

## Spremembe proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji v zadnjih desetletjih

*Changes in forest site productivity in the beech forests of Slovenia during the last decades*

Marijan KOTAR\*

### Izvleček:

V članku so prikazani rezultati analize, ki je bila izvedena na 18 rastiščnih enotah v Sloveniji, ki jih poraščajo bukovi gozdovi. Cilj raziskave je ugotoviti, ali se je proizvodna sposobnost v zadnjih desetletjih spremenila. Kot kazalec spremembe proizvodne sposobnosti rastišč je bila uporabljena zgornja višina ter višinski prirastek dreves, ki tvorijo zgornjo višino. Velik del analiziranih rastišč nakazuje negativno korelacijsko odvisnost med zgornjo višino pri isti referenčni starosti ter starostjo sestojev, kar pomeni, da imajo mlajši sestoji večjo zgornjo višino pri isti starosti. Iz tega sklepamo, da se je proizvodna sposobnost rastišč dvignila. To trditev deloma potrjuje tudi sprememba v vzorcu priraščanja v višino pri drevesih, ki tvorijo zgornjo višino. Trend priraščanja v višino ni vedno negativen, čeprav so analizirana drevesa stara več kot 100 let.

**Ključne besede:** proizvodna sposobnost rastišč, zgornja višina, višinski prirastek, rastiščni dejavniki, bukov gozd.

### Abstract:

The article presents the results of the analysis which was carried out on 18 site units in Slovenia overgrown by beech forest. The main goal of the investigation was to detect changes in site productivity during the last decades. As pointers for the change in site productivity the top height and height increment of trees which build the top height were used. On many of the analysed site units a negative correlation was established between top height at the reference age and the average age of analysed stands. This means that the younger stands (stands of later germination) have a higher top height at the same reference age inside the same site unit. From this we drew the conclusion that the site productivity of analysed sites has increased during the last decades. This statement is partially supported by changes in the height growth pattern of trees which form the top height. The growth trend was not negative on all analysed sample plots, even though the analysed trees were older than 100 years.

**Key words:** site productivity, top height, height increment, site factors, beech forests

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Rast in razvoj gozda, še posebej pa naravna zgradba fitocenoz, so v tesni povezavi z rastiščem. Po Denglerju (1972) je rastišče skupnost fizikalnih in kemičnih dejavnikov pomembnih za rast drevja, ki ostajajo konstantni za čas ene generacije gozda oziroma so podvrženi enakomernemu spreminjanju. Rastišče razumemo kot relativno stabilno kombinacijo ekoloških dejavnikov, v kateri imajo le-ti v posameznih letih sicer različne vrednosti, v daljšem časovnem obdobju pa ne kažejo posebne smeri razvoja – posebnega trenda. Nihanja vrednosti okoljskih dejavnikov smo dosedaj smatrali kot slučajnostna in ne usmerjena (BECK 2001). Tako naj bi bila količina padavin, povprečna temperatura, relativna vlažnost, porazdelitev padavin znotraj leta, vetrovnost itd. v daljših časovnih razdobjih (stoletja) približno enaka in posledično tudi produkcija biomase in iz nje izvedena lesno proizvodna sposobnost rastišč razmeroma konstantna. Ugotovitve nekaterih raziskovalcev, da smo imeli v zadnjih stoletjih več hladnih in toplih obdobij smo obravnavali kot da niso bistveno spreminjale rastiškov in procesov v evropskem gozdu. V velikem delu gospodarskih gozdov je človek že pred stoletji ali pa desetletji spremenil rastišča in njihovo proizvodno sposobnost in sicer s steljarjenjem, zamenjavo drevesnih vrst, pašo ter raznimi posegi, ki so spremenili gladino

\* prof. dr. M. K. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, UL, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

vode ali pa njen naravni režim nihanja podtalnice. Tako spremenjena rastišča smo pogosto uvrstili v degradirana. V zadnjem stoletju, še posebej pa v zadnjih desetletjih pa smo ugotovili, da so pri številnih okoljskih dejavnikih spremembe tolikšne, da jih ne moremo več uvrstiti med slučajnostne odklone in da v vrednostih nekaterih rastiščnih dejavnikov lahko zaznamo naraščanje njihovih vrednosti. Navedimo samo nekatere:

- V zadnjih 150 letih je evidentno povečanje koncentracije  $\text{CO}_2$  v zraku. Leta 1850 je le-ta znašala 0,028%, sedaj pa 0,0335, torej dvig za okrog 25%. (V Sloveniji je emisija  $\text{CO}_2$  kar 8200 kg/1 prebivalca, to je tudi približna emisija na 1 ha površine).

- Ugotovljen je dvig povprečne letne temperature, ki lahko pomeni podaljšanje vegetacijske dobe. V Sloveniji se je v zadnjih 50 letih povečala povprečna temperatura zraka za okrog  $1^\circ\text{C}$ , od tega najbolj v urbaniziranih okoljih (KAJFEŽ-BOGATAJ 2001). Analiza meteoroloških podatkov za severnonemško nižavje je pokazala, da se je povprečna temperatura v mesecih maj, junij, julij in avgust dvignila od  $14,3^\circ\text{C}$  v letu 1900 na  $17,8^\circ\text{C}$  leta 2000 (BECK 2001).

- V zadnjem stoletju imamo povečan vnos dušika v obliki amoniaka (zivalne farme) in dušikovih oksidov (promet).

- V zadnjih 50 letih so narasle polucije klora in freonov ( $\text{CH}_2\text{F}_2$ ) ter  $\text{SO}_2$  (v Sloveniji znaša polucija približno 60 kg/leto na prebivalca).

- Povečana koncentracija ozona in povečana polucija ogljikovodikov (metan).

Vse navedene spremembe povzročajo spremembe v delovanju gozdnih ekosistemov in to predvsem v njihovi sestavi (spremembe v fitocenozah in zoocenozah) ter spremembe v njihovi produkciji. Nekatere od navedenih sprememb vplivajo na povečanje, druge pa na zmanjšanje organske produkcije. Produkcija lesa pa je sestavni del organske produkcije rastlin.

Ker vsi ti dejavniki delujejo v kompleksu, je za veliko dejavnikov nemogoče ugotoviti, kako vpliva posamezen okoljski dejavnik na spremembe v gozdu. Jasno je, da povečana koncentracija  $\text{SO}_2$ , freonov, klora, ozona vpliva negativno na zdravstveno stanje posameznih članov biocenoze in da je posledica povečanih koncentracij teh snovi t.im. propadanje gozdov. Manj jasno pa je, kako vpliva na zdravstveno stanje in na produkcijo gozdnih ekosistemov večja polucija  $\text{CO}_2$ , amoniaka, dušikovih oksidov in  $\text{NH}_3$  ter povečane povprečne letne in poletne temperature. Koncentracija  $\text{CO}_2$  naj bi bila glede fotosinteze optimalna pri 0,04%, zato naj bi povečana koncentracija povečala primarno produkcijo ekosistemov. Vendar pa večja koncentracija  $\text{CO}_2$  poveča učinek tople grede, ta pa lahko povzroči večjo sušnost – tam kjer so padavine v času vegetacijske dobe na kritični meji – lahko pa povzroči podaljšanje vegetacijske dobe in večjo produkcijo – seveda, če je padavin zadosti.

- Podobno je s polucijo amoniaka in dušikovih oksidov. Če je vnos N (emitenti so predvsem razne farme) izpod 20 kg/leto na ha potem ni zaznavnih sprememb v strukturi gozdov in njihovi primarni produkciji. Pri vnosu (deposit) dušika v zmernih količinah, to je nad 20 kg, je povečanje prirastka zaznavno; na revnih rastiščih bora se je primarna produkcija celo podvojila. Pri velikih vnosih dušika v neposredni bližini velikih emitentov se je produkcija v samem začetku povečala, potem pa naglo zmanjšala (BECK 2001). Vprašanje je, če se ne bo produkcija zmanjšala ob stalnem povečanem vnosu dušika, čeprav sedanji rezultati kažejo, da vnos teh količin deluje nanjo stimulatивно. Ne smemo pozabiti, da imamo v gozdu še simbiotsko in nesimbiotsko fiksacijo dušika, ki zagotavljata, da se v gozdnih

ekosistemih nemoteno odvija cikel dušika (KIMMINS 1997). Sedaj pa se s polucijo v ta cikel vrine razmeroma velika količina dušika, ki je rastlini dostopna delno že preko iglic in listja, v glavnem pa iz depozicij v tleh. Govorimo lahko o t. im. eutrofikaciji gozdnega rastišča (angl.: eutrophication of forest site) zaradi depozicije hranilnih elementov (BECK 2001). Na drugi strani pa povečana polucija  $\text{NO}_x$  lahko zmanjša produkcijo zaradi nastanka kislega dežja, ki zniža v tleh pH vrednost. Znano je, da drevesa preko svojih korenin optimalno sprejemajo hranilne makroelemente pri pH vrednosti 6,5 do 7,5 (KIMMINS 1996). Iz zgoraj naštetih sprememb rastiščnih dejavnikov ter v pojavljanju nekaterih snovi v ozračju in v tleh, ki pomembno vplivajo na zdravstveno stanje rastlin in živali v gozdu, lahko sklepamo, da se je poleg zdravstvenega stanja drevja (ki ga prikazujemo predvsem z osutostjo oziroma zmanjšanjem asimilacijskega aparata) spremenila tudi rodovitnost tal oziroma proizvodna sposobnost rastišč (SP), kakor tudi ravnost sestojev, ki jo podajamo s tekočim volumenskim prirastkom (CAI). Pri SP, ki jo običajno izražamo s količino  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ , to je količina lesa, ki jo trajno daje polnporasel sestoj obravnavane drevesne vrste, obravnavamo le lesno produkcijo, ki pa je v tesni povezavi s celotno primarno produkcijo gozdnega ekosistema. Eventualna eutrofikacija gozdnih rastišč se odraža ne samo v SP ampak v celotni primarni produkciji gozdnega ekosistema, vendar bomo v tem prispevku obravnavali le prvo. Vzpodbudo za ta prispevek je dal projekt: Rastni trendi evropskih gozdov, ki ga je financiral EFI (European Forest Institute), vodil pa prof. dr. H. Spiecker (Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg). V tem sestavku podajamo nadaljevanje oziroma končno izrednotenje podatkov, ki smo jih dobili z raziskavo, s katero smo se vključili v ta vseevropski projekt.

## 2 NAMEN ANALIZE IN METODE DE LA

### 2 THE GOAL OF ANALYSIS AND WORKING METHOD

Namen analize je ugotoviti, ali se je SP v Sloveniji zadnjih 30 letih spremenila in sicer na rastiščih, ki jih poraščajo bukoví sestoji. V prispevku ne obravnavamo, kateri vzroki so tísti, ki bi lahko povzročili te spremembe. Da bomo lahko odgovorili na zastavljeno vprašanje, moramo ugotoviti sedanji SP ter SP na istih rastiščih pred 30 do 40 leti.

Pri ugotavljanju SP poznamo več metod, od številnih, so se v svetu uveljavile predvsem dve in sicer (KOTAR 1991):

1. Določevanje SP na osnovi celotne lesne produkcije (TVP) sestojev, ki so imeli v svojem razvoju in rasti naravno zarast (maksimalno temeljnico).
2. Ocenjevanje SP na osnovi rastiščnega indeksa (site index), to je zgornje višine sestoja določene drevesne vrste na danem rastišču pri starosti sestoja 100 let.

Pri prvem načinu moramo imeti na razpolago podatke o priraščanju sestoja določene drevesne vrste na obravnavanem rastišču za celotno življenjsko dobo, to je od časa, ko je bil sestoj osnovan pa vse do trenutka, ko je nastopila kulminacija povprečnega volumenskega prirastka ( $\text{MAI}_{\text{MAX}}$ ). To pa je različno glede na drevesno vrsto in rastišče; v povprečju – če izvzamemo č. jelšo, jesen in divjo češnjo – je to med 70 – 140 leti. V Sloveniji ta metoda ni uporabna, ali pa le izjemoma, ker nimamo stalnih raziskovalnih ploskev, kjer bi spremljali rast posameznih drevesnih vrst. Še tisto majhno število ploskev, ki so jih postavili raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije v letih 1947-1949, smo leta 1993 opustili.

Pri drugem načinu ocenjevanja SP izkoriščamo t. im. Eichhornov oziroma razširjeni Eichhornov zakon, ki pravi, da je celotna lesna produkcija funkcija višine sestoja (ASSMANN 1961). Na osnovi tega zakona so oblikovali donosne tablice, ki imajo kot kriterij oblikovanja bonitetnih razredov zgornje višine sestoja pri starosti 100 let. Ta zgornja višina pri starosti 100 let za dano drevesno vrsto in dano rastišče se imenuje rastiščni indeks (site index oz.  $SI_{100}$ ). Ugotovljeno je, da je zgornja višina odvisna predvsem od bonitete t.j. proizvodne sposobnosti rastišča. Če izhajamo iz podmene, da današnje donosne tablice predstavljajo model gospodarskega gozda, kjer se izvajajo izbiralna redčenja in kjer se jakost redčenj giblje iznad kritične temeljnice (ASSMANN 1961) potem lahko ocenimo SP tako, da na danem rastišču za dano drevesno vrsto ugotovimo zgornjo višino in povprečno starost teh dreves. Na osnovi teh dveh podatkov lahko - iz razvojnih krivulj - zgornjih višin, ki so priložene donosnim tablicam, ali pa iz razvojne krivulje zgornje višine, ki smo jo izračunali za dano drevesno vrsto na analiziranem rastišču - ugotovimo kolikšna je bila ali pa bo zgornja višina tega sestoja v starosti 100 let in to je rastiščni indeks. Za dani rastiščni indeks odčitamo vrednost povprečnega starostnega volumenskega prirastka v času njegove kulminacije ( $MAI_{MAX}$ ) in ta vrednost predstavlja 95% SP. Zato odčitano vrednost delimo z 0,95 in dobimo SP v takšnih enotah kot je MAI. (V donosnih tablicah Halaj et al. (1987) oziroma v Sloveniji prirejenih donosnih tablicah je MAI v neto  $m^3/ha/leto$ ). Tablični  $MAI_{MAX}$  predstavlja 95% od SP zato, ker imajo redčeni sestoji manjšo celotno lesno produkcijo (TVP) kot sestoji, ki so prepuščeni naravnemu razvoju; vendar pa je to zmanjšanje le do 5%, če je jakost redčenj iznad kritične temeljnice (KOTAR 1994, 1996b).

V Sloveniji pa se uporablja za ocenitev SP še metoda rastiščnih koeficientov ( $R_k$ ), ki jo je razvil Ž. Košir (1975, 1992). Povezava med indikatorskim pomenom rastlinskih vrst in kvaliteto rastišč, ki jih naseljujejo, je narejena s pomočjo valorizacijskih koeficientov za posamezne kvalitete stopnje ekoloških dejavnikov (substnat, solum, skeletnost, kislost, vlažnost in lokalne klimatske razmere). Valorizacijski koeficienti so povezani v relativne odnose od optimalnih k ekstremnim rastiščem. Na tem izhodišču je ocenjeno rastišče vsaki rastlinski vrsti posebej tako, da so za kvalitetne stopnje ekoloških dejavnikov uporabljeni valorizacijski koeficienti ( $V_k$ ). Seštevek vseh valorizacijskih koeficientov določa relativno kvaliteto rastišča rastlinske vrste. Te relativne kvalitete rastlinskih vrst so predstavljene z rastiščnimi koeficienti ( $R_k$ ) (KOŠIR 1992). V svoji najnovejši študiji je Košir (KOŠIR 2002) dokazal tesno odvisnost med  $SP_{SI}$  in  $R_k$ , kakor tudi med  $SP_{TVP}$  in  $R_k$  za 11 rastiščnih enot, ki jih poraščajo bukovih gozdovi, in so predmet obravnave v tej analizi. Ostalih 7, od skupno 18 analiziranih v tej študiji pa bo predmet analize v enem izmed naslednjih prispevkov (ko bodo analizirane povezave med  $R_k$  in  $SP_{SI}$  oz.  $SI_{TVP}$  še za preostalih 7 rastiščnih enot).  $SP_{TVT}$  je proizvodna sposobnost rastišča, ocenjena s pomočjo celotne lesne produkcije;  $SP_{SI}$  pa je proizvodna sposobnost rastišča, ocenjena s pomočjo rastiščnega indeksa.

Spremembe SP v zadnjih 30-40 letih smo ugotavljali s spremembo zgornje višine sestojev pri isti referenčni starosti različno starih bukovih sestojev. V vsaki rastiščni enoti, ki je podana s sintaksonomsko enoto, smo analizirali 5 ploskev velikosti 30 x 30 m in sicer tako, da smo drevesa posekali, jih razžagali na sekcije ter v vsaki sekciji odvzeli kolobar. Tako smo pri vsakem deblu odvzeli 6 - 9 kolobarjev, ki so nam služili za debelno analizo. Tako smo za vsako drevo na ploskvi ugotovili, kako je potekalo višinsko, debelinsko, temeljnično in volumensko priraščanje. Skupaj smo analizirali več kot 4.200

dreves in več kot 32.000 kolobarjev. Analizo smo izvedli na 18 rastiščnih enotah s petimi ponovitvami, kar pomeni, da smo skupaj analizirali 90 ploskev.

Ker so bili sestoji na ploskvi razmeroma homogeni, smo ugotovili povprečno starost in zgornjo višino sestoja po desetletjih. Prevrščanje med osebki, ki tvorijo zgornjo višino sestoja (devet najdebelejših dreves na ploskvi velikosti 30 x 30) je pri buki razmeroma redko, koeficient prevrščanja za drevesa zgornje višine  $h_x$  za zadnjih 30 let pa je višji kot 0,92 in za zadnjih 40 let višji kot 0,84 (v enem primeru 0,79), kar pomeni, da je zgornjo višino analiziranega sestoja pred 40 leti tvorilo najmanj 6 istih dreves, ki tvorijo zgornjo višino tudi danes (v dveh primerih od 90 ploskev pa samo 5 dreves) (KOTAR 1996a). To pomeni, da lahko višinsko razvojno krivuljo tistih dreves, ki so tvorila zgornjo višino v času analize, brez nevarnosti, da bi naredili napako, prevzamemo kot razvojno krivuljo zgornje višine sestoja v zadnjih 40 letih. Razlike med pravo zgornjo višino pred 40 leti in ocenjeno zgornjo višino na osnovi razvojne višinske krivulje tistih dreves, ki so tvorila zgornjo višino v času analize, znašajo manj kot 1 m, v povprečju pa 20-30 cm (KOTAR 1996a). Ta napaka je izredno majhna, saj isti rastiščni indeks obsega interval 2 m (v donosnih tablicah).

Na osnovi dendrometrijskih analiz smo v vsaki ploskvi za drevesa, ki tvorijo zgornjo višino, izračunali funkcijo, ki podaja razvoj zgornjih višin analiziranih sestojev na ploskvah. Izračunali smo zgornje višine ( $H_{top}$ ), pri t. im. referenčnih starostih.

Referenčna starost je tista starost sestoja pri kateri ugotavljamo zgornjo višino. Običajno je to pri 100 letih; ugotovljena zgornja višina pri tej starosti (100 let) predstavlja rastiščni indeks. V našem primeru pa so referenčne starosti različne od 100, saj se gibljejo od 100 pa celo do 180 let. Določili pa smo jo tako, da smo izbrali tisto starost, ko se višinska krivulja izravna in je znotraj intervala, kjer se prekrivajo razvojne krivulje zgornje višine vseh ploskev iste rastiščne enote. To pomeni, da so vsi analizirani sestoji znotraj iste rastiščne enote najmanj toliko stari kot znaša referenčna starost (ali pa vsaj večina teh sestojev). Višino dreves, ki tvorijo zgornjo višino sestojav referenčni starosti, smo izračunali s pomočjo funkcije  $Y = \alpha(1 - e^{-\beta x})^\gamma$ :  $Y$  = zgornja višina sestoja pri referenčni starosti;  $x$  = starost sestoja,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  = parametri funkcije, ki smo jih izračunali iz podatkov dendrometrijske analize dreves, ki tvorijo zgornjo višino sestoja v analizirani ploskvi. (Izračune smo izvedli s pomočjo statističnega paketa SPSS - Nonlinear regression).

### 3 REZULTATI RAZISKAVE IN RAZPRAVA

#### 3 RESULTS OF INVESTIGATION AND DISCUSSION

Na preglednici 1 so podane vrednosti zgornje višine po posameznih ploskvah ter povprečna starost dreves, ki tvorijo zgornjo višino.

Ker imajo analizirani sestoji različne starosti po ploskvah znotraj iste rastiščne enote (še večje pa so razlike v starosti med rastiščnimi enotami), morajo biti zgornje višine mlajših sestojev znotraj iste rastiščne enote pri isti referenčni starosti višje, če velja hipoteza, da se je SP v zadnjih desetletjih (30-40 letih) povečala. Če so zgornje višine mlajših sestojev pri isti referenčni starosti višje, potem je tudi proizvodna sposobnost njihovih rastišč višja. Ker predpostavljamo, da so rastišča znotraj iste rastiščne enote zelo podobna, lahko sklepamo, če imajo mlajši sestoji večjo višino pri isti referenčni starosti, da se je SP povečala v zadnjih letih. V tem primeru morajo biti korelacijski koeficienti med starostjo sestoja ( $a$ ) v času analize in njegovo višino pri referenčni starosti - znotraj iste rastiščne enote - negativni.

Preglednica 1: Povprečne starosti dreves, ki tvorijo zgornjo višino (a) in zgornje višine pri referenčnih starostih ( $H_{top}(b)$ ), glede na nahajališče analiziranih ploskev.

Table 1: The average age of top-height trees (a) and top heights at the reference age ( $H_{top}(b)$ ) by location of the analyzed sample plots.

1 Dletvo		2 Sviščaki		3 Polamanek		4 Velika Kopa		5 Jurjeva dolina		6 Bukov vrh	
a	$H_{top}(120)$	a	$H_{top}(130)$	a	$H_{top}(140)$	a	$H_{top}(100)$	a	$H_{top}(130)$	a	$H_{top}(140)$
1	136,9	29,4	1	152,8	21,5	1	173,9	29,2	1	116,2	33,0
2	135,6	31,3	2	159,1	19,5	2	167,0	31,1	2	113,8	34,0
3	134,0	28,1	3	155,8	21,0	3	162,7	33,1	3	106,0	36,5
4	139,1	25,5	4	160,0	20,2	4	152,3	33,0	4	109,7	29,0
5	134,4	24,4	5	156,6	19,0	5	170,7	29,4	5	107,0	28,8

7 Peščenik		8 Log-Tisovec		9 Draga		10 Mamolj		11 Ogence		12 Gozdec	
a	$H_{top}(140)$	a	$H_{top}(100)$	a	$H_{top}(180)$	a	$H_{top}(160)$	a	$H_{top}(130)$	a	$H_{top}(140)$
1	161,9	27,4	1	144,4	27,2	1	189,8	32,5	1	188,8	34,1
2	196,0	24,8	2	141,3	28,6	2	179,8	35,2	2	191,1	31,2
3	157,8	25,7	3	106,1	29,8	3	207,0	25,4	3	187,3	35,9
4	169,4	25,6	4	132,9	29,0	4	224,6	23,3	4	199,6	31,7
5	151,4	31,2	5	117,2	29,1	5	215,0	25,4	5	196,0	25,7

13 Krma		14 Starod		15 Šoštanj		16 Gače		17 Gorjanci		18 Ždrocle	
a	$H_{top}(130)$	a	$H_{top}(120)$	a	$H_{top}(100)$	a	$H_{top}(140)$	a	$H_{top}(120)$	a	$H_{top}(150)$
1	160,6	27,8	1	136,1	19,4	1	111,8	35,2	1	177,8	21,4
2	151,8	31,8	2	129,9	24,0	2	112,7	35,8	2	157,2	28,3
3	152,8	33,2	3	142,7	19,4	3	110,4	36,7	3	153,6	26,3
4	146,8	28,2	4	132,8	25,7	4	111,9	36,7	4	160,0	24,4
5	157,4	28,0	5	138,3	22,3	5	112,0	31,2	5	168,2	24,4

Rastiščne enote od 1 do 18 so opredeljene z naslednjimi sintaksonomskimi enotami:

1. Dletvo: *Castaneo - Fagetum sylvaticae* var. geogr. *Calamintha grandiflora*
2. Sviščaki: *Ranunculo platanifolii - Fagetum* var. geogr. *Calamintha grandiflora*
3. Polamanek: *Luzulo - Fagetum abietetosum*
4. Velika kopa: *Hedero - Fagetum* var. geogr. *Polystichum setiferum*
5. Jurjeva dolina: *Omphalodo - Fagetