozpade má frekvenčná krivka symetrické až pravostranné rozdelenie. V štvrtej výškovej kategórii prechádza do ľavostranne asymetrického rozdelenia..
- * pri drevine jarabina sa nedá jednoznačne popísať tvar frekvenčnej krivky kvôli nedostatku empirického materiálu

Z prieskumu štruktúry porastových veličín vyplýva:

- * variabilita porastových veličín je najnižšia v štádiu optima.
- * najvyššiu variabilitu má počet stromov ($N \cdot ha^{-1}$), nasleduje zásoba porastu ($V \cdot ha^{-1}$) a nakoniec kruhová základňa ($G \cdot ha^{-1}$).
- * pri počte stromov ($N \cdot ha^{-1}$) variačný koeficient s nadmorskou výškou prevažne klesá, avšak od druhej výškovej kategórie len veľmi málo.

- * pri kruhovej základni ($G \cdot ha^{-1}$) a zásobe porastu ($V \cdot ha^{-1}$) variačný koeficient s nadmorskou výškou jemne stúpa.
- * pre porastovú veličinu počet stromov ($N \cdot ha^{-1}$) pre porastovú zmes sa hodnoty variačného koeficienta pohybujú v rozpätí od 26 – 140% (priemer cca 95%), pri kruhovej základni od 14 – 45% (priemer 38%) a pri zásobe porastu od 23 – 59% (priemer 48%). Pri samostatnej analýze pre drevinu smrek poklesla hodnota variačného koeficienta zhruba o $\frac{1}{2}$, t.j. na hodnoty v rozpätí od 10 – 69%. Pri porastových veličinách kruhová základňa ($G \cdot ha^{-1}$) a zásoba porastu ($V \cdot ha^{-1}$) sa hodnoty variačných koeficientov výrazne nezmenili v dôsledku toho, že tieto porastové veličiny zohľadňujú veľkosť jedincov tvoriacich porast (pri kruhovej základni prostredníctvom hrúbky umocnenej na druhú a pri zásobe aj prostredníctvom výšky) a prítomná jarabina ich ovplyvňuje len v nepatrnej miere.
- * vplyv skúmaných faktorov (vývojové štádium a nadmorská výška) sa štatisticky významne prejavil na všetky hodnotené porastové veličiny ($N \cdot ha^{-1}$, $G \cdot ha^{-1}$, $V \cdot ha^{-1}$). Vplyv faktorov stúpa od veličiny $N \cdot ha^{-1}$ po veličinu $V \cdot ha^{-1}$. Kým pri veličine $N \cdot ha^{-1}$ sa štatisticky signifikantne prejavil iba vplyv nadmorskej výšky, pri veličine $V \cdot ha^{-1}$ boli oba skúmané faktory vrátane ich interaktívneho vplyvu štatisticky významné. Pri samostatnej analýze pre drevinu smrek sme zaznamenali silnejší vplyv skúmaných faktorov na hodnoty porastových veličín.
- * v štvrtej výškovej kategórii sme nezistili ani v jednom prípade signifikantné rozdiely medzi hodnotami porastových veličín v jednotlivých štádiách.
- * počet stromov ($N \cdot ha^{-1}$) pri porastovej zmesi vo všetkých vývojových štádiách s pribúdajúcou nadmorskou výškou klesá po tretiu výškovú kategóriu a potom opäť stúpa. Pri drevine smrek $N \cdot ha^{-1}$ vo všetkých vývojových štádiách s pribúdajúcou nadmorskou výškou stúpa a pri drevine jarabina táto veličina s výškou značne klesá. Štatisticky významne sa v prevažnej miere odlišuje $N \cdot ha^{-1}$ v štádiu dorastania (najvyššia početnosť) od štádia optima a rozpadu.
- * kruhová základňa ($G \cdot ha^{-1}$) a zásoba porastu ($V \cdot ha^{-1}$) s pribúdajúcou nadmorskou výškou klesá (porastová zmes a drevinu smrek). Pri drevine jarabina ich hodnota klesá po tretiu výškovú kategóriu a potom opäť stúpa. Pri porastovej zmesi a drevine smrek sa štatisticky signifikantne prejavili rozdiely v hodnotách týchto veličín prevažne medzi štádiom rozpadu (najnižšia hodnota) a optima (najvyššia hodnota) a občasne aj medzi štádiom rozpadu a dorastania avšak len po tretiu výškovú kategóriu. Pri drevine jarabina sa tento rozdiel potvrdil len v jednom prípade a to medzi štádiom dorastania a optima v prvej výškovej kategórii.
- * zistené porastové veličiny v oblasti Babej hory autormi KORPEL (1995) a HOLEKSA (1998) ležia v rámci 95% intervalu nami zistených hodnôt, čo poukazuje na dobrú porovnateľnosť výsledkov

Moderové drevo

- * zásoba odumretej časti stromov je veľmi dôležitou zložkou biodiverzity, pretože vytvára životné prostredie pre veľké množstvo druhov živočíšnej či rastlinnej povahy: riasy, huby, lišajníky, machy, bezstavovce a dokonca aj pre niektoré stavovce (LEXER *et al.* 2000).
- * moderové drevo okrem toho, že napomáha biodiverzite živých foriem v lese, má zvlášť význam pre prirodzenú obnovu lesa (GRAHAM & CROMACK 1982, ZUKRIGL 1983, HARMON *et al.* 1986, FRANKLIN *et al.* 1987, HARMON & FRANKLIN 1989, HOFGAARD 1993).
- * podiel zásoby moderového dreva stromov k zásobe živých stromov v štádiu optima a dorastania zodpovedá zisteniam z pralesov Dobroč a Baďín autorov SANIGA & SCHÜTZ (2001). V optime je pomer medzi zásobou moderového dreva k zásobe živých stromov 1:5 až 1:6 a v dorastaní 1:2 až 1:3. V štádiu rozpadu sme zistili výrazne vyššiu zásobu moderového dreva, ako uvádzajú spomínaní autori (1:2 až 1:3). V našom prípade by išlo o pomer medzi zásobou živých stromov a moderového dreva približne 1:1 (106%)
- * porovnanie nami zisteného množstva zásoby moderového dreva bez zohľadnenia vývojových štádií a výškových kategórií dobre korešponduje s výsledkami HOLEKSU (1998) zo severnej strany Babej hory

