

GDK 228.8 /.9 : 53 : (497.12 * 10 Savinjske Alpe)

PROUČEVANJE ZGRADBE NARAVNIH GORSKIH GOZDOV V SAVINJSKIH ALPAH

Jurij DIACI*

Izvleček

Prispevek obravnava spremembe v zgradbi naravnih gorskih gozdov, ki nastajajo z naraščajočo nadmorsko višino. V dveh višinskih prerezih Dleskovške planote so zajeti značilni sestoji, od gorskega vegetacijskega pasu do gornje gozdne meje. Študija razkriva ekološko stabilnost ohranjenih gorskih gozdov ter njihovo visoko aktivnost pri oblikovanju notranjega in zunanjega okolja. Rezultati kažejo, da je posnemanje naravnih zgradb in regeneracijskih procesov pri negovanju gospodarskih gozdov nadvse smiselno in potrebno.

Ključne besede: naravni gozd, gorski gozd, zgradba sestoja, priraščanje sestoja, ekološka regeneracija gozda, mrtva lesna masa, Savinjske Alpe, Slovenija

RESEARCHES ON THE STRUCTURE OF THE NATURAL MOUNTAIN FORESTS IN THE SAVINJA ALPS

Abstract

The article deals with the changing structure of the natural alpine forests which appear at a higher altitude. Two altitudinal gradients of the Dleska plateau show the characteristic stands from the mountain vegetation belt to the timberline. The research exposes the ecological stability of the natural mountain forests and their great activity in the outer- and inner-environment formation. The obtained results suggest that the silvicultural treatment of the managed forest should imitate the natural forest structures and their self-regeneration patterns.

Key words: natural mountain forests, structure and increment of stands, regeneration patterns, dead biomass

* Mag., dipl. ing. gozd., Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, SLO

KAZALO

1	UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA	7
2	PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE.....	8
3	METODA DELA	10
4	SPREMINJANJE ZGRADBE SESTOJEV Z NADMORSKO VIŠINO	11
4.1	GOSTOTA, LESNA ZALOGA IN TEMELJNICA SESTOJEV PO PLOSKVAH IN STRATUMIH GOZDOV.....	11
4.2	STRUKTURA LESNIH ZALOG SESTOJEV PO DREVESNIH VRSTAH.....	15
4.3	SPREMINJANJE STRUKTURE JELOVO-BUKOVEGA GOZDA V PRETEKLIH ŠTIRIDESETIH LETIH.....	16
4.4	STRUKTURA LESNE ZALOGE ŽIVIH IN MRTVIH DREVES V SESTOJIH.....	18
4.4.1	Razmišljanje o pomenu mrtve biosubstance v gorskih gozdovih	21
4.5	PORAZDELITEV DREVES NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH.....	23
4.5.1	Analiza porazdelitve dreves po površini	23
4.5.2	Analiza socialnih razmerij med drevesnimi vrstami ob gradientu nadmorskih višin.....	25
4.5.3	Analiza razmestitve dreves v prostoru	27
4.5.3.1	Jelovo-bukovi gozdovi.....	27
4.5.3.2	Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom.....	28
4.5.3.3	Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom na skrajnostnih rastiščih.....	30
4.5.3.4	Nadomestni gozdovi macesna in smreke.....	31
4.6	HIPOTEZA O VZORCIH REGENERACIJE NARAVNIH GORSKIH GOZDOV.....	33
5	POVZETEK	36
	SUMMARY	38
	VIRI.....	41

1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA

V zadnjih letih se v alpskih državah utrjuje zavest trajne ohranitve življenja v Alpah, ki se že močno odraža v gospodarjenju z gorskimi gozdovi. Gojenje gozdov postaja izrazito malopovršinsko, celo v Avstriji (MAYER / OTT 1991, PITTERLE 1993) in Franciji (ANDRE / PONGE 1993). Prvi so se posvetili gorskemu gozdu že pred leti Švicarji. Kot gozdnogojitveni cilj v smrekovem gorskem gozdu, ki v švicarskih Alpah prevladuje, so si zastavili gorski prebiralni gozd (BAVIER 1910, BISCHOFF 1987, OTT 1976, 1978; LÜSCHER 1991).

Tudi Slovenija se lahko pohvali z vzornim gospodarjenjem z gorskimi gozdovi glede na razmere v sosednjih državah. Medtem ko obstaja pri nas na področju gojenja gorskih gozdov iglavcev bogata tradicija, je vprašanje gorskih bukovih gozdov, ki so močno zastopani v slovenskem alpskem svetu, bolj odprto in predvsem zahtevnejše, še posebej v zadnjem času, ko se vse bolj uveljavljajo spoznanja o večji vlogi bukve v potencialni naravni gorski vegetaciji.

Zelo pomemben vir vedenja o gorskih gozdovih so izkušnje praktičnega dela z gospodarskimi gorskimi bukovimi gozdovi, v Sloveniji jih ne manjka. Vendar morajo biti dopolnjene z raziskavami ohranjenih naravnih gozdov na sorodnih rastiščih. Študij naravnih zgradb ni samo ključ za boljše razumevanje delovanja gospodarskih gozdov, odpira nam vedno nove možnosti za posnemanje in zgledovanje. Z naraščajočo nadmorsko višino je gozd, kot nosilec življenja v alpski krajini, izpostavljen vse močnejšim zunanjim vplivom. Razumljivo je torej, da so naravne zgradbe gozdov s približevanjem k zgornji gozdni meji vedno bolj utrjene in preverjene.

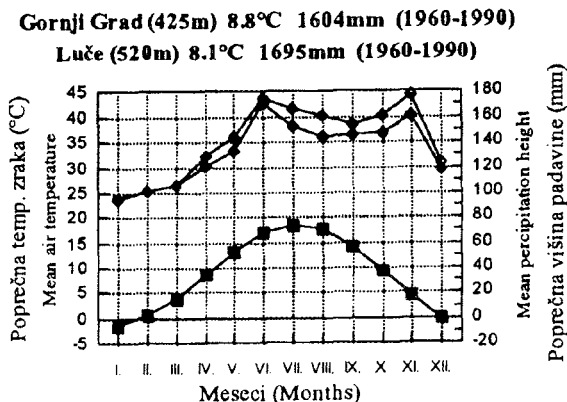
Pričujoča naloga se osredotoča na raziskavo zgradbe ohranjenih gorskih gozdov, ki jih je v slovenskem alpskem svetu še kar nekaj, še posebej, če se primerjamo z Alpami v celoti. Zastavljena so naslednja konkretnejša vprašanja:

- Katere so najpomembnejše spremembe v zgradbi naravnih gorskih gozdov Dleskovške planote glede na naraščajočo nadmorsko višino od montanskega pasu do zgornje gozdne meje?
- Kateri ekološki dejavniki najbolj določajo te spremembe?

2 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE

Raziskava zajema kolikor mogoče nespremenjene naravne gorske gozdne sestoje v optimalni fazi. Sestoji so zajeti z raziskovalnimi ploskvami velikosti 25x25m, ki so sistematično razvrščene ob treh višinskih prerezih (I.-prerez "Bela 1", II.-prerez "Bela 2", III.-prerez "Polšak") na vsakih 100 m nadmorske višine, od višine 1100 m do zgornje gozdne meje na višinah od 1600 do 1810 m. Vsi splošni podatki o prerezih in ploskvah so razvidni iz preglednice 1. Nekateri ekološke in dendrometrijske podatke raziskovalnih ploskev so skupaj z vegetacijskimi popisi (ROBIČ 1992) uporabili v primerjalni analizi vegetacije (DIACI 1994), kjer so izločili stratume gozdov upoštevane v tem prispevku. Takrat so podrobno predstavili splošne ekološke podatke, zato podajamo tukaj samo nekaj bistvenih značilnosti in dopolnitev.

Raziskovalni objekti se nahajajo na prehodu med alpskim in predalpskim fitogeografskim območjem (WRABER 1963). Geološko podlago tvorijo svetlo sivi kristalasti apnenci srednje do zgodnje triadne starosti (POROČILO ... 1982). Tla zajemajo vse oblike, od plitvih rendzin s surovim humusom na zgornji gozdni meji do globokih rjavih s sprsteno nastoprninastim humusom v dolini Lučke Bele. Zaradi kraškega terena je globina tal zelo neenakomerna (VOVK 1985). Najbližji meteorološki postaji sta v Lučah in Gornjem Gradu (grafikon 1).



Grafikon 1: Klimadiagram meteorološke postaje v Gornjem Gradu z vnesenimi poprečnimi vrednostmi mesečnih padavin postaje v Lučah (HDMZS 1993)

Figure 1: The climate diagram of the Gornji Grad meteorological station containing also the mean monthly precipitation height for the Luče meteorological station

Ob proučevanem višinskem gradientu Dleskovške planote so s klasifikacijo in ordinacijo vegetacijskih popisov (ROBIČ 1992) izloženi naslednji stratumi gozdov (DIACI 1994):

a. Predalpski jelovo-bukovi gozdovi v Beli (JE-BU)

Raziskovalne ploskve nižjih leg (1100-1350m n.v.) tvorijo skupino gozdov, kjer so glavne drevesne vrste, bukev, jelka in smreka, izenačene v rastni moči. Posamično sta primešana tudi macesen in gorski javor. Ploskve se od ostalih razlikujejo predvsem po večjem deležu jelke in v manjši meri tudi smreke v vseh slojih vegetacije.

b. Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom (VIS BU-MA)

Naslednja skupina sestojev porašča večji višinski razpon (1100-1500m n.v.) in je zato manj homogena. Na teh ploskvah prevladuje bukev, delež jelke se manjša. Vegetacija ploskev z nižjih nadmorskih višin pomeni že prehod v jelovo-bukove gozdove. Na višjih ploskvah najdemo jelko posamič v drevesnem sloju, nekoliko več pa v grmovnem in zeliščnem sloju. Značilen videz daje sestojem nekoliko nadržasel macesen. Pojavljajo se tudi nekateri subalpinski elementi kot *Pinus mugo*, *Rhododendrum hirsutum*, *Rhodothamnus chamaecystus*, *Salix appendiculata*, *Adenostyles alpina*, *Senecio abrotanifolius*.