- * variačný koeficient zásoby odumretého dreva so stúpajúcou nadmorskou výškou jemne stúpa.
- * pri zásobe stojaceho odumretého dreva je variačný koeficient najnižší v štádiu rozpadu pri zásobe ležiaceho odumretého dreva v štádiu optima.
- * hodnoty variačných koeficientov pri zásobe stojaceho odumretého dreva sa pohybujú v rozpätí od 45 – 120% a pri zásobe ležiaceho odumretého dreva od 52 – 160%.
- * vplyv skúmaných faktorov (vývojové štádium a nadmorská výška) sa štatisticky významne prejavil na zásobu stojaceho odumretého dreva (vrátane ich interakcie).
- * zásoba stojaceho odumretého dreva ($Vs \cdot ha^{-1}$) prudko klesá s pribúdaním nadmorskej výšky.
- * signifikantný rozdiel sme zistili medzi zásobou stojaceho odumretého dreva v štádiu rozpadu a dorastania a v prvej a druhej výškovej kategórii aj štádiom optima.
- * na zásobu ležiaceho odumretého dreva ($Vl \cdot ha^{-1}$) sa potvrdil iba vplyv nadmorskej výšky, s pribúdaním ktorej jeho zásoba klesá. Medzi vývojovými štádiami sme nezistili signifikantné rozdiely.
- * zásoba suchárov je najväčšia v prvých dvoch stupňoch rozkladu. Podobné výsledky prezentuje zo severnej strany Babej hory aj HOLEKSA (1998).
- * najvyššie množstvo zásoby ležaniny sme zistili v 7. a 8. stupni rozkladu. Podľa zistení HOLEKSU (1998) sa v týchto stupňoch rozkladu jedná o hmotu starú 70 – 100 rokov. Predpokladaný úplný rozklad dreva na Babej hore trvá do 150 rokov.
- * moderové drevo vo vhodnom stupni rozkladu (aspoň 5. stupeň) tvorí najvhodnejšie podložie pre regeneračné procesy v lesoch v supramontánnom a subalpínskom stupni Babej hory. Až 97% jedincov obnovy sa vyskytovalo práve na 5. až 8. stupni rozkladu moderového dreva.
- * najlepšie prostredie pre obnovu v nižšom stupni rozkladu moderového dreva (2. resp. 3. stupeň) predstavuje kôra na povrchu spadnutého kmeňa.

Analýza hustoty porastu

- * najvyššie zakmenenie je v každej výškovej kategórii v štádiu dorastania a najnižšie v štádiu rozpadu, čo potvrdzuje teoretické očakávania. Hodnoty zakmenenia sa v štádiu dorastania pohybujú v priemere okolo 9, v optime okolo 7 a v štádiu rozpadu približne okolo 5. Štádium optima si zachováva takmer konštantnú hodnotu celkového zakmenenia vo všetkých výškových kategóriách až na poslednú štvrtú výškovú zónu, kde sme zaznamenali výraznejší pokles zakmenenia.
- * skúmané faktory (vývojové štádium a nadmorská výška) významne vplývajú na hodnoty prirodzeného zakmenenia porastov na území NPR Babia hora.
- * s pribúdaním nadmorskej výšky zakmenenie klesá. V najnižšej výškovej zóne sa pohybuje okolo hodnoty 9, kým v najvyššej štvrtej výškovej kategórii už len okolo hodnoty 5.
- * v poslednej štvrtej výškovej kategórii sa zakmenenie medzi vývojovými štádiami celkovo výrazne nelíši a pohybuje sa vo všetkých štádiách okolo hodnoty 5, čo je spôsobené trvale rozpojenou štruktúrou porastu v týchto nadmorských výškach.
- * štatisticky signifikantný rozdiel sa preukázal medzi štádiom dorastania a štádiom rozpadu a medzi prvou a tretou výškovou kategóriou.

Analýza druhovej diverzity horských lesov

- * pre hodnotenie druhovej diverzity prírodných lesov s podobnými podmienkami ako na Babej hore (dominancia smreka) sa javia ako najvhodnejšie nasledovné indexy: ($N0$ (HILL 1973), $R2$ (MENHINICK 1964), $E5$ (HILL 1973), H' (SHANNON & WEAVER 1949)).
- * ako štatisticky signifikantný faktor na uvedené indexy sa v prevažnej miere prejavila nadmorská výška (na indexy $R2$ a $E5$ aj vývojové štádium).
- * najvyššiu druhovú bohatosť ($N0$) vykazuje štádium dorastania, najnižšiu štádium optima. S pribúdajúcou nadmorskou výškou druhová bohatosť ($N0$) v štádiách dorastania a rozpadu

klesá, kým v štádiu optima sa javí ako konštantná. Signifikantný rozdiel pri indexe *N0* sa preukázal medzi druhou a poslednou výškovou zónou.

- * pri indexe *R2* je situácia celkom iná. V tomto indexe sa počet druhov „relativizuje“ k počtu stromov, čím dochádza k tomu, že štádium dorastania vykazuje najnižšiu druhovú bohatosť najvyššia je v štádiu rozpadu. Signifikantné rozdiely sme pri analýze tohto indexu zaznamenali medzi štádiom dorastania a štádiom rozpadu a treťou a štvrtou výškovou kategóriou. Analýzou sa potvrdili vhodné vlastnosti indexu *R2*, ktorý zohľadňuje aj počet druhov ako aj veľkosť populácie. Jedná sa o parametre, ktoré sa s pribúdajúcou nadmorskou výškou štatisticky významne menia. Problematická však môže byť správna interpretácia tohto indexu.
- * druhová vyrovnanosť (index *E5*) sa s nadmorskou výškou v štádiu dorastania a rozpadu znižuje, čo odráža rastúcu heterogenitu v zastúpení druhov. V štádiu optima sa index *E5* javí konštantný. Toto štádium sa všeobecne vyznačuje nízkou hodnotou indexu *E5* a teda nízkou vyrovnanosťou, čo odráža reálny stav, pretože v štádiu optima sa drevina smrek stáva dominantnou, kým jarabina v tomto štádiu len prežíva. Pri tomto indexe sa potvrdil signifikantný rozdiel medzi štádiom optima a dorastania a medzi treťou a súčasne prvou a druhou výškovou kategóriou. Index *E5* silno reaguje na podrast jarabiny.
- * najvyššia druhová heterogenita (*H'*) sa zistila v štádiu dorastania, najnižšia v štádiu optima. S nadmorskou výškou sa druhová heterogenita (*H'*) znižuje po tretiu výškovú kategóriu, odkiaľ opäť stúpa v dôsledku zvýšeného podielu jarabiny na zásobe porastu. Pri tomto indexe sa zistil signifikantný rozdiel medzi prvou a treťou výškovou kategóriou.

Analýza štruktúrnej diverzity

- * z analyzovaných veličín, resp. indexov, odporúčame použiť pre hodnotenie štruktúry prírodných lesov tieto kvantifikátory: priemernú vzdialenosť stromu k jeho prvému susedovi, agregáčny index *R* (CLARK & EVANS 1954), ako aj jeho modifikovanú formu upravenú DONNELLY-m (1978 in FÜLDNER 1995), diferenciáciu stromov (*TM*) založenú na princípe návrhu FÜLDNER-a (1995) a komplexný index porastovej diverzity podľa JAEHNE & DOHRENBUSCH-a (1997).
- * na uvedené indexy sa v prevažnej miere potvrdil významný vplyv oboch skúmaných faktorov, t.j. vývojového štádia a nadmorskej výšky, vrátane ich interaktívneho vplyvu.
- * vzdialenosť stromu k jeho prvému susedovi v súbore stromov s hrúbkou nad 7cm je v štádiu dorastania najmenšia a najvyššia je v rozpade, čo je pochopiteľné, pretože rozstupy stromov v rozpadajúcom sa poraste sú zákonite väčšie. S pribúdaním nadmorskej výšky vzdialenosť stromu k jeho prvému susedovi klesá, čo je odrazom menších dimenzií stromov. Iba v štádiu dorastania sa táto vzdialenosť pôsobením nadmorskej výšky veľmi nemení a pohybuje sa okolo hodnoty 1.9m. Štatistický test potvrdil významné rozdiely medzi štádiami v súbore stromov s hrúbkou nad 7cm. V súbore stromov s hrúbkou nad 7cm je vo štvrtej výškovej zóne vzdialenosť stromu k jeho prvému susedovi približne rovnaká vo všetkých vývojových štádiách, čo je spôsobené rozdielnou štruktúrou porastov.
- * z rozboru agregáčného indexu *R* upraveného Donnellym vyplýva, že v súbore stromov s hrúbkou do 7cm je v štádiu dorastania jednoznačne hlúčkovité rozmiestnenie vo všetkých výškových kategóriách. V štádiu optima sa potvrdil v druhej výškovej zóne vplyv prímesty jarabiny s jej hlúčkovitým rozmiestnením. Toto rozmiestnenie sa v štádiu optima zistilo aj vo štvrtej výškovej zóne. V tejto výškovej kategórii sú porasty tvorené skupinami tzv. rodinných smrekov, pre ktoré je hlúčkovité rozmiestnenie charakteristické. V prvej a tretej výškovej kategórii v štádiu optima majú stromy podľa predpokladu náhodné rozmiestnenie. V štádiu rozpadu majú stromy prevažne hlúčkovitú formu rozmiestnenia, výnimkou je tretia výšková kategória s náznakom náhodného rozmiestnenia
- * V súbore stromov s hrúbkou nad 7cm majú stromy v štádiu dorastania už náhodné rozmiestnenie avšak s pribúdajúcou nadmorskou výškou sa blíži k hlúčkovitému rozmiestneniu (rodinné smrek). V štádiu optima ide o prevažne rovnomerné rozmiestnenie,

čo súhlasí aj s poznatkami viacerých autorov (WENK *et al.* 1990, FÜLDNER 1995), pričom opäť s pribúdajúcou nadmorskou výškou prechádza cez náhodné (tretia výšková kategória) do hlúčkovitého rozmiestnenia (štvrtá výšková zóna). Štádium rozpadu má kolísavejší charakter s rovnomerným rozmiestnením v prvej a tretej výškovej kategórii a náhodným v druhej a štvrtej výškovej zóne. Vo štvrtej výškovej kategórii sa jednoznačne pre obe skupiny stromov, t.j. s hrúbkou do a nad 7 cm, potvrdilo výrazne hlúčkovité rozmiestnenie stromov.

- * diferenciácia stromov (*TM*) je pochopiteľne najvyššia v štádiu dorastania, pričom s nadmorskou výškou mierne klesá. Zaujímavé je zistenie, že v štádiu optima je vo väčšine prípadov vyššia diferenciácia ako v štádiu rozpadu, čo súvisí pravdepodobne s tým, že v rozpade sa v súbore stromov s hrúbkou nad 7cm nachádza už veľmi hrúbkovo homogénna vrstva zanikajúcich stromov. Signifikantný rozdiel v diferenciácii stromov sa prejavil medzi štádiom dorastania a rozpadu. Podľa klasifikácie AGUIRRE-ho *et al.* (1998) patria porasty v štádiu dorastania v prvej výškovej zóne k zreteľne diferencovaným porastom. Zvyšné prípady sú podľa tejto stupnice v druhom stupni diferenciácie, t.j. ide o stredne diferencované porasty. Podľa stupnice FÜLDNER-a (1995) by porasty v štádiu rozpadu boli klasifikované ako porasty s miernou - malou diferenciáciou a to takmer vo všetkých výškových zónach (výnimka je štvrtá výšková kategória). Porasty dorastania a optima tvoria na základe tejto kategorizácie prevažne stredne diferencované porastové štruktúry.
- * pri komplexnom hodnotení porastovej diverzity *B* indexom je najvyššia druhová diverzita v štádiu dorastania, najnižšia v štádiu optima, čo sa zhoduje s výsledkami indexov diverzity. Najvyššiu vertikálnu diverzitu sme zaznamenali v štádiu dorastania. Najvyššiu diverzitu v priestorovej štruktúre vykazuje v prevažnej miere štádium rozpadu ako aj štádium dorastania, pričom jej hodnota v štádiu s nadmorskou výškou klesá a v štvrtej výškovej zóne opäť stúpa. Najväčšiu diferenciáciu korún sme zaznamenali v štádiu dorastania. Najvyššia hodnota indexu porastovej diverzity *B* bola zaznamenaná v prvej výškovej kategórii, odkiaľ s pribúdajúcou nadmorskou výškou klesá po tretiu výškovú kategóriu a v štvrtej výškovej zóne opäť stúpa. Z hľadiska komplexného zhodnotenia porastovej diverzity za použitia stupnice podľa JAEHNE & DOHRENBUSCH-a (1997) majú porasty na Babej hore v štádiu dorastania veľmi rozrôznenú výstavbu. Naproti tomu porasty v štádiu optima a rozpadu sú klasifikované nižším stupňom ako porasty s rozrôznenou výstavbou. Prihliadnuc na výškovú kategorizáciu majú porasty v prvej výškovej kategórii veľmi rozrôznenú výstavbu, kým porasty druhej a štvrtej výškovej kategórie sa definujú ako porasty s nerovnomernou výstavbou. Porasty v tretej výškovej kategórii sú podľa stupnice autorov označené ako porasty s rovnomernou výstavbou

Analýza mladých rastových stupňov a regeneračných procesov stromovej zložky

- * pre skúmané lesy v NPR Babia hora je typický ich trvale medzernatý zápoj, čo dáva možnosť obnovy na malých plôškach. Je to pozitívny jav pre vekovú diferenciáciu porastov a tým aj pre zvýšenie ich štruktúrálnej diverzity.
- * vo všetkých štádiách pralesa počet jedincov obnovy klesá s rastom nadmorskej výšky, čo je normálny jav vzhľadom na drsnejšie životné podmienky pre dreviny a samozrejme aj na ich zníženú fruktifikáciu.
- * krivka poklesu početnosti jedincov zmladenia s pribúdajúcou nadmorskou výškou má jeden významný zlomový bod a to jej prechod z prvej výškovej kategórie do druhej výškovej kategórie, od ktorej začína stagnácia generatívnej obnovy.
- * v mladých rastových stupňov, ktoré v našom pokuse tvoria stromy s výškou do 1.30m, má jarabina vo všetkých výškových kategóriách pomerne vysoké a veľmi vyrovnané zastúpenie (priemerne predstavuje cca 20% z celkovej obnovy), hoci obnova lesa neprebíha cez

- sukcesné spoločenstvá, ale je priamo zabezpečovaná klimaxovou drevinou – smrekom. Táto skutočnosť zohráva veľmi dôležitú úlohu pri diverzite drevín v obnove, čo je veľmi potrebné v rovnorodých smrekových porastoch, ktoré tvoria lesné ekosystémy v NPR Babia hora. Zároveň vytvára vhodné podmienky pre čiastočné stlmenie expanzie a vitality paprade *Athyrium distentifolium*, ktorá je dominantnou na mnohých lokalitách masívu Babej hory.
- * s rastúcou hrúbkovou vyspelosťou zastúpenie jarabiny ubúda. V súbore stromov s výškou nad 1.30m a s hrúbkou do 7cm predstavuje jarabina priemerne 6.32% a v súbore stromov, ktoré presiahli registračnú hranicu hrubiny (hrúbka $d_{1,3}$ nad 7cm), už len 0.58 %.
 - * s pribúdajúcou nadmorskou výškou celkové zastúpenie jarabiny klesá po tretiu výškovú zónu, odkiaľ opäť stúpa, pretože získava opäť vhodné podmienky pre svoj rozvoj a prechádza pozvoľne do lesa v pásme kosodreviny. Hoci zastúpenie jarabiny je v porastoch kosodreviny na južnej strane Babej hory veľmi nízke, na severnej (poľskej) strane tvorí jarabina miestami až polovičný podiel a vytvára tak osobitné spoločenstvo jarabinovej kosodreviny.
 - * hoci priemerne predstavuje moderové drevo a kopčeky plošne len 3.34%, obnova na nich zaberá až 53%. Podobné výsledky dosiahol na severnej strane Babej hory HOLEKSA (1998), ktorý zistil, že moderové drevo a kopčeky plošne predstavovali v jeho sledovanom objekte (14.4 ha) 3.9% a obnova na tejto kategórii podložia tvorila nadpolovičnú hodnotu. S pribúdajúcou nadmorskou výškou podiel prirodzenej obnovy na moderovom dreve významne stúpa (z 53% na 86%).
 - * Zvýšený podiel obnovy smreka na moderovom dreve a kopčekoch môže mať viac príčin. Rozložené moderové drevo vytvára tzv. kľúčne lôžko (nem. Keimbett, WOLFGANG & MAI 1999), ktoré ponúka pre vzchádzanie smrekového semena lepšie rastové podmienky. Klíčenie a rast semenáčka prebieha spôsobom podobným hydropónii. Významnú úlohu tu určite zohráva skutočnosť, že jedinec sa nachádza na vyvýšenom mieste, čím má:
 - * vyšší svetlostný pôžitok a tým aj väčší prílev slnečnej energie, keďže sa čiastočne dostáva zo zatienenia vysokých bylín;
 - * lepšie mikroklimatické podmienky (teplota a vlhkosť);
 - * zlepšenie podmienok rastu mladých jedincov smreka pôsobením mykoritických húb;
 - * dostatok výživných látok v počiatočnom štádiu rastu (z rozkladajúceho sa dreva ako aj zo zrážok, ktoré majú podľa zistených výsledkov pre obnovu hnojivý účinok.
 - * Pre vznik obnovy na moderovom dreve sú potrebné tieto základné podmienky :
 - * dostatočné množstvo rozloženého moderového dreva (aspoň 5 stupeň rozkladu)
 - * dostatok zrážok
 - * výskyt semenného roka (dostatok generatívneho materiálu)
 - * pre prirodzenú obnovu na Babej hore existujú dve hranice – zlomové body, kde sa výrazne mení intenzita a spôsob obnovy. Prvá hranica leží v pásme okolo 1260 – 1300 m n. m., druhá je vo výške okolo 1400 – 1460 m n. m., kedy prechádza generatívna obnova smreka na vegetatívnu. Vegetatívne rozmnožovanie umožňuje prežitie populácie smreka v krajných ekologických podmienkach, kde generatívna obnova takmer zaniká. Pre vegetatívnu obnovu smreka v oblasti Babej hory je typické, že vegetatívnym množením z jedného alebo viacerých materských stromov vzniká bioskupina (rodinné smrekky, KORPEL 1989), ktorá môže nakoniec mať niekoľko desiatok jedincov. Ide tu v podstate o tzv. pulzujúcu obnovu. Vek materských jedincov a jedincov prvého rádu v bioskupine sa pohybuje v rozpätí hodnôt od 116 – 168 rokov, resp. od 51 – 84 rokov. Vekový rozdiel medzi materským jedincom a jedincami prvého rádu bol v rozpätí 32 – 65 rokov. Usudzujeme, že materské stromy sa dožívajú maximálne veku 200 rokov.

Analýza imisnej depozície

- * v horských polohách Babej hory sa na markantných rozdieloch v kyslosti podkorunových zrážok v porovnaní s plochou mimo lesa podieľa vysoký vstup acidifikujúcich zložiek formou horizontálnych zrážok z hmly a námrazy.
- * depozičný limit podľa EHK – UN ECE (1993) bol výrazne prekročený pri všetkých hodnotených elementoch (pH, sírany, NO_3^- a NH_4^+).
- * v sledovanej lokalite sme zaznamenali značné obohatenie koncentrácií bázičných kationov v porastových zrážkach v porovnaní s voľnou plochou. Tento jav poukazuje na skutočnosť, že silne acidifikovaná zrážková voda spôsobuje rozrušovanie povrchu asimilačných orgánov a následné vylúhovanie báz do roztoku.
- * na základe tohoto časovo a priestorovo obmedzeného experimentu môžeme konštatovať, že ekologická stabilita horských smrečín je značne oslabená, čo môže viesť k zmene v jej diverzite. Na základe množstva existujúcich teórií o príčinách tohto stavu predpokladáme, že kyslý imisný vstup zohráva v týchto degradačných procesoch významnú úlohu. Objektívnym merítkom jeho posúdenia je však len výpočet kritických limitných hodnôt pre koncentrácie a depozície látok prichádzajúcich z atmosféry do ekosystému.

Dendrochronologická a dendroklimatologická analýza horských lesov Babej Hory

Uvedená dendrochronologická analýza empirického materiálu prináša predbežné výsledky výskumu rastových reakcií smreka v podmienkach horských lesov Hornej Oravy v podmienkach súčasnej klímy ale aj očakávaných klimatických zmien. Ukázalo sa, že metódy dendrochronológie prinášajú nové poznatky pri posudzovaní biodiverzity horských lesov, úrovne rastovo produkčného procesu a odhadu rizík vplyvu možných klimatických zmien na rastový proces a tým aj stabilitu a diverzitu horského lesa.

Výsledky dendroklimatického modelovania ukázali, že:

- * budúci prírastok bude mať vo všeobecnosti stúpajúci trend,
- * určujúcim faktorom rastového procesu bude teplota vzduchu, predovšetkým počas jarných a letných mesiacov aktuálneho roku,
- * na zmenu klímy bude reagovať negatívne 14.6% stromov, reakcie 34.1% stromov možno považovať za nezmenené a 51.3% stromov by malo na predpokladané klimatické zmeny reagovať pozitívne a to všetko pri 95% štatistickej spoľahlivosti,
- * predpokladaná zmena klímy najintenzívnejšie ovplyvní porasty na hornej hranici lesa vo vyšších nadmorských výškach.

Uskutočnená analýza rastového procesu nezohľadňuje niektoré negatívne pôsobiace faktory na rast lesa (pretrvávajúca atmosferická depozícia, zvyšovanie koncentrácie troposferického ozónu, oslabovanie ochranných vlasností atmosféry a i.), ale len budúcu zmenu bioklimatických podmienok.

Uvedená práca rozširuje doterajšie poznatky o biodiverzite lesných ekosystémov. Jej realizácia ukázala, že danú problematiku je potrebné riešiť komplexne, pretože lesné spoločenstvá sú ovplyvňované množstvom interných a externých faktorov. V tejto súvislosti odporúčame zamerať sa v oblasti výskumu biodiverzity a jej kvantifikácie pre potreby spoločenskej praxe predovšetkým na nasledovné úlohy:

- * zvýšiť a podporiť propagáciu dôležitosti biodiverzity;
- * rozšíriť spoluprácu s nelesníckymi inštitúciami, ktorých sa hodnotenie biodiverzity priamo dotýka a tak prepojiť neskôr vznikajúce informačné databázy;
- * podrobnejšie analyzovať jednotlivé zložky biodiverzity, ich význam a vzájomné vzťahy
- * vytvoriť priestor pre implementovanie moderných geoštatistických metód a GIS do analýz hodnotiacich biodiverzitu;
- * orientovať výskum v oblasti vplyvu biodiverzity na ekologickú stabilitu lesných ekosystémov;
- * prepojiť modely biodiverzity s ekofyziologickými modelmi a modelmi simulátorov rastu.

7. CITOVANÁ LITERATÚRA

- AGUIRRE, O.–KRAMER, H.–JIMÉNEZ, J., 1998. Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 169, 213-219.
- ALBERT, M.–VON GADOW, K.–KRAMER, H., 1995: Zur Strukturbeschreibung in Douglasien-Jungbeständen am Beispiel der Versuchsflächen Manderscheid und Uslar. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 166, 205-210.
- ANDRÉN, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71, 355-366.
- BIONDI, F.–MYERS, D.E.–AVERY, C.C., 1994: Geostatistically modelling stem size and increment in an old-growth forest. *Canadian Journal for Forest Research*, 24, 1354-1368.
- BRANG, P. *et al.*, 1998: Sanasilva - Bericht 1997. *Berichte der EFWSL*, No. 345, 102 pp.
- BRUCIAMACCHIE, M., 1996: Comparison between indices of species diversity. *München*, 3/96, 14pp.
- CLARK, P.J.–EVANS, F.C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. *Ecology*, 35, p. 445-453
- COOK, E.R.–KAIRIUKŠTIS, L.A., 1990: *Methods of the Dendrochronology*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, 394 pp.
- COX, F., 1971: Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen. *Mitt. Bundesforschungsanstalt Forst- und Holzwirtschaft Reinbeck*, No. 87, 161 pp.
- DE VRIES, W.–BAKKER, D.J., 1998: Manual for calculating critical loads of heavy metals for terrestrial ecosystems. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, report 166, 144 pp.
- DUDLEY, N.–JEANRENAUD, J.P., 1998: Needs and Prospects for International Cooperation in Assessing Forest Biodiversity: an Overview from WWF. In *BACHMANN, P.–KÖHL, M.–PÄIVINEN, R., 1998: Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning. Proceedings of the Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning, 7 – 11 October 1996, held in Monte Verita, Switzerland, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, p. 31-42
- ĎURSKÝ, J., 1993: Kvantifikácia prírastkových zmien smreka v porastoch poškodzovaných imisiami. *KDP, Zvolen*, 131 pp.
- ĎURSKÝ, J., 1995: Analýza metód dendroklimatológie vo výskume rastových reakcií lesných drevín na predpokladané klimatické zmeny. *NKP*, 4, 15 pp.
- ĎURSKÝ, J., 1997: Modellierung der Absterbeprozesse in Rein- und Mischbeständen aus Fichte und Buche. *Allg. Forst-Jagdztg.* 168, p. 131-134.
- ĎURSKÝ, J.–ŠKVARENINA J., 2001: Vplyv predpokladaných klimatických zmien na hrúbkový rast smreka v oblasti horských lesov Hornej Oravy. *NKP SR 6/2001*, zv.11, p. 63-72
- FLATO, G.M.–BOER, G.J., 2001: Warming Assymetry in Climate Change Simulations. *Geophysical Research Letters*, 28, 1, p. 195-198
- FRANKLIN, J.F.–SHUGART, H.H.–HARMON, M.E., 1987: Tree death as an ecological process. *BioScience* 37, p. 550-556.
- FRITTS, H.C., 1976: *Tree ring and climate*. London, New York, San Francisco. Academic Press, 567 pp.
- FÜLDNER, K., 1995: Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv* 66, p. 235-240
- GASTON, K.J., 1996: What is biodiversity? (In *GASTON, K.J. (ed.): Biodiversity: a biology of numbers and difference*. Blackwell Science, Oxford) s. 1

- GLEICHMAR, W.–GEROLD, D., 1998: Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. Forstw. Cbl. 117, p. 69-80
- GLICK, D., 1995: Greater Yellowstone tomorrow. In SAUNIER, R.E.–MEGANCK, R.A.,: *Conservation of Biodiversity and the New Regional Planning*. IUCN, p. 101-113
- GÖMÖRY, D., 1984: Obnova smreka na rozpadajúcich padnutých kmeňoch prírodných lesoch ŠPR Poľana. Diplomová práca, Lesnícka fakulta, Vysoká škola lesnícka a drevárska vo Zvolene: p. 1-39
- GOOVAERTS, P., 1997: Geostatistics for natural resource evaluation. Applied Geostatistics Series. Oxford University Press, New York, 483p.
- GRAHAM, R.L.–CROMACK JR., K., 1982: Mass, nutrient content and decay rate of dead boles in rain forests of Olympic National Park. Can. J. For. Res., 12, p. 511-521.
- HALAJ, J., 1978: Zastúpenie drevín v zmiešaných porastoch. Lesnícky časopis 24, 1, s. 35-47.
- HANČINSKÝ, L., 1977: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Bratislava, Príroda, 223pp.
- HARMON, M.E. *et al.* 1986: Ecology of coarse woody debris in ecosystems. Adv. Ecol. Res. 15, p. 133-302.
- HARMON, M.E.–FRANKLIN, J.F., 1989: Tree seedlings on logs in *Picea*–*Tsuga* forests of Oregon and Washington. Ecology 70, p. 48-59.
- HASENAUER, H., 2000: Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Paul Parey Verlag. Berlin, 131 pp.
- HEIP, C., 1974: A new index measuring evenness. Journal of Marine Biological Association, 54, p. 555-557
- HEYWOOD, V.H.–BASTE, I., 1995: Global biodiversity assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- HILL, M.O., 1973: Diversity and Evenness: a unifying notation and its consequences. Ecology 54/2, p. 427-432
- HOFGAARD, A., 1993: Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. Journal of Vegetation Science 4, p. 601-608
- HOLEKSA, J., 1998: Rozpad drzewostanu i odnowienie świerka a struktura i dynamika karpackiego boru górnoregłowego. Monographie botanicae, Vol.82, Łódź, 210 pp.
- INNES, J.L.–ACHERMANN, B.–VOLZ, R.–BRANG, P., 1998: Ist der Wald durch antropogene Belastung gefährdet? In BRANG, P. *et al.* 1998: *Sanasilva - Bericht*. *Berichte der EFWSL*, No. 345, p. 43-51.
- IŠTOŇA, J., 2000: Fytocenologická charakteristika a zhodnotenie fyto-diverzity lesných spoločenstiev modelového územia Magura. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 46 (3), p. 237-255.
- JAEHNE, S.–DOHRENBUSCH, A., 1997: Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. Forstw. Centralblatt, 116, p. 333-345.
- JANKOVIČ, J. *et al.*, 1999: Hodnotenie stavu biodiverzity lesov. (Záverečná správa čiastkového vedecko-technického projektu). LVÚ Zvolen, 153 pp.
- JANKOVIČ, J., 2000: Kvantifikácia druhovej diverzity vegetácie v lesných ekosystémoch na príklade modelových území v Nízkych Tatrách a Strážovských vrchoch. Lesnícky časopis – Forestry Journal, 46 (2), s. 129-144.
- JAWORSKI, A.–KARCZMARSKI, J., 1989: Budowa, struktura, dynamika górnoregłowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. In KORPEL, Š. (ed.), 1989: *Stav, vývoj produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej Hory a Pilska*. Vyd. Lesnícka fakulta Vysokej Školy lesníckej a drevárskej, Zvolen, Wydział Leśny Akademii Rolń., Poznan, Wydział Leśny Akademii Rolń., Kraków, p. 122-148
- JIMÉNEZ, J.–AGUIRRE, O.–KRAMER, H., 1998: Bestandesstrukturanalyse im ungleichaltrigen Kiefern-Wacholder-Eichen-Mischwald Nordostmexikos. Forstarchiv, 69, 227-234.

- KAENNEL, M., 1998: Biodiversity: A diversity in definition. In *BACHMANN, P. et al. (eds.), 1998: Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning, EFI, Proceedings No. 18, Kluwer Academic Publishers*, p. 71-81.
- KAUPPI, P.E.–MIELIKÄINEN, K.–KUUSELA, K., 1992: Biomass and carbon budget of European forests. 1971 to 1990. *Science Bd.* 256, p. 70-74.
- KINT, V.–LUST, N.–FERRIS, R.–OLSTHOORN, A.F.M., 2000: Quantification of Forest Stand Structure Applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Forests. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n.º 1*, 17 pp.
- KOLEKTÍV, 1981: Instruktion für die Feldarbeit der Österreichischen Forstinventur 1981-1985, 172 pp.
- KOLEKTÍV, 1998: *Biologia świerka pospolitego*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 781pp.
- KORPEL, Š., 1989: *Pralesy Slovenska*. Veda, SAV, Bratislava, 332 pp.
- KORPEL, Š., 1991: *Pestovanie lesa*. Bratislava, Príroda, 465 pp.
- KORPEL, Š., 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 232pp.
- KRAJICEK, J.E.–BRINKMAN, K.A.–GINGRICH, S.F., 1961: Crown competition: A measure of density. *Forest Sci.* 7, p. 35-42.
- KRIŽOVÁ, E., 1995: *Fytocenológia a lesnícka typológia*. Technická Univerzita Zvolen, 203pp.
- KUULUVAINEN, T.–PENTTINEN, A.–LEINONEN, K.–NYGREN, M., 1996: Statistical opportunities for comparing stand structural heterogeneity in managed and primeval forests: an example from boreal spruce forest in southern Finland. *Silva Fennica*, 30, p. 315-328.
- LAPIN, M.–MELO, M.–DAMBORSKÁ, I., 2001: Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. *NKP 11/2001*, p. 5-30
- LÄHDE, E.–LAIHO, O.–NOROKORPI, Y.–SAKSA, T., 1999: Stand structure as the basis of diversity index. *Forest Ecology and Management* 115, p. 213-220
- LEXER, M.J.–LEXER, W.–HASENAUER, H., 2000: The Use of Forest Models for Biodiversity Assessments at the Stand Level. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n.º 1*, p. 297–316
- LOKVENC, T., 1959/1960: Vegetatívni rozmnožovaní smrka (*Picea excelsa* Link) v Krkonoších, *Acta. Dendr. Českoslov.*, 2, p. 71-82
- LÜBBERS, P., 1999: *Diversitätsindizes und Stichprobenverfahren*. Universität Freiburg, 10pp.
- MACARTHUR, R.H.–MACARTHUR, J.W., 1961: On bird species diversity. *Ecology*, 42, p. 594-598.
- MATEU, J.–RIBEIRO, P.J., 1998: Geostatistical data versus point process data: analysis of second-order characteristics. Pre-prints of the second European conference on geostatistics for environmental applications, Valencia, Universidad Politécnica, p.181-192.
- MATUSZKIEWICZ, J., 1977: *Przeгляд fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Cz. 4. Bory świerkowe i jodłowe*. *Phytocoenosis* 6, 3, p. 149-227
- MENHINICK, C.F., 1964: A comparison of some species – individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology* 45, p.859-861
- MERGANIČ, J., 2001: *Regionálna inventarizácia lesa s dôrazom na kvantifikáciu biodiverzity*. Dizertačná práca. TU Zvolene, 176 pp.
- MIHÁLIK, A.–KRAJČOVIČ, P.–ŠKVARENINA, J., 1992: Chemické zloženie zrážkovej vody stekajúcej po kmeňoch drevín jedľovej bučiny v závislosti od druhu a veku stromov. *Lesnícky časopis* 6. p. 559-571.
- MINĎÁŠ, J. *et al.*, 2000: Vplyv vybraných faktorov prostredia na biodiverzitu lesných spoločenstiev v modelovom území Nízkyh Tatier. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 46, 3, p. 287-301.

- MINDÁŠ, J.–ŠKVARENINA, J., 1998: Stanovenie depozície elementov ako podklad pre výpočet kritických záťaží lesných pôd. In *Lesy a lesnícky výskum pre tretie tisícročie, MVK, sekcia č.5: Ekologické zmeny lesného prostredia*. Zvolen, 11.-14.10.1998, *Lesnícky výskumný ústav*, p. 341-345.
- MURDOCH, W.W.–EVANS, F.C.–PETERSON, C.H., 1972: Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology*, 53, p. 819-828.
- NAGEL, J., 1996: Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. *Forst und Holz*, 51, 3, p. 76 - 78.
- O'HARA, K.L., 1998: Silviculture for structural diversity: a new look at multiaged systems. *Journal of Forestry*, 96, 7, p. 4-10.
- OBREBSKA-STARKLOWA, B. *et al.*, 1998: Waloryzacja klimatu. In: Projekt planu ochrony Babiogórskiego parku narodowego, (rukopis), Kraków.
- PETRÁŠ, R.–NOCIAR, V., 1991: Sortimentáčné tabuľky hlavných drevín, SAV, Bratislava, 304 pp.
- PIELOU, E.C., 1975: *Ecological Diversity*. Wiley, New York
- PIELOU, E.C., 1977: *Mathematical ecology*. New York, Wiley, 385 pp.
- POLETA, D., 2002: Chemické vlastnosti a depozícia vertikálnych a podkorunových zrážok v horskej smrečine v Národnej prírodnej rezervácii Babia hora. Diplomová práca, TU Zvolen, 47 pp.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1974: Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. *AFZtg*, 85, p. 341-343
- PRETZSCH, H., 1995: Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Methodische Überlegungen am Beispiel niedersächsischer Buchen-Lärchen-Mischbestände. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 112, p. 91-117.
- PRETZSCH, H., 1996: Strukturvielfalt als Ergebnis Waldbaulichen Handels. *AFJZ* 167, p. 213-221
- PRETZSCH, H., 1998: Struktural Diversity as a result of silvicultural operations. *Lestnictví-Forestry*, 44, 10, p. 429-439
- PRETZSCH, H., 1999: Waldwachstum im Wandel. *Forstw. Cbl.* 118., p. 228-250.
- PRETZSCH, H., 2001: Modellierung des Waldwachstums. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 341 pp.
- RATCLIFFE, P.R.–HALL, J.–ALLEN, J., 1986: Computer predictions of sequential growth changes in commercial forests as an aid to wildlife management, with reference to red deer. *Scottish Forestry*, 40, p. 79-83.
- SABOROWSKI, J.–ŠMELKO, Š., 1998: Zur Auswertung von Stichprobeninventuren mit variablen Probeflächengrößen. *AFJZ* 169, 4, p. 71-75
- SANIGA, M.–SCHÜTZ, J.P., 2001: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien, Schweiz. *Z. Forstwes.* 152, 10, p. 407-416
- SANIGA, M.–SKLENÁR, P., 1989: Štruktúra, vývoj, produkčné a regeneračné pomery prírodných lesov v ŠPR Pilsko. In: *KORPEL, Š. (ed.), 1989: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a funkčné využívanie lesov v oblasti Babej Hory a Pilska*. Wyd. Lesnícka fakulta Vysokej školy lesníckej a drevárskej, Zvolen, *Wydział Leśny Akademii Rolń.*, Poznan, *Wydział Leśny Akademii Rolń.*, Kraków, p. 28-49
- SHANNON, C.–WEAVER, W., 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois
- SCHIELER, K., 1988: Methodische Fragen in Zusammenhang mit der österreichischen Forstinventur. Diplomarbeit, BOKU Wien.
- SIMPSON, E.H., 1949: Measurement of diversity. *Nature* 163, p. 688
- SMATSCHINSKI, T., 1998: Charakterisierung von Baumverteilungen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 117, p. 355-361.

- SOLBRIG, O.T., 1994: Biodiversity: an Introduction. In SOLBRIG, O.T.– VAN EMDEN, H.M.– VAN OORDT, P.G.W.M.J. (eds.), 1994: *Biodiversity and global change*. CAB International, International Union of Biological Sciences, Wallingford
- SPIECKER, H.–MIELIKÄINEN, K.–KÖHL, M.–SKOVSGAARD, J.P. (eds.), 1996: Growth trends in European forests. Springer-Verlag, 372 pp.
- STERBA, H., 1981: Natürlicher Bestockungsgrad und Reinekes SDI. Cbl. ges. Forstw., 98, p. 101-116
- STERBA, H.–MOSER, M.–MONSERUD, R., 1995: Prognaus Ein Waldwachstumssimulator für Rein- und Mischbestände. Österreichische Forstzeitung, 5, p. 19 - 20.
- STOLINA, M., 1989: Ochrana lesných ekosystémov TANAPu. Zborník z konferencie k 40. výročiu TANAP, Tatranská Lomnica, p. 136-150
- STRAKA, P.–GUZIOVÁ, Z., 1998: Národná stratégia ochrany biodiverzity na Slovensku. MŽP SR, GOYA Bratislava, 120 pp.
- SUPUKA, J., 1991: Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene. SAV, Bratislava, 307 pp.
- SVERDRUP, H.–WARFVINGE, P., 1993: The effect of soil acidification on the growth of trees, grass and herbs as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al ratio. Report 2/1993, Lund University, 177 pp.
- SZAFER, W., 1962: Zarys paleobotaniki. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 301 pp.
- SZAFER, W., PAWLOWSKI, B., KULCZYŃSKI, S., 1923: Zespoły roślin w Tatrach. Cz. I. Zespoły roślin w dolinie Chochołowskiej. Rozpr. Wydz. Mat.-Przyr. PAU. Ser. III, T. 23/24, p. 203-284
- ŠKVARENINA, J., 1998: Kyslé horizontálne zrážky v jedľobukovom ekosystéme v rokoch 1989-97. Štúdia Slovenskej bioklimatickej spoločnosti pri SAV, Štúdia XV., ročník XII., Bratislava – Nitra, Vydavateľstvo Slovenskej Poľnohospodárskej Univerzity, 52 pp.
- ŠMELKO, Š. *et al.*, 1988: Návrh metódy veľkoplošnej inventarizácie lesa pre podmienky SSR. Správa pre záverečnú oponentúru čiastkovej úlohy ŠPTR, Zvolen, 88 pp.
- ŠMELKO, Š., 1968: Matematicko – štatistická inventarizácia zásob lesných porastov. SAV, Bratislava, 299 pp.
- ŠMELKO, Š., 1979: Skúšobné plochy pre overovanie reprezentatívnych plôch inventarizácie lesa. Zborník prác Lesníckej fakulty VŠLD Zvolen, 21, Bratislava, Príroda, p. 153-182
- ŠMELKO, Š., 1997: Veľkoplošná variabilita porastových veličín v lesoch Slovenska a faktory, ktoré ju ovplyvňujú. Acta facultatis forestalis, Zvolen, XXXIX, p. 131-143
- ŠMELKO, Š., 1998: Námety pre novú koncepciu zisťovania a monitorovania stavu lesa na Slovensku. Zborník Lesy a lesnícky výskum pre tretie tisícročie. LVÚ Zvolen, p. 545-551
- ŠMELKO, Š., 2000: Dendrometria, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 399 pp.
- TOMPPONEN, E., 1986: Models and methods for analysing spatial patterns of trees. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 138, 65 pp.
- VESELÝ, L., 1977: Tvar koruny buka ako ukazovateľ rastovej intenzity stromu. Lesn. čas., 23, 1/77, p. 33-50
- VESELÝ, L., 1977: Uhol vetiev konárov ako dôležitý morfológický faktor pri výchove bučín. Lesn. čas., 23, 3/77, p. 225-237
- VON GADOW, K., 1993: Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Forst und Holz, 21, p. 602-606.
- VON GADOW, K., 1999: Waldstruktur und Diverzität. AFJZ, 170, 7, p. 117-121
- VON GADOW, K.–HUI, G., 1999: Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 213 pp.

- VON GADOW, K.–HUI, G. Y.–ALBERT, M., 1998: Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 115, p. 1-10.
- WENK, G.–ANTANAITIS, V.–SMELKO, Š., 1990: Waldertragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- WILSON, E. O., 1995: Rozmanitost života. NLN s.r.o. Praha, 444 pp.
- WILSON, E. O., 1988: Ende der biologischen Vielfalt? Der Verlust an Arten, Genen und Lebensräumen und die Chancen für eine Umkehr. Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag
- ZENNER, E. K., 1999: Eine neue Methode zur Untersuchung der Dreidimensionalität in Waldbeständen. Universität Freiburg, 11 pp.
- ZINGG, A.–BACHOFEN, H., 1988: Schweizerisches Landesforstinventur. Anleitung für die Erstaufnahme 1982-1986, Birmensdorf, 134 pp.
- ZLATNÍK, A., 1953: Fytocenologie lesa. SZN, Praha, 395 pp.
- ZLATNÍK, A., 1978: Lesnická fytocenologie. SZN, Praha, 495 pp.
- ZUKRIGL, K., 1983: Naturwaldreservate in Österreich. Ökologie Linz., 5, 2, p. 20-27.

O B R A Z O V É P R Í L O H Y

ŠTÁDIUM DORASTANIA



SKUSNÁ PLOCHA Č. 4 (1235 m n. m.)



SKUSNÁ PLOCHA Č. 57 na hornej hranici lesa (1468 m n.m.)

ŠTÁDIUM OPTIMA



SKUSNÁ PLOCHA Č. 7 (1222 m n.m.)



SKUSNÁ PLOCHA Č. 31 (1405 m n.m.)

ŠTÁDIUM ROZPADU



Veľkoplošný rozpad v okolí SKUSNEJ PLOCHY Č. 48 (1336 m n.m.) na Malej Babej hore



SKUSNÁ PLOCHA Č. 33 (1435 m n.m.)

TERÉNNÉ PRÁCE



Meranie výšky stromu výškomerom Vertex



Inventarizácia mladých rastových stupňov

TERÉNNÉ PRÁCE



Zameriavanie pozície skusnej plochy GPS prístrojom



Meranie odumretého dreva

Prirodzené zmladenie na Babej hore



Zmladenie na kôre odumretého ležiaceho dreva



Zmladenie jarabiny v spodných častiach prírodnej rezervácie Babia hora

ZAÚJÍMAVÉ ÚKAZY NA BABEJ HORE



Jedinec smreka vzniknutý vegetativnou obnovou s s dĺžkou plaziaceho sa kmeňa 4m



Smrek obyčajný – hadia forma

SILA ŽIVOTA



AUTORSKÝ KOLEKTÍV



**Ing. Ján Merganič, PhD.
BOKU Wien**



**Ing. Ján Vorčák
SOU Lesnícke Tvrdošín**



**Ing. Katarína Merganičová
BOKU Wien**



**Doc. Ing. Jaromír Škvarenina, PhD.
TU Zvolen**



**RNDr. Jozef Mindáš, PhD.
LVÚ Zvolen**



**Doc. Ing. Ján Tuček, CSc.
TU Zvolen**



**Ing. Anna Miková
TU Zvolen**



**Dr. habil. Ing. Ján Ďurský, CSc.
TU Zvolen**

Autori fotografií

Ing. Ján MERGANIČ, PhD.

Ing. Ján VORČÁK

Autori kresieb

p. KRUMP

p. KNAP

Rozsah 200 strán, 150 obrázkov, 31 tabuliek

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Rok vydania © 2003