- c. Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom na skrajnostnih rastiščih (SKR BU-MA)
Skupina ploskev zajema najvišja bukova rastišča na proučevanem območju (1500-1600m n.v.). Od drugih bukovih sestojev se razlikuje predvsem ekološko, strukturno in prirastno, manj po rastlinski sestavi. Sestoji poraščajo zelo strma južna pobočja, zato jih ogrožajo snežni plazovi. Od tod značilna poležena oblika debel bukve in tudi macesna. Bukev se razmnožuje pretežno vegetativno, kar se odraža v značilnih šopastih zgradbah.
- d. Nadomestna gozdna združba macesna in smreke (NAD MA-SM)
Skupina sestojev s prevladujočima macesnom in smreko porašča najvišje predele Dleskovške planote (1500-1810m n.v.). Pojavijo se vrste nakazovalke subalpinskega vegetacijskega pasu (*Pinus mugo*, *Rhododendron hirsutum*, *Rhodothamnus chamaecystus*, *Salix appendiculata*, *Sorbus chamaemespilus*, *Senecio abrotanifolius*, *Juniperis sibirica*) ter vrste nakazovalke odprtih rastišč (*Gentianella germanica*, *Prunella grandiflora*, *Ajuga pyramidalis*, *Potentilla erecta*...). Te vrste se pojavljajo tudi na degradiranih rastiščih, zato lahko sklepamo, da vegetacija predstavlja sukcesijski stadij, nastal zaradi dolgotrajnega antropozoogenega vpliva na tem prostoru. Glavni dokaz za to sta številčnost in stanovitnost značilnic pritalnega sloja mezofilnih gozdov gabra, bukve, jelke in javora (red *Fagetalia*).

3 METODA DELA

Za vse raziskovalne ploskve smo določili položaj v pokrajini, nadmorsko višino središča ploskve, azimut in nagib padnice, skalovitost in kamnitost, pripadnost razvojni fazi in splošen opis videza rastišča in sestoja. Vsakemu drevesu na ploskvah smo določili vrsto, izmerili prsni premer, višino, dolžino krošnje, najmanjši in največji premer krošnje, debelinski prirastek, koordinate na ploskvi, ugotovili starost in ocenili socialni položaj, vitalnost in tendenco.

Lesno zalogo sestojev smo izračunali prek dvovhodnih deblovníc za posamezne drevesne vrste. Izračun je potekal prek dvoparametrskih funkcij, ki so prilagojene tem deblovnícam (KOTAR 1980). Pri raziskavi smo upoštevali tudi vsa mrtva drevesa s še razpoznavno obliko, višja od 1.3 m. Razvrstili smo jih v dva razreda: stoječa in ležeča mrtva drevesa. Izračun volumna je prav tako potekal po dvovhodnih deblovnícah, zato upošteva samo "deblövino" nad 9 cm.

4 SPREMINJANJE ZGRADBE SESTOJEV Z NADMORSKO VIŠINO

4.1 GOSTOTA, LESNA ZALOGA IN TEMELJNICA SESTOJEV PO PLOSKVAH IN STRATUMIH GOZDOV

Primerjava lesnih zalog, temeljnic in gostot sestojev med stratumi gozdov ter glede na naravno stratifikacijo, ki jo podajajo prerezi, je razvidna iz preglednice 1. Jasno je opazen trend padanja lesnih zalog in temeljnic sestojev z naraščajočo nadmorsko višino.

Višina lesnih zalog in temeljnice na istih nadmorskih površinah je precej nižja pri prerezu "Bela" kot pri prerezu "Polšak". Vzrok najverjetneje leži v manjšem poprečnem nagibu ploskev v prerezu Polšak in drugačni ekspoziciji (pregl. 1). Razlike med ekspozicijama med prerezi niso značilne ($F = 2.53$, znač. = 0.539), razlike med nagibi pa so značilne ($F = 7.17$, znač. = 0.004). Lahko torej domnevamo, da je razlika v srednjih lesnih zalogah med prerezoma pretežno posledica večjih nagibov v prerezu Bela.

Preseneča visoka lesna zaloga na nadmorskih višinah od 1600 m do 1810 m, kjer se strnjeni sestoji gozda končajo. Te nadmorske višine smo še do nedavnega imeli za skrajni doseg gozdne vegetacije v Kamniških in Savinjskih Alpah (GAMS 1976, 1977; LOVRENČAK 1976). Domnevo, da bi na celi površini gozdnega rezervata Polšak lahko uspeval strnjen, stabilen visokogorski gozd, potrjuje visoka lesna zaloga, značilna za ostale otoke strnjene gozdne

vegetacije na omenjeni površini. Ti otoki so zelo različnih velikosti (od večjih sestojev do skupin) in se manjšajo z rastočo nadmorsko višino.

Preglednica 1: Vrednosti osnovnih ekoloških, strukturnih in prirastnih spremenljivk proučevanih gozdnih sestojev

Table 1: *Basic ecological, structural and incremental variables of the researched forest stands*

PL	S	V	NV	TR	N	Lega	AZ	I_K	G	I_G	LZ	I_V
1	1	1	1100	I.	32	ZZJ	240	0.24	45.1	2.59	654	6.01
2	1	1	1200	I.	32	JV	125	0.27	52.4	3.83	684	7.95
3	1	1	1250	I.	25	JJV	150	0.23	65.4	5.56	853	0.97
4	1	2	1300	I.	33	JZ	230	0.27	62.0	4.27	742	8.29
5	1	2	1330	I.	30	JZ	225	0.21	52.1	4.12	595	7.04
6	2	2	1400	I.	39	JJV	163	0.32	49.8	4.72	448	8.19
7	4	3	1500	I.	40	ZZJ	242	0.59	37.2	4.62	238	4.81
8	4	4	1600	I.	39	JZ	221	0.49	23.6	2.71	63	26
9	3	3	1500	II.	37	JZ	220	0.30	40.4	3.57	272	3.41
10	3	3	1590	II.	32	JJ	200	0.18	19.6	3.14	96	82
11	3	3	1580	II.	35	JZ	215	0.30	34.5	4.28	185	3.17
12	2	1	1100	III.	32	V	115	0.31	71.2	5.37	994	1.23
13	2	1	1200	III.	14	VVJ	115	0.15	40.6	2.42	594	5.48
14	2	2	1300	III.	28	JZ	225	0.26	50.8	4.32	677	8.40
15	2	2	1400	III.	23	J	180	0.36	61.4	5.20	676	8.33
16	2	3	1500	III.	20	J	165	0.37	72.1	4.45	821	9.71
17	4	4	1600	III.	29	JZ	215	0.26	76.9	4.04	851	2.30
18	4	4	1650	III.	13	JJV	155	0.23	52.8	2.61	388	4.12
19	4	4	1720	III.	28	JV	130	0.21	49.6	3.33	340	4.22
20	4	4	1810	III.	27	JJV	165	0.18	42.5	3.37	244	3.57

S	stratumi gozdov (pogl. 2)	I_K	indeks gostote sestoja
V	višinski stratumi gozdov	G	temeljnica (m^2/ha)
TR	prerez	I_G	tekoči temeljnični prirastek ($m^2/ha/l$)
PL	ploskev	LZ	lesna zaloga sestoja (m^3/ha)
NV	nadmorska višina v metrih ($m^3/ha/l$)	I_V	tekoči volumenski prirastek
N	nagib padnice v stopinjah	AZ	azimut padnice v stopinjah
S	<i>forest strata</i>	I_K	<i>stand density index</i>
V	<i>height forest strata</i>	G	<i>basal area (m^2/ha)</i>
TR	<i>gradient</i>	I_G	<i>basal area increment ($m^2/ha/y$)</i>
PL	<i>plot</i>	LZ	<i>growing stock (m^3/ha)</i>
NV	<i>altitude in meters</i>	I_V	<i>current volume increment ($m^3/ha/y$)</i>
N	<i>inclination in degrees</i>	AZ	<i>azimuth</i>

Gostota dreves v sestojih je podana z indeksom gostote sestoja I_K (KOTAR 1985). Indeks je uporaben za prikaz razlik v gostoti sestojev med različnimi drevesnimi vrstami in različnimi rastišči.

$$I_K = \frac{1}{100} \cdot \sqrt{h \cdot N_{1-3}}$$

h zgornja višina dreves na ploskvi

N_{1-2} število dreves prvih treh slojev po Kraftu na ploskvi

Kot je razvidno iz preglednice 1, gostota sestojev zelo niha in ne nakazuje značilnega trenda naraščanja ali padanja z nadmorsko višino. Gostota je precej višja le na dveh najvišjih ploskvah prereza Bela I. Tu je vegetacija v zgodnjem stadiju sukcesije in se razlikuje od ostalih ploskev, kjer je vegetacija bolj ali manj v optimalni razvojni fazi.

Da bi lahko izvedli statistično analizo srednjih vrednosti posameznih parametrov glede na stratume gozdov in glede na nadmorsko višino, smo ploskve uvrstili v štiri višinske razrede od 1100 do 1250 m, od 1300 do 1400 m, od 1500 do 1580

m ter od 1600-1810 m (pregl. 1). Primerjavo testov razlik srednjih lesnih zalog, temeljnic in indeksov gostot sestojev med višinskimi razredi in stratumi gozdov prikazuje v tabela 2. Med višinskimi stratumi je statistično različna samo lesna zaloga, med stratumi gozdov pa so značilne razlike tudi med temeljnicami.

Preglednica 2: Analiza variance med srednjimi vrednostmi lesnih zalog, temeljnic in gostot med višinskimi in gozdnimi stratumi

Table 2: Analysis of variance between four altitude and forest groups for volume, basal area and density of stands

Višinski pas <i>Height belt</i>	LZ	G	I_K	Stratum gozdov <i>Forest stratum</i>	LZ	G	I_K
1100-1250m	756	55	0.24	JE-BU	705	55	0.24
1300-1400m	628	55	0.28	VIS BU-MA	702	57	0.29
1500-1580m	323	41	0.35	BU-MA SKR	184	31	0.26
1600-1810m	377	49	0.27	NAD MA-SM	354	47	0.33
Vred. F-Testa <i>F-Statistic</i>	4.06	0.97	0.92	Vred. F-Testa <i>F-Statistic</i>	7.89	2.89	0.59
s. p.	16, 3	16, 3	16, 3	s.p.	16, 3	16, 3	16, 3
Značilnost <i>Sig. level</i>	0.025	0.430	0.449	Značilnost <i>Sig. level</i>	0.002	0.067	0.624

s.p.....stopinje prostosti .. *degrees of freedom*

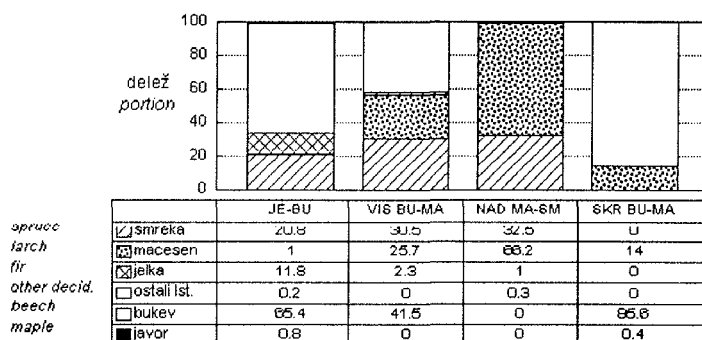
Razlike med srednjimi indeksi gostot sestojev med gozdnimi stratumi niso značilne. Najvišji srednji indeks gostote je v stratumu nadomestnih gozdov smreke in macesna. K visokemu indeksu gostote največ prispevata ploskvi v zgodnjem sukcesijskem razvojnem stadiju.

4.2 STRUKTURA LESNIH ZALOG SESTOJEV PO DREVESNIH VRSTAH

Na pobočjih Lastovca nad dolino Bele uspevajo ohranjeni visokogorski bukovi gozdovi z macesnom do gornje gozdne meje (1600 m n.v.), kjer jih zaustavi pas rušja. Na sestoje v neposredni bližini pa je bolj vplival človek. Tu se spustita macesen in smreka v pionirski združbi do višine 1500 m n.v. Zato primerjava sprememb v vrstni sestavi lesne zaloge po višinskih pasovih ni smiselna. Strukturo lesne zaloge smo tako prikazali po gozdnih stratumih (graf. 2).

V jelovo-bukovem gozdu močno prevladuje bukev. Že tako majhen delež jelke zaradi splošnega pešanja vitalnosti upada. Pomembna je posamična primes svetloljubnega macesna v optimalni fazi gozdov. Prisotni so tudi gorski javor in drugi plemeniti listavci; v skupnem deležu jih je bilo na ploskvah manj kot macesna.

V visokogorskem bukovem gozdu z macesnom je največ bukve, veliko pa je tudi smreke in macesna. Tu in tam je posamič primešana jelka (graf. 2). Razmeroma visok delež smreke je najbrž posledica dejstva, da so se sestoji ohranili na skrajnostnih terenih, kjer zaradi nedostopnosti izkoriščanje gozdov ali krčitev za pašnike nista bili smiselni. Na takšnih terenih, ki ponavadi še niso ustaljeni, imajo pionirske vrste, kot je npr. smreka, določeno prednost.



Grafikon 2: Drevesna sestava stratumov gozdov glede na lesno zalogo
 Figure 2: Tree species composition of four forest groups according to the volume portion

Smreka skoraj popolnoma izgine iz visokogorskih bukovih gozdov z macesnom na skrajnostnih rastiščih (graf. 2). Tu sta glavna tvorca strukture sestojev podstojna krivenčasta bukev, ki je večinoma vegetativnega nastanka, in nadrasel macesen kot učvrščevalec sestoja. Prisotna, vendar zelo redka, sta gorski javor in jerebika.

V nadomestnih gozdovih macesna in smreke najdemo od drugih vrst le še tu in tam posamezno jelko, jerebiko in bukev (graf. 2). Bukev je zaradi občasno prisotne paše nizka in šopaste rasti. Največkrat ima lubje poškodovano zaradi objedanja glodalcev v zimskem času. Njena prisotnost v tem višinskem pasu je v prid hipotezi o razširjenosti bukve na veliko večjih površinah v preteklosti.

4.3 SPREMINJANJE STRUKTURE JELOVO-BUKOVEGA GOZDA V PRETEKLIH ŠTIRIDESETIH LETIH

Večino gozdov, ki jih obravnavamo v nalogi, so že kmalu proglasili za varovalne. V njih se je lesna zaloga skozi vsa ureditvena obdobja le ocenjevala, zato so primerjave razvoja strukture lesne zaloge za nazaj nezanesljive. V stratumu jelovo-bukovih gozdov (oddelek 57) je ta primerjava mogoča. Oddelek je bil polno premerjen v letih 1952, 1962 in 1972. Prirastek je bil takrat ocenjen z vrtanjem. V letu 1991 smo v oddelku 57 izločili pet trajnih raziskovalnih ploskev.

Preglednica 3: Spreminjanje strukture jelovo-bukovega gozda v Beli v preteklih štiridesetih letih

Table 3: *Changing of the composition of the beech-and-fir forest at Bela in the last forty years*

Drevesne vrste / Tree species	Stanje leta / Situation in			
	1953	1963	1973*	1991
Smreka / Spruce	23%	25%	17%	22.5%
Jelka / Fir	24%	20%	25%	11.5%
Macesen / Larch	3%	1%	1%	1%
Bukev / Beech	50%	54%	53%	64%
Javor / Maple	/	/	5%	1%
Srednja všina / Mean height	21.9	22	/	21.5
Lesna zaloga / Growing stock	461	528	/	711
Tekoči prir. / Current increment	2.8	5.3	/	7.79

* Leta 1974 je bil odsek 57b sicer premerjen, vendar je prikazan skupaj z odsekom 57c, v katerem so opravili kulisne sečnje.

* In 1974 the 57b forest subsection was measured together with 57c forest subsection where gap-formation cutting has been carried out.

Iz primerjave štirih analiz jelovo-bukovega gozda, ki so si sledile v štiridesetih letih (pregl. 3), lahko opazimo, da se delež jelke v jelovo-bukovem gozdu hitro zmanjšuje, kar je posledica splošnega pešanja jelke. Delež jelke v sestojih prevzema zlasti bukev. Umiranje jelke je prisotno, kljub temu da je imel sestoj v preteklosti precej zaprto in stabilno mikroklimo, saj ni bilo sečenj. Verjetno je na izginjanje jelke poleg globalnega onesnaženja vplivala spremenjena fitoklima zaradi sečenj v Lučki Beli. Delež macesna se je med letoma 1953 in 1963 zmanjšal. V tem času so posekali posamezne macesne. O veličini teh dreves še danes pričajo ogromni, slabo razkrojeni macesnovi štori. To je bil edini posek v teh gozdovih.

Rezultati analiz naravne drevesne sestave jelovo-bukovega gozda se precej ujemajo z ugotovitvami MARINČKA (1987), ki navaja, da dosega bukev v ohranjenih predalpskih bukovih gozdovih (*Abieti-Fagetum praealpinum*) do 50 % deleža v lesni zalogi, jelka od 10 do 40 % in smreka od 10 do 20 %. Verjetno je bil v naravnih predalpskih jelovo-bukovih gozdovih v Beli delež smreke nekoliko večji kot te vrednosti.

4.4 STRUKTURA LESNE ZALOGE ŽIVIH IN MRTVIH DREVES V SESTOJIH

Poprečna skupna lesna zaloga dreves na vseh ploskvah v optimalni fazi znaša $583 \text{ m}^3/\text{ha}$ (100%). Od tega je poprečno $32.4 \text{ m}^3/\text{ha}$ (6%) mrtvih stoječih dreves in $13.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ mrtvih ležečih dreves (2.3%). Odstotek lesne zaloge mrtvih dreves je razmeroma visok že v naravnih gozdovih, ki so blizu kulminacije vitalnosti (v pionirskih stadijih gozda ob zgornji gozdni meji je delež mrtve biosubstance nižji), ob upoštevanju vseh razvojnih faz bi bil ta delež precej višji. V ploskvi, ki je v terminalni fazi, znaša namreč delež lesne zaloge živih dreves samo še 64 %, delež lesne zaloge stoječih mrtvih dreves 3 % in delež lesne zaloge mrtvih ležečih dreves kar 33 %.

Kako se delež lesne zaloge mrtvih dreves spreminja po gozdnih stratumih, je razvidno iz preglednice 4. Največ je mrtve biosubstance v stratumu jelovo-bukovih gozdov ($68 \text{ m}^3/\text{ha}$ ali 8%). Kot ilustracijo omenimo nekaj primerjav. HARTMAN (1987) je na podlagi analiz jelovo-bukovega pragozda Rajhenavski Rog ugotovil vrednosti 15% mrtve lesne mase od skupne lesne mase. Delež optimalnih in prebiralne faze v pragozdu znaša 72%. Pri raziskavah naravnih, z gozdno pašo obremenjenih jelovo-bukovih gozdov v bavarskih Alpah navaja BURSCHEL (1992) vrednosti od 10% do 30% glede na lesno zalogo z modusom pri večjih debelinah. Glede na dejstvo, da je bila upoštevana samo optimalna razvojna faza, vrednosti opazarjajo na relativno visoko mrtvo lesno maso proučevanega gozda v Beli.

Preglednica 4: Poprečna višina in struktura skupne lesne zaloge glede na stanje: živa drevesa, stoječa mrtva drevesa, ležeča mrtva drevesa

Table 4: Growing stock and structure of the dead biomass

	JE-BU		SKR BU-MA		VIS BU-MA		NAD SM-MA	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Živa drevesa <i>Living trees</i>	733	92	229	96	723	94	355	89
Mrtva stoječa drevesa <i>Dead standing trees</i>	51	6	6	3	25	3	35	9
Mrtva ležeča drevesa <i>Dead lying trees</i>	17	2	2	1	25	3	6	2

Lesna zaloga mrtvih dreves ima v nadomestnih gozdovih macesna in smreke največji delež (41m³/ha ali 11%). Velik delež dobro zakoreninjenega in odpornega macesna v lesni zalogi pomeni primerno velik delež stoječih mrtvih dreves. Lesna zaloga mrtvih dreves je najmanjša v visokogorskih gozdovih bukve in macesna na skrajnostnih rastiščih. Velika razlika med skupinama gozdov, ki poraščata isti vegetacijski pas, je verjetno posledica večjih naklonov bukovega gozda, ki je zato bolj pod vplivom snežnih plazov. Poleg tega mrtva biosubstanca že zaradi gravitacije bolj polzi v dolino. Deloma je lahko vzrok tudi hitrejša razpadanje bukovega lesa.

Tudi v visokogorskih bukovih gozdovih z macesnom je delež mrtve lesne mase majhen (50m³/ha ali 7%). V sestojih prevladuje bukev, zato je malo stoječih mrtvih dreves. KORPEL (1992) na podlagi raziskav bukovih pragozdov v vzhodnih Karpatih ugotavlja, da se vrednosti mrtve lesne mase lahko povzpnejo do 210m³/ha, vendar znašajo v optimalni fazi le redko več kot 30 do 50m³/ha. Prevladujejo ležeča mrtva drevesa (70-90%). Glede na njegova opazovanja bukve umirajo stoje, kmalu padejo na gozdna tla in razpadejo v 15 do 20 letih. Bukov torej poskrbi za hitro kroženje snovi.

Strukturo lesnih zalog živih in mrtvih dreves, glede na drevesne vrste za vse ploskve skupaj podaja preglednica 5. Razlike med deleži določene vrste, glede na delež živih in mrtvih dreves v skupni lesni zalogi, nakazujejo trende spreminjanja drevesne sestave. Delež živih in mrtvih dreves je odvisen od starosti, čeprav na to vplivajo še mnogi drugi dejavniki. Kot primer vzemimo macesen, ki je kot vrsta z globokim koreninskim sistemom na mehanske obremenitve bolj odporen kot druge drevesne vrste, zato verjetno v poprečnih razmerah mrtvo drevo pade dosti kasneje na tla kot drevo smreke ali bukve. V naravnih sistemih ni pomembna samo količina mrtve biomase, temveč tudi porazdelitev in struktura (po drevesnih vrstah, glede na stanje).

Preglednica 5: Struktura lesne zaloge mrtvih dreves po drevesnih vrstah za vse ploskve skupaj in po stratumih gozdov v odstotkih

Table 5: Tree species composition of the dead biomass for all plots and forest groups

	Skupaj Σ		JE-BU		SKR BU-MA		VIS BU-MA		NAD SM-MA	
	%		%		%		%		%	
	stoj.	lež.	stoj.	lež.	stoj.	lež.	stoj.	lež.	stoj.	lež.
Smreka / <i>Spruce</i>	15	33	22	47	/	/	15	23	18	64
Jelka / <i>Fir</i>	28	10	69	33	/	/	12	3	19	/
Macesen / <i>Larch</i>	45	27	/	6	/	/	38	34	13	36
Bukev / <i>Beech</i>	12	30	10	14	100	100	35	40	50	/

Jelke je v skupnem veliko več med mrtvo lesno maso kot med živo. Jelka izgublja vitalnost na celotnem proučevanem področju. Velik delež macesna med mrtvimi drevesi je le v manjši meri posledica socialnega boja, mnogo pomembnejši vzrok je počasna razgradnja lesa. Zanimivo je, da je delež bukve med mrtvo biosubstanco manjši kot med živo, kar lahko pomeni dolgoročno fluktuacijo v smeri bukve, čeprav je delno tudi posledica hitrejšega razpadanja lesa bukve. Nadaljnja členitev skupnih lesnih zalog po drevesnih vrstah je zaradi zelo različne sestave smiselna le po stratumih gozdov (pregl. 5).

V jelovo-bukovem gozdu je opazno izrazito pešanje jelke, medtem ko je delež bukve med mrtvimi drevesi majhen. V stratumu visokogorskih bukovih gozdov na skrajnostnih rastiščih je med mrtvo biosubstanco samo bukev. V visokogorskih bukovih gozdovih z macesnom so deleži drevesnih vrst glede na stanja lesne zaloge še najbolj izenačeni. Tudi v bližnji prihodnosti ni pričakovati večjih sprememb v drevesni sestavi. Nekoliko večji delež macesna med mrtvimi drevesi je posledica socialnega boja. Bukev dohiteva svetloljubni macesen, ki mu že upada višinski prirastek. Vzrok je v zamiku med kulminacijo višinskega prirastka pri nadstojnem macesnu in podstojni bukvi. V nadomestnih gozdovih macesna in smreke je v razredu mrtvih stoječih dreves večji delež macesna glede na živa drevesa, v razredu ležečih mrtvih dreves je več smreke. Macesen še dolgo po odmrtnju zaradi odlične zakoreninjenosti in počasnega razpadanja vztraja v pokončnem položaju.

Zaključimo lahko, da se delež mrtvih dreves v skupni lesni zalogi z nadmorsko višino značilno ne spreminja, v absolutni vrednosti pa je mrtvih dreves manj. Značilno se z nadmorsko višino spreminjata vrstna sestava in struktura mrtve biosubstance dreves. Z naraščajočo nadmorsko višino prevladujejo skladno s spremembo drevesne sestave predvsem vrste z veliko hidrofobnih snovi ter počasno razgradnjo biosubstance (bukev-smreka-macesen). Tak "konzervativen" način sproščanja zbrane organske materije je prilagoditev na surove življenjske razmere in pomeni ohranjanje snovi in energije "na mestu".

4.4.1 Razmišljanje o pomenu mrtve biosubstance v gorskih gozdovih

Kot primer lahko navedemo naslednje zglede delovanja mrtve biosubstance na energetske tokove in snovna kroženja v ekosistemih. Kjer se menjavajo letni časi, se drevesa v pozni jeseni pripravijo na nizke zimske temperature s procesom otditve, ki je ena od najpomembnejših fiziololoških sprememb v rastlinah pred nastopom zimske dormance. Otrditev pomeni toleranco protoplazme na nizke zimske temperature, je genetsko določena ter zelo spremenljiva glede na drevesno vrsto, še posebej pa glede na razvojni stadij posameznega osebka. Otrditev sprožijo prve temperature nekaj stopinj nad ničlo

v pozni jeseni. Odvija se v več zaporednih fazah, od katerih vsaka pomeni pripravo za naslednjo. V prvi fazi otrditve se v protoplazmi nabirajo sladkor in druge zaščitne snovi, vsebina vode v celicah se zmanjša na minimum, centralna vakuola pa se razdeli na večje število manjših. V naslednji fazi otrditve, ki jo sprožijo še nižje temperature, se struktura biomembrane in encimov reorganizira tako, da so celice sposobne preživeti še nižjo vsebnost vode zaradi prisotnosti ledu (LARCHER 1983).

Odmrta drevesa tega varovalnega mehanizma nimajo več in sledijo vodnemu režimu svojega okolja. Obilne padavine navlažijo debla do točke nasičenosti, med sušo pa zbrano vodo počasi oddajajo svoji okolici. Pozimi pri nizkih temperaturah voda v mrtvi organski snovi zmrzuje drugače kot v tleh. Na ta način trohneča debla in druga mrtva organska substanca uravnavajo vodni režim.

Mrtva substanca plemenitih listavcev in bukve je zaradi manjšega deleža hidrofobnih substanc v tkivu (smole, tanini ...) bolj izpostavljena spremembam vodnega režima v okolju, večja je tudi njena vodna kapaciteta. Zato so v gorskem gozdu, iz katerega so bili v preteklosti izrinjeni, toliko pomembnejši. Če k temu dodamo še podatek, da je višek padavin v Savinjskih Alpah v začetku novembra in da je takrat večina dreves v stanju zimske otrdelosti, torej ne sprejemajo vode iz okolja, oziroma jo sprejemajo minimalno, asimilacija in evapotranspiracija sta minimalni, nam je na dlani eden izmed vzrokov neuravnoteženosti vodnega režima gorskih ekosistemov.

Pomemben je vpliv mrtve biosubstance na pomladek. Po ugotovitvah STUARTA in AGEEA (1989) naj bi imel pomladek pod stoječim mrtvim sestojem zaradi uravnalnega delovanja mrtve substance na vodni režim boljše vlažnostne razmere kot tisti na prostem, še bolj pa kot pomladek pod krošnjo, saj nima konkurence v koreninskem sistemu. To je pomembno v predelih z manj padavinami, oziroma oblikami humusa, ki slabo zadržujejo vodo, ter za določene občutljivejše drevesne vrste.

Veliko vlogo ima mrtva biosubstanca pri pomlajevanju smreke v gorskih gozdovih. Gozdna tla nudijo smrekovim klicam manj ugodne razmere za kalitev in razvoj kot trohneča debla, tako da je število mladíc po nekaterih raziskavah kar za 97 % manjše in kakovostno precej slabše (HILLGARTER 1971, OTT 1989). Prednosti pomlajevanja na trohnečih deblih so v ugodni mikroklimi, manjši konkurenci v koreninskem pletežu ter v ugodnem vodnem in toplotnem režimu. V optimalni fazi gozdnega ekosistema se v mrtvi lesni masi zbirajo hranila in energija. Ko nastopi čas endogene regeneracije ekosistema, se hranila in energija kontrolirano in postopno sproščajo, kar omogoči rast in razvoj prihajajoči generaciji. Še posebej je pomembna izravnalna in puferska sposobnost mrtve biosubstance ter celotnega kompleksa tal, kadar poteka regeneracija ekosistemov pretežno eksogeno (katastrofe).

4.5 PORAZDELITEV DREVES NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH

4.5.1 Analiza porazdelitve dreves po površini

Porazdelitev dreves v sestojih po površini lahko z matematičnim modelom opišemo na naslednje tri načine: enakomerna porazdelitev, naključna porazdelitev in gručasta porazdelitev osebkov (ODUM 1971). Izrazito naključna porazdelitev je v naravi redka, izjemoma se pojavlja v zelo izenačenem okolju s populacijami, ki ne težijo k rasti v skupinah. Enakomerna porazdelitev nakazuje veliko konkurenco med organizmi. Šopasta porazdelitev pomeni določeno vzajemnost in organizacijo. Določitev vzorca porazdelitve dreves ter stopnje njihove kolektivnosti je potrebna za razumevanje delovanja gozdnega ekosistema.

Porazdelitev dreves v prostoru smo proučili z metodo analize razdalje do najbližjega soseda (VANDERMEER 1990, KOTAR 1980), ki je zelo razširjena v ekologiji rastlin. Uporabna je predvsem takrat, ko poznamo natančno lego osebkov. Za vsakega je potrebno izračunati razdaljo do najbližjega soseda (r_i), nato pa še poprečje teh razdalj (\bar{r}). Pri porazdelitvi dreves po površini je srednja razdalja do najbližjega soseda enaka

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N}$$

Če so osebkki porazdeljeni slučajnostno, je pričakovana vrednost za \bar{r}_{rand} enaka

$$\bar{r}_{rand} = \frac{1}{2(N/A)^{1/2}}$$

kjer A pomeni velikost ploskve (merjeno v istih enotah na kvadrat, kot je razdalja). Mera za agregacijo je sestavljena iz poprečne razdalje do najbližjega soseda, ki je v razmerju s teoretično srednjo razdaljo, izračunano na podlagi gostote sestoja. Mera za agregacijo je torej naslednja:

$$R = \frac{\bar{r}}{\bar{r}_{rand}}$$

Če je razmerje enako ena, pomeni, da je bil vzorec izbran iz slučajnostno porazdeljene populacije. Če je razmerje manjše kot ena, je porazdelitev dreves šopasta; če pa je večje kot ena, je porazdelitev enakomerna. Drugače povedano, manjše je razmerje, bolj je izražena šopasta struktura. Vrednosti za proučevane ploskve in stratumne prikazuje preglednica 6.

Preglednica 6: Indeks agregacije (R) po ploskvah (PL) in stratumih gozdov

Table 6: Aggregation index (R) for the plots (PL) and forest groups

PL	R	Stratum gozdov <i>Forest stratum</i>	PL	R	Stratum gozdov <i>Forest stratum</i>
1	1.04	JE-BU	12	1.08	VIS BU-MA
2	1.13	JE-BU	13	1.27	VIS BU-MA
3	1.13	JE-BU	14	1.03	VIS BU-MA
4	1.03	JE-BU	15	0.94	VIS BU-MA
6	1.01	VIS BU-MA	16	0.80	VIS BU-MA
7	0.89	NAD MA-SM	17	1.04	NAD MA-SM
8	0.45	NAD MA-SM	18	0.72	NAD MA-SM
9	0.70	SKR BU-MA	19	0.97	NAD MA-SM
11	0.64	SKR BU-MA	20	0.71	NAD MA-SM

V stratumu jelovo-bukovih gozdov je vzorec porazdelitve zelo blizu slučajnostnemu, vendar nekoliko na strani enakomerne porazdelitve. Splošna porazdelitev osebkov izraža močno konkurenco med glavnimi drevesnimi vrstami v jelovo-bukovem gozdu.

Drevesa v visokogorskih bukovih gozdovih z macesnom so bolj slučajnostno porazdeljena, a še vseeno bolj na strani enakomerne porazdelitve. Izjema so najvišje ploskve, kjer je šopasta struktura zaradi vegetativnega pomladka bukve že dobro izražena. Porazdelitev dreves bukve po površini je v vseh tipih naravnih visokogorskih gozdov blizu slučajnostni. Zaradi močne konkurence v prostoru krošenj se v nekaterih sestojih v optimalni fazi približuje tudi enakomerni porazdelitvi. V visokogorskih gozdovih na skrajnostnih rastiščih je zaradi vegetativnega razmnoževanja prevladujoča šopasta porazdelitev dreves.

V stratumu visokogorskih bukovih gozdov na skrajnostnih rastiščih in stratumu nadomestnih gozdov macesna in smreke prevladuje šopasta porazdelitev osebkov, čeprav gre za sukcesijsko različna stadija. V nadomestnih gozdovih smreke in macesna je šopasta struktura dosti bolj izražena v mlajših sukcesijskih stadijih kot v starejših (graf. 6). Torej se v nadomestnih gozdovih macesna in smreke šopasta razporeditev s starostjo izgublja, vedno bolj pa zaradi konkurence prevladuje individualnost (enakomerna porazdelitev). Čisti macesnovi sestoji imajo v optimalni razvojni fazi bolj šopasto porazdelitev osebkov, kar zopet kaže na močan antropozoogeni vpliv. Vzrok šopaste porazdelitve klimaksnih visokogorskih bukovih gozdov na skrajnostnih rastiščih je predvsem vegetativni način pomlajevanja bukve.

4.5.2 Analiza socialnih razmerij med drevesnimi vrstami ob gradientu nadmorskih višin

Vertikalno strukturiranost sestojev lahko opišemo s sestojnimi sloji. Da bi ugotovili spremembe v socialni sestavi sestojev z nadmorsko višino, smo analizirali porazdelitev drevesnih vrst po sestojnih slojih in po treh razredih nadmorskih višin. Sestojnih slojev je pet (razširjena IUFRO klasifikacija), šesti

pa predstavlja mrtva drevesa v sestoji. Porazdelitve dreves po sestojnih slojih, drevesnih vrstah in višinskih razredih so razvidne iz preglednice 7.

V prvem višinskem razredu po številčnosti prevladuje bukev. Modus porazdelitve po sestojnih slojih ima v razredu nadvladajočih dreves. Vendar je njena zastopanost tudi v ostalih sestojnih slojih precej enakomerna, iz česar je razvidna velika rastna moč bukve in raznomerna zgradba gozda v tem razredu nadmorskih višin. Tudi smreka in macesen imata modusa porazdelitve v sloju nadvladajočih dreves. V tem sloju so drevesne vrste precej izenačene. Porazdelitev jelke po socialnih položajih pa priča o upadanju vitalnosti. Modus porazdelitve je pri drevesih spodnjega sloja (5) in pri mrtvih drevesih (6). Tudi KORPEL (1995) na podlagi analiz pragozdnih ostankov ugotavlja, da se tipične enomerne in enoslojne strukture pojavljajo v naravnih bukovih gozdovih le izjemoma, so malopovršinske in trajajo le prehodno obdobje.

Preglednica 7: Porazdelitev števila dreves po drevesnih vrstah glede na sestojne sloje in višinske razrede

Table 7: *Distribution of the tree species and social structure in three altitudinal groups*

	1100-1300m n.v						1300-1580m n.v						1580-1810m n.v					
	Socialni položaj						Socialni položaj						Socialni položaj					
	<i>Social structure</i>						<i>Social structure</i>						<i>Social structure</i>					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Smreka / <i>Spruce</i>	29	10	7	14	25	44	62	20	20	34	63	7	13	2	4	3	7	21
Jelka / <i>Fir</i>	7	2	0	1	23	38	2	1	0	2	1	2	1	0	0	0	0	0
Macesen / <i>Larch</i>	11	7	2	1	0	22	46	4	5	5	4	25	65	24	10	23	10	56
Bukev / <i>Beech</i>	48	33	34	35	6	42	37	59	45	55	19	33	24	24	15	6	28	9

V drugem višinskem razredu se modus porazdelitve pri bukvi pomakne iz sloja nadvladajočih dreves v sloj vladajočih dreves (2). Macesen ima izrazitejši modus v razredu nadvladajočih dreves. V tem razredu je močno prisotna tudi smreka. Z naraščajočo nadmorsko višino sta v razredu nadvladajočih dreves

pridobila macesen in smreka, zmanjšal se je delež bukve in še posebej jelke. Tudi v tem razredu so vsi sloji dobro zastopani, kar nakazuje razgibano zgradbo sestojev. V tretjem razredu nadmorskih višin macesen dominira v sloju nadvladajočih dreves. Število drugih drevesnih vrst v tem sloju se zelo zmanjša, še največ je smreke. Modusa pri bukvi in pri smreki sta v spodnjem socialnem sloju.

Iz analize porazdelitve drevesnih vrst po sestojnih položajih je razvidna menjava drevesnih vrst po posameznih sestojnih slojih z naraščajočo nadmorsko višino. V prvem razredu nadmorskih višin v sloju nadvladajočih dreves prepričljivo dominira bukev, v drugem razredu prevlada smreka in v zadnjem razredu macesen. Iz analize je razvidno, da je v vseh višinskih razredih izražena vertikalna razgibanost sestojnih zgradb.

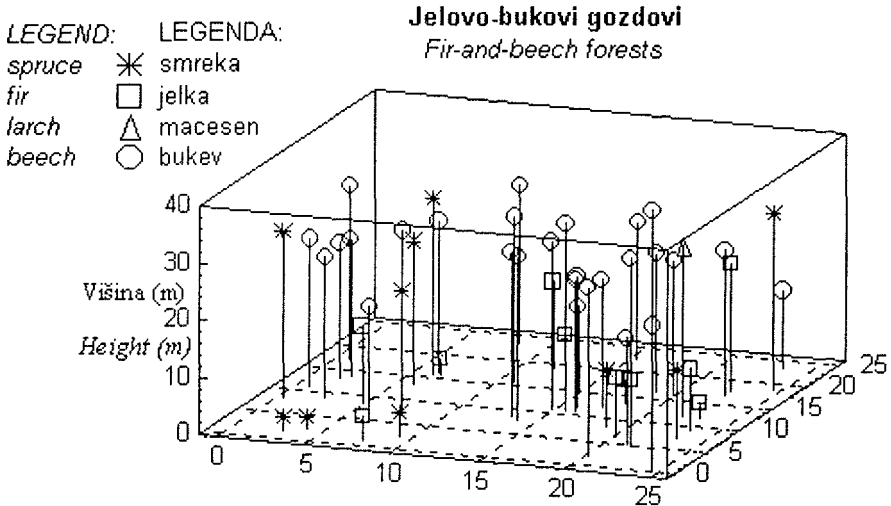
4.5.3 Analiza razmestitve dreves v prostoru

S prostorskimi modeli smo združili vizualni način študija objektov s kvantitativnim. Prostorski model je sicer poenostavitev naravnih razmer, vendar omogoča opazovanje objektov z različnih zornih kotov ter abstrakcijo manj pomembnega. Gozdne sestoje smo proučevali najprej v tlorisu, nato smo poiskali najznačilnejše narise glede na tloris. Prispevek predstavlja samo tridimenzionalne modele (grafikoni 3, 4, 5, 6).

4.5.3.1 Jelovo-bukovi gozdovi

Iz grafikona je razvidno, da vlada v stratumu jelovo-bukovih gozdov velika vertikalna razgibanost. Smreka je nekoliko nadrasla bukvi, ta pa jelki. Od primešanih vrst je macesen med najvišjimi, javor pa dosega višino bukve (graf. 3). Na nekaterih ploskvah je nakazano drevesno razpadanje gozda. Z odpiranjem gozda zaradi izpada posameznih jelovih, delno tudi starejših bukovih dreves se razbija težnja gozda v optimalni fazi k čim popolnejši zapolnjenosti ravnega prostora s krošnjami; povečuje se razslojenost. Na ploskvah lahko zasledujemo različne razvojne smeri gozda. Na večini ploskev jelko zamenjuje

bukev (graf. 3), na nekaterih ploskvah gre zamenjava v korist smreki. Čeprav je bukev nekoliko nižja kot iglavci, v zgornjem sloju intenzivno tekmuje za življenjski prostor. Ima zelo gosto in veliko krošnjo, ki je tudi izjemno prilagodljiva in zapolni vsako vrzel v sklepu sestoja.



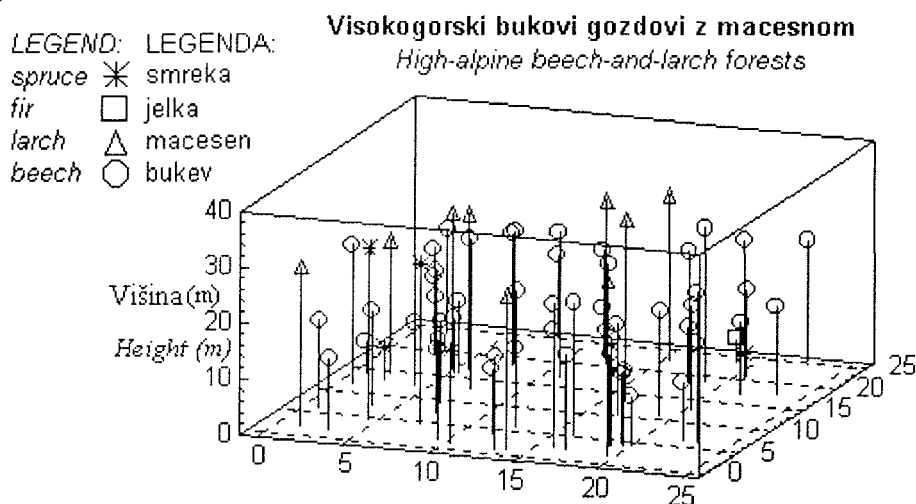
Grafikon 3: Prostorska predstavitev raziskovalne ploskve (PL2) v jelovo-bukovem gozdu

Figure 3: A three dimensional representation of the fir-and-beech forest, plot PL2

4.5.3.2 Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom

V tem stratumu gozdov malopovršinska vertikalna strukturiranost ni več tako izražena, sestoji lahko preidejo v dvoslojnost (graf. 4). Zgoraj prevladujejo iglavci, spodaj bukev, ki zaradi sencozdržnosti gradi strnjene sestoje z zasenčenim pritalnim slojem. Vendar je tudi spodnji sloj bukve precej razčlenjen. Sestoji brez macesna v sloju nadvladajočih dreves razvijejo enomernejši sklep krošenj, ki je statično verjetno labilnejši. Nasprotno je zgradba krošenj v sestojih

s posameznimi nadvladajočimi macesni kot učvrščevalci sestoja bolj razgibana in slabi moč vetra. Z naraščajočo nadmorsko višino se stopnjuje vertikalna in horizontalna raznomernost sestojev. Vzrok za to so slabše razmere za uspevanje bukve, kar se kaže v večji višinski razliki med bukvijo in nadraslimi iglavci ter vedno večji delež vegetativnega razmnoževanja bukve. Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom preidejo v visokogorske bukove gozdove na skrajnostnih rastiščih le na jugovzhodni strani Dleskovške planote. Drugje se nadaljujejo v nadomestne gozdove macesna in smreke, ki so nastali na nekdanjih pašnikih. Večja raznomernost sestojev, ki se kaže na prehodu iz visokogorskega v podalpinski pas, je lahko posledica človeškega delovanja v bližnji preteklosti



Grafikon 4: Prostorska predstavitev raziskovalne ploskve (PL15) v visokogorskih bukovih gozdovih z macesnom

Figure 4: A three dimensional representation of the plot (PL15) located in high-alpine beech- and-larch forests

4.5.3.3 Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom na skrajnostnih rastiščih

Skupina gozdov porašča skrajnostna rastišča na strmih južnih legah z mnogo padavinami. Zaradi velikih strmin in obilice snega gozd ogrožajo erozija in snežni plazovi. Visokogorski bukovi gozdovi na skrajnostnih rastiščih so v Savinjskih Alpah ohranjeni zelo fragmentarno, kar priča o veliki občutljivosti tega ekosistema in o dolgotrajnem vračanju v prvotno stanje po prenehanju degradacije. Poleg skrajnostnih razmer, ki jih poraščajo in se odražajo v biomasi in produkciji teh sestojev, se ločijo od visokogorskih bukovih gozdov tudi po značilni ukrivljeni rasti bukev in macesnov, nastali zaradi dolgotrajnega vpliva snega na rast dreves (FANTA 1981). Graditelja sestojev sta macesen in bukev. Večinoma vegetativna bukev tvori šope, v sredini katerih rastejo bukve, ki so verjetno generativnega izvora, ali pa precej višji macesni kot učvrščevalci sestojev (graf. 5). Zaradi obilice snega in stalnega plazenja imajo tudi macesni močno ukrivljeno deblo. Smreke je v biomasi malo, prisotna je predvsem v pomladku. To kaže na večjo prisotnost smreke v bodočnosti v teh sestojih. Vidni so še ostanki posameznega rušja. V prerezu Bela najdemo neposredno ob teh gozdovih v enakih ekoloških razmerah sukcesijski stadij nadomestnih gozdov smreke in macesna (ploskve 11, 9 ter 7 in 8). To je dokaz o degradaciji okoliških gozdov v preteklosti.



Grafikon 5: Prostorska predstavitev raziskovalne ploskve (PL11) v visokogorskih bukovih gozdovih z macesnom na skrajnostnih rastiščih

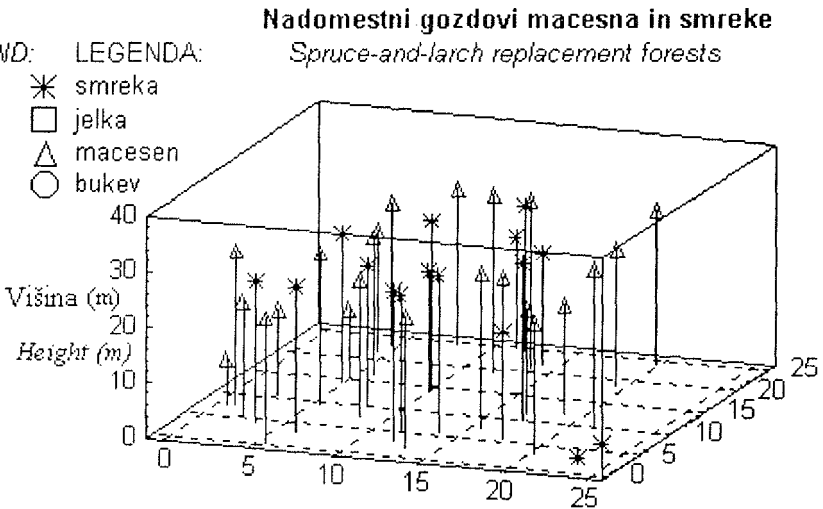
Figure 5: A three dimensional representation of the plot (PL11) located in high-alpine beech-and-larch forest on extreme locations

4.5.3.4 Nadomestni gozdovi macesna in smreke

V subalpinskem rastlinskem pasu je na začetni stopnji sukcesije takoj po opustitvi pašnika prvi pionir rušje. Za njim prodirata macesen in smreka, precej manj je listavcev; pojavljajo se predvsem velikolistna vrba (*Salix appendiculata*), jerebika (*Sorbus aucuparia*) ter pritlikava nešplja (*Sorbus chamaemespilus*). Populacija smreke doseže maksimum nekoliko v zaostanku za glavnim valom macesna. V tej razvojni fazi je gozd horizontalno in vertikalno zelo heterogen. Ploskovno prevladujejo šopaste strukture zelo različnih velikosti, v katerih sta udeleženi obe drevesni vrsti (graf 6). V mešanih šopih prevladuje macesen dominanten, kajti smreka se v macesnove šope naknadno podseli. Obe vrsti tvorita šope tudi samostojno, vendar so smrekovi šopi pogostejši. V naslednjih fazah sukcesije pride postopno do strnjenega gozda, ki lahko delno še ohrani šopasto strukturo. Večinoma se gozd popolnoma ne strne. Vzrokov za to je lahko več, vendar sta

najpomembnejša paša in previsok stalež rastlinojede divjadi. V tej sukcesijski fazi so gozdovi že veliko bolj enomerni. Glavna tvorca sestojev, smreka in macesen, sta izenačena v tekmovalni moči.

Pri hitrem pregledu sestojev prevlada vtis, da macesen z večanjem nadmorske višine v sestojih prevlada. Obstaja namreč veliko popolnoma čistih enomernih macesnovih sestojev. Vendar pri natančnejšem proučevanju vegetacije lahko ugotovimo, da mu je smreka na sedanji gozdni meji še precej enakovreden konkurent. Še več, posamezne osebke in skupine smrek lahko opazimo tudi višje med rušjem. Takšne skupine macesnov in smrek najdemo do vrha Križevnika (1910 m n.v.). Proti vrhu ostajajo samo še posamezna drevesca, ki se komaj dvignejo nad okoliško rušje. Tu macesen po številu že močno prevladuje. Domnevamo lahko, da postane macesen konkurenčno sposobnejši od smreke precej višje, kot je lokacija sedanjih čistih macesnovih sestojev. Sprememba mešanih sestojev v bolj ali manj čiste macesnove sestoje bi v manj antropozoogeno vplivanem okolju potekala dosti bolj postopno in na višjih nadmorskih višinah.



Grafikon 6: Prostorska predstavitev raziskovalne ploskve (PL17) v nadomestnih gozdovih smreke in macesna

Figure 6: A three dimensional representation of the plot (PL17) located in spruce-and-larch replacement forests

Zato lahko predpostavimo, da so tudi nižji, predvsem macesnovi sestoji nastali povsem antropogeno. Pastirji so v preteklosti pospeševali macesen na račun smreke. Vzrokov za to je več: macesen je bilo težje izkoreniniti z ognjem, les macesna je bolj trajen in zato bolj prikladen za obnovo pastirskih stanov in krošnja macesna je dovolj redka, da omogoča rast travam. Pas naravnih čistih macesnovih gozdov je bil prvotno v Savinjskih Alpah precej ožji in lociran višje, podobno kot so ugotovili s palinološkimi raziskavami surovega humusa v Avstrijskih Alpah (KAHLS 1974).

4.6 HIPOTEZA O VZORCIH REGENERACIJE NARAVNIH GORSKIH GOZDOV

Izboljšati oziroma ponovno privzgojiti izgubljeno stabilnost gorskih gospodarskih gozdov pomeni pot nazaj k stabilnim zgradbam naravnih gorskih gozdov. Te pa je mogoče privzgojiti le s posnemanjem vzorcev regeneracije naravnih gozdov, ki pomenijo prilagoditev na skrajnostne visokogorske razmere ter preizkušen algoritem recikliranja v preteklih tisočletjih razvitih zgradb naravnih gozdov. Tako STUART in AGEE (1989) ugotavljata, da je zgradba naravnih sestojev funkcija naravne mortalitete sestojev ter tipa, frekvence in intenzivnosti biotskih ali abiotskih motenj.

V podobnih ekoloških razmerah težijo gozdovi vedno znova k podobnim zgradbam, ki jih seveda ne smemo obravnavati statično. Zelo zanimivo vprašanje s tem v zvezi je, kateri mehanizmi sprožajo uveljavitev vedno enakih strukturnih oblik na podobnih rastiščih. Podobno kot pri nastajanju rastlinskih in živalskih organov in tkiv ima v začetnih regeneracijskih fazah veliko vlogo naključnost. V naslednjih fazah pa verjetno naravna selekcija prevzame vlogo fizikalno-kemičnih procesov, ki usmerjajo nastanek tkivnih struktur v rastlinskih in živalskih organizmih (GIERER 1985, SHELDRAKE 1991).

V jelovo-bukovem gozdu so tri glavne drevesne vrste v rasti enakovredne, kar se kaže v veliki vertikalni in horizontalni razgibanosti sestojnih zgradb, saj enakovrednost drevesnih vrst omogoča drevesno in skupinsko mešanost drevesnih vrst. Tudi v starejših optimalnih fazah sestoji ne težijo k izraziti enomernosti. Zelo

verjetno je, da zaradi malopovršinske mešanosti različnih drevesnih vrst sestoji razpadajo praktično drevesno. Malopovršinska mozaična zgradba nastaja z dolgotrajnim procesom regeneracije jelovo-bukovih gozdov. Velikost in hitrost širjenja odprtin, ki nastajajo v sestojih po odmrtnju orjakov, določata dotok svetlobe, ki poleg naključnosti in splošnih ekoloških razmer najmočjeje vpliva na mešanost pomladka. Na hitrost širjenja odprtin ne vpliva samo biomasa drevesa, ampak predvsem drevesna vrsta, saj le-ta določa čas, ki bo minil od odmrtnja orjaka do njegovega dokončnega padca. Iz raziskave dinamike razgradnje naravnih gozdov drevesnega rušja (*Pinus montana*) v švicarskem narodnem parku (BRANG 1989) je razvidno, da lahko že odmrta drevesa stojijo v sestoju do 94 let, preden padejo na tla. Gre za podobnost z macesnom v jelovo-bukovem gozdu. Na splošno je razgradnja stoječih dreves dosti počasnejša. Tako je proces regeneracije gozdov, ki je usmerjan predvsem endogeno, zelo dolgotrajen.

Velika raznolikost drevesnih vrst z različnimi ekološkimi potrebami zagotavlja vsaki velikosti, obliki in položaju odprtine v sestoju ustrezno zmes pomladka. V majhnih odprtinah, ki tako nastajajo, imajo prednost predvsem sencozdržnejše drevesne vrste. Večje odprtine katastrofalnega nastanka so v jelovo-bukovih gozdovih redke tudi zaradi razmeroma vlažnejših, zavetnih in zaščitenih leg, ki jih poraščajo. Tako pomladek macesna v močni konkurenci le redko uspe, vseeno pa njegov delež ni zanemarljiv. Struktura sestojev je v jelovo-bukovih gozdovih predvsem posledica naravne mortalitete (endogena razgradnja). V primeru večjih katastrof (eksogena razgradnja) pa macesen in drugi pionirji nastale odprtine hitro zapolnijo. Regeneracija jelovo-bukovega gozda ubere takrat daljši cikel prek posameznih sukcesijskih faz. Paleta različnih možnosti regeneracije jelovo-bukovih gozdov, od katerih ima razmeroma majhno verjetnost samo katastrofalna pot razgradnje sestoja, zagotavlja trajno malopovršinsko mešanost drevesnih vrst, ki je osnova pestre zgradbe teh gozdov.

Visokogorski bukovi gozdovi z macesnom v primerjavi z jelovo-bukovimi gozdovi težijo k večji enomernosti, še posebno v optimalni in terminalni fazi. Manjša vrstna pestrost pomeni manjšo vertikalno razgibanost sestojev. Velika prilagodljivost krošnje pri bukvi pomeni večjo konkurenčnost glede na ostale drevesne vrste, s tem tudi

večjo ekscentričnost. Ti gozdovi poraščajo revnejša rastišča, kar pomeni slabšo zakoreninjenost ter tudi vetru bolj izpostavljene lege, zato je verjetnost vetrolomov in katastrofalnega pomlajevanja večja, verjetnost nemotenega sosledja razvojnih faz od mladja do faze razpadanja pa manjša. Z epizodnimi regeneracijskimi vali nastaja sicer raznodoben gozd, vendar je raznodobnost večjepovršinska kot v jelovo-bukovem gozdu. Velikost pomladitvenega vala je funkcija jakosti naravnih motenj (predvsem vetrolomov).

Drevesno razpadanje sestojev, ki v jelovo-bukovih pragozdovih prevladuje, je v bukovih visokogorskih gozdovih bolj redko. Odprtine, nastale s podiranjem manjših skupin bukovih dreves, s še vedno bolj atlantsko klimo že nudijo zadovoljive ekološke razmere za nasemenitev macesna. Zaradi močne konkurence bukve in smreke se macesen uveljavlja izrazito individualno. Na večjih golih površinah pa macesen v strnjenih sestojih popolnoma prevzame vlogo pionirja. Šele po propadu pionirskega macesnovega gozda, ki se mu pridruži tudi smreka, se zopet uveljavi klimaksni gozd, v katerem prevladuje bukev.

Verjetnost nastopa katerega koli scenarija regeneracije gozdov je funkcija strukture in življenjske moči gozda, velikosti, strukture in vitalnosti okoliških sestojev in seveda stohastike naravnih katastrof. Rezultati ameriške ekološke študije "Hubbard Brook Ecosystem study" (BORMANN / LIKENS 1986) nakazujejo možnost, kako lahko tudi v ekosistemih, ki se regenerirajo brez večjih eksogenih motenj, pride do pomladitve pionirjev. Večjo možnost za uspeh imajo v drugem delu terminalne faze. V začetku terminalne faze postanejo endogene motnje, nastale s podiranjem posameznih starih dreves, zelo pomemben dejavnik, ki določa prevlado v zgornjem sloju pomlajenih drves. Endogene motnje najprej pospešujejo sencozdržne vrste, ko se velikost in število podirajočih dreves povečata, kar izrazito vpliva na svetlobne razmere, postanejo v sloju pomladka pogostejše intermediarne ter tudi svetloljubne (pionirske) vrste. Iz raziskave je razvidno, da lahko vodi tudi pretežno endogena regeneracija ekosistemov k nastanku pestrih ekosistemov s celo paleto vrst, vključno s svetloljubnimi pionirskimi vrstami.

5 POVZETEK

V Savinjskih Alpah smo na dveh višinskih prerezih ob Dleskovški planoti proučevali zakonitosti spreminjanja vegetacije in zgradbe naravnih gorskih gozdov. S klasifikacijo in ordinacijo vegetacijskih popisov (ROBIČ 1992) in strukturnih značilnosti sestojev smo izločili štiri značilne skupine gozdov (DIACI 1994): jelovo-bukove gozdove, visokogorske bukove gozdove z macesnom, visokogorske bukove gozdove na skrajnostnih rastiščih in nadomestne gozdove smreke in macesna.

Primerjava sestojev med razredi nadmorskih višin in stratumi gozdov je pokazala, da se lesne zaloge, volumenski prirastki in srednje višine dreves značilno nižajo z večanjem nadmorske višine. Vendar nekateri sestoji dosegajo zelo visoke vrednosti lesnih zalog celo blizu gornje gozdne meje, kar potrjuje domnevo o dejansko višji potencialni gornji gozdni meji. Skupna značilnost bukovih sestojev je, da imajo sicer precej raznomerno in večslojno, a hkrati "zaprto" zgradbo. V večini nadomestnih gozdov macesna in smreke prevladuje "odprta" - prebiralna zgradba sestojev, ki pa je glede na rezultate vegetacijskih in dendrometrijskih analiz posledica motenj v razvoju sestojev. Zaradi občasne paše v tej skupini gozdov je primarnega povzročitelja motenj težko določiti.

Zgradba vseh bukovih gozdov je zaradi vitalnih in prilagodljivih krošenj močno sklenjena. Pomembno vlogo imajo macesen in ostale primešane vrste, ki kot ogrodje ojačajo večslojno plast sklenjenih krošenj bukovega gozda in jo hkrati še bolj razgibajo. Macesen je prisoten že v jelovo-bukovem gozdu. Z naraščanjem nadmorske višine se njegov delež večja, dokler kot utrjevalec bukovih šopov ne doseže gornje gozdne meje.

V Julijskih Alpah in delno tudi v Kamniških in Savinjskih Alpah naj bi imeli visokogorski bukovi gozdovi zaradi golosečenj in požigalništva v preteklosti predvsem enodobno sestavo (PLESNIK 1971, MARINČEK 1987). Obveljala je razlaga, da so taki dvoslojni sestoji macesna in bukve nastali v posebnih okoliščinah, v katerih je imel macesen določeno prednost. Kot prvi naj bi se

pomladil na večjih golih površinah, nastalih zaradi golosekov, vetrolomov, snežnih plazov, oziroma na opuščeni planinah, pod macesen naj bi se v nadaljnjih stadijih sukcesije podselila bukev.

Vendar veliko dejstev govori v prid hipotezi, da so visokogorski in subalpinski bukovi gozdovi z macesnom na področju Dleskovške planote nastali pretežno naravno. Iz strukture starosti, premerov in višin lahko sklepamo na raznomernost in raznodobnost na majhni površini, kar zavrača hipotezo o antropogenem nastanku teh gozdov. Sečnje v preteklosti so na tako težko dostopnih terenih zahtevale večjo koncentracijo sortimentov. Za seboj pa so puščale velike površine enodobnih mladih smrekovih gozdov. Bukev je v zgornjem socialnem položaju velikokrat starejša od macesna, hkrati tudi mnoge bukve v spodnjih položajih dosegajo visoke starosti. Poleg tega je zgradba bukovih gozdov dovolj stabilna, da se je ohranila brez kakršnihkoli gojitvenih ukrepov v preteklih štiridesetih letih, torej v celotnem zgodovinskem obdobju, v katerem po najstarejših pisnih zgodovinski virih na proučevanem področju ni bilo nobene gozdarske dejavnosti, glede na pričevanje starejših gozdarjev pa še dlje.

Iz analiz dinamike višinskega priraščanja (DIACI 1992) lahko sklepamo, da ima macesen v mladosti dovolj rastne moči za prednost pred nekoliko počasnejšo bukvijo, da se učvrsti v zgornjem sloju ter celotno rastno dobo ohranja določeno prednost. Razlog, da se macesen v mladju sploh lahko uveljavi, je najverjetneje v naravno nekoliko večjepovršinskem obnavljanju naravnih bukovih gozdov z macesnom v primerjavi z jelovo-bukovimi gozdovi. Z nadmorsko višino namreč intenzivnost delovanja abiotskih dejavnikov narašča, z njimi pa verjetnost eksogenega obnavljanja sestojev.

Mrtva lesna masa ni pomembna le kot habitat mnogim živalskim in rastlinskim vrstam (MLINŠEK 1989, VSV / SBN 1992) in kot pomemben člen v ohranitvi ekostemskih povezav, ampak značilno vpliva na oblikovanje notranje klime zaprtih gorskih gozdov. Poleg količine, ki se v optimalni fazi proučevanih sestojev giblje od 3% do 11%, sta v obeh primerih zelo pomembni zgradba

(glede na drevesne vrste, ležeča-stoječa odmrta drevesa, velikost dreves....) in porazdelitev mrtve lesna mase v prostoru.

Raziskava je nakazala relativno "zaprtost" gorskih bukovih gozdov, poudarila je vlogo macesna in ostalih primešanih vrst kot nosilcev pestrosti in stabilnosti sestojev ter hkrati zelo pomembnih tudi pri kroženju snovi. V bodoče bi bilo potrebno več pozornosti posvetiti študiju ekologije pomlajevanja naravnih gorskih bukovih gozdov, saj je v mladju že zapisana zgradba odraslega gozda.

SUMMARY

The paper presents vegetation changes and alpine natural forest stands which was analysed in the Savinja Alps at two particular altitudes along the Dleska plateau. On the basis of two characteristics, the classification and ordination of the vegetation records (ROBIČ 1992) and the features of the stand structures, four characteristic forest groups were selected (DIACI 1994). fir-and-beech forests, high-alpine beech forests with larch, high-alpine beech forests growing on extreme locations and spruce-and-larch replacement forests.

The comparison between the stands at different altitudes and the particular stratum stands has shown that the growing stock, the volume increment and the mid-tree-height characteristically decrease whereas the altitude increases. However, some stands reach a fairly high growing stock even near the timberline, approving the hypothesis about a potentially higher upper forest limit. A common feature of all beech stands is a fairly irregular and several-layer composition which is nonetheless rather "closed". In the majority of replacement larch-and-spruce forests composed of the prevalent composition of the stands is the so called open selective stand composition. With regard to the results of the dendrometrical and vegetation analyses the composition is a consequence of the disturbances in the development of stands. As the group of forest is occasionally used for pasturing, it is difficult to state the primary cause.

Due to the vitality and adaptability of their tree tops, all beech forests have a very dense composition. Larches as well as other types of trees play an important role in being a firm skeleton of the encircling layer of the beech forest, making it also more variable. Larches can be found already in a spruce-and-beech forest. The higher the altitude, the higher the portion of larches that protect groups of beeches up to the upper forest limit.

Clear cutting and burning of the land made present beech forests in higher parts of the Julian and party also of the Kamnik and Savinja Alps have a evenaged structure (PLESNIK 1971, MARINČEK 1987). It has been agreed that such two-layer larch-and-beech stands developed in special circumstances in which the starting-point of the larch was better than that of the beech. It seemed to be the first young forest on large treeless areas that had developed after clear cutting, windbreaks, snow avalanches as well as on the areas of abandoned alpine settlements. The on-going succession brought beeches that found their place below the larches.

However, many facts support the hypothesis that the way of how the Dleska-plateau high-alpine and subalpine beech-and-larch forests came into existence was a natural one. On the basis of irregular and temporally different age, diameter and height structure observed on a small area it is possible to reject the hypothesis of antropozoogenic influence on the forest in the past. The locations of the cuts were not easily accessible and demanded a larger forest timber assortment concentration. Behind them they left large area of young, pure evenaged spruce forest. In the upper social position the beech is quite often older than the larch, and so is the beech in lower positions. Besides, the composition of the beech forests is steady enough to have survived by itself for forty years. According to the earliest written sources, the area has not been exploited by any forestry activities. However, some elder foresters claim that the period is even longer than forty years.

The analyses of the height increment dynamics (DIACI 1992) show that in its youth the larch is strong enough to have a better growing position than the

slower beech. In addition to this, it gets fixed in the upper stratum, thus keeping its position of advantage through the whole growth period. Most probably the larch could not appear among young trees at all, if the natural beech-and-larch forests did not restore themselves on a larger area as compared to the spruce-and-beech forests. A higher altitude means also stronger abiotic activities and so does the probability of the exogenous renewal of the stands.

The dead biomass is important not only as the living space for many species of animals and plants (MLINŠEK 1989, VSV / SBN 1992) thus playing an important part in the preservation of the correlations within ecosystem, but also has a characteristic impact upon the formation of the closed alpine forest climate. Apart from the quantity which varies from 3% to 11% in the optimum phase of investigated stands, both cases have two important features: composition (with regard to factors such as the species of the trees, the lying or standing weathered trees, the tree height) and the weathered wood mass distribution in space.

The research has shown that alpine beech forests are comparatively closed. It has also stressed the roles of the larch and other co-occurring species as those who largely contribute to the variety and stability of the stands and are at the same time very important in mass circulation. The composition of an older forest is reflected already in a young forest. Therefore, the researches to do in the future should be oriented to the ecology of regeneration of natural alpine beech forests.

VIRI

- ANDRE, J. / PONGE, J. F., 1993. Dynamique et stabilite des ecosystemes forestiers de montagne. Stabilite es gestion des forets de montagne - Actes du 1er Colloque International en Foret 25-27 Aout 1992 - Isere, Savoie, Haute-Savoie, s. 71-98.
- BAVIER, B., 1910. Forstliche Preisfrage: Welches sind die Ursachen des so häufigen Fehlens der natürlichen Verjüngung in alten Fichtenbeständen hoher Lagen, und wie kann dieser ungünstige Zustand beseitig werden? Wie sind solche Bestände inskünftig zu behandeln? - Schweiz. Z. Forstwes, 61, s. 145-201 in s. 227-236.
- BISCHOFF, N., 1987. Pflege des Gebirgswaldes; Leitfaden für die Begründung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern - Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern, 379 s.
- BORMANN, F. H., LIKENS, G. E., 1986. Pattern and Process in a Forested Ecosystem - Springer-Verlag, 253 s.
- BRANG, P., 1989. Untersuchungen zur Zerfallsdynamik in unberührten Bergföhrenwäldern im Schweizerischen Nationalpark. Schweiz. Z. Forstwes., 140, 2, s. 155-163.
- BURSCHEL, P., 1992. Totholz und Forstwirtschaft - AFZ, 21, s. 1143-1146.
- DIACI, J., 1992. Zgradba in razvoj naravne visokogorske in podalpinske gozdne vegetacije na Dleskovški planoti v Savinjskih Alpah - Magistrsko delo BTF, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 158 s.
- DIACI, J., 1994. Spreminjanje naravne gozdne vegetacije ob višinskem gradientu Veže - Dleskovške planote v Savinjskih alpah - Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44, s. 45-84.
- FANTA, J., 1981. *Fagus sylvatica* L. und das *Aceri-Fagetum* an der aplinen Waldgrenze in Mitteleuropäischen Gebirgen - Vegetatio 44, s. 13-24.
- GAMS, I., 1976. O zgornji gozdni meji na jugovzhodnem Koroškem - Geografski zbornik XVI, s. 155-192.

- GAMS, I., 1977. Gozd ob gornji meji uspevanja in varstvo narave - Varstvo narave, vol. 10, s. 23-31, Ljubljana.
- GIERER, A. 1983 : Die Physik das Leben und die Seele. PIPER, S. 310.
- HARTMAN, T., 1987. Pragozd Rajhenavski Rog - Strokovna in znanstvena dela 89, VTOZD za gozdarstvo BF, Ljubljana, 80 s.
- HILLGARTER, F. W., 1971. Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald Scatle/Brigels - Diss. Nr. 4619 ETH Zürich, 80 s.
- KALHS, J., 1974. Struktur und Entwicklungsdynamik im subalpinem Fichtenwald Schlossberg/Lienz - Dissertationen der Hochschule für Bodenkultur in Wien. No. 4, 130 s.
- KORPEL, Š., 1992. Ergebnisse der Urwaldforschung für die Waldwirtschaft im Buchen-Ökosystem - Allg.Forst-u.J.-Ztg., 21, s. 1148-1152.
- KORPEL, Š., 1995. Die Urwälder der Westkarpaten - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 310 s.
- KOTAR, M., 1980. Rast smreke *Picea Abies* (L.) Karst. na njenih naravnih rastiščih v Sloveniji - IGLG, Ljubljana, 250 s.
- KOTAR, M., 1985. Povezanost proizvodne zmogljivosti sestoja z njegovo gostoto - Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 26, s. 107-126.
- LARCHER, W., 1983. Physiological Plant Ecology - Corrected Printing of the Second Edition. Springer-Verlag, 303 p.
- LOVRENČAK, F., 1976. Zgornja gozdna meja v Kamniških Alpah v geografski luči (V primerjavi s Snežnikom) -Geografski zbornik, XVI/1, 189 s.
- LÜSCHER, F., 1990. Untersuchungen zur Höhenentwicklung der Fichtennaturverjüngung im inneralpinen Gebirgswald - Diss. ETH Nr. 8879, Professur für Waldbau der ETH-Zürich, 83 s.
- MARINČEK, L., 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem - Delavska enotnost, Ljubljana, 153 s.
- MAYER, H. / OTT, E., 1991. Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege - Gustav Fischer Verlag, 410 s.
- MLINŠEK, D., 1989. Pragozd v naši krajini - BTF, VTOZD za gozdarstvo, 157 s.

- ODUM, E. P., 1971. Fundamentals of Ecology - Third edition, W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pa., 836 p.
- OTT, E., 1989. Verjüngungsprobleme in hochstaudenreichen Gebirgswäldern - Schweiz. Z. Forstwes., 140, (1), s. 23-42.
- OTT, E., 1978. Zur Notwendigkeit der Pflege von Gebirgswäldern - Schweiz. Z. Forstwes., 129, (2), s. 101-116.
- OTT, E., 1976. Probleme des Gebirgswaldbaus - Schweiz. Z. Forstwes., 127, (2), s. 138-150.
- PITTERLE, A., 1993. Nachhaltig-multifunktionale Waldwirtschaft; Waldpolitisch-volkswirtschaftliche Ansichten eines zukunftsorientierten Waldbauers - Veröffentlichungen der Abteilung Gebirgswald, Band 1, Waldbau-Institut, Universität für Bodenkultur, Wien, 213 s.
- PLESNIK, P., 1971. O vprašanju zgornje gozdne meje in vegetacijskih pasov v gorovjih jugozahodne in severozahodne Slovenije -Geografski Vestnik, XLIII, s. 3-25.
- ROBIČ, D., 1992. Vegetacijska tabela popisov raziskovalnih ploskev s komentarjem, mscr.
- SHELDRAKE, R., 1991. Die Wiedergeburt der Natur; Wissenschaftliche Grundlagen eines neuen Verständnisses der Lebendigkeit und Heiligkeit der Natur - Scherz Verlag, Bern, München, Wien, 285 s.
- STUART, J. D. / AGEE, J. K., 1989. Lodgepole pine regeneration in an old, self-perpetuating forest in southcentral Oregon - Canadian Journal of Forest Research, Volume 19, No. 9, p. 1096-1104.
- VOVK, B., 1985. Pregled talnih enot (v lit. Wraber 1963) - Tipkopis, 12 s.
- WRABER, M. in sodelavci, 1963. Gozdno-gojitveni elaborat za območje GG Nazarje - Inštitut za biologijo pri SAZU, Ljubljana, 73 s.
1982. Poročilo h geološki karti Nazarskega območja - Tipkopis, 13 s.
1992. Höhle bäume suchen und sichern - Merkblatt des Schweizer Vogelschutzes (SVS) und des Schweizerischen Bundes für Naturschutz (SBN), Zürich, 20 s.

1995. Meteorološki podatki - Hidrometeorološki zavod Slovenije (HDMZS),
Ljubljana, Tipkopolis + rač. medij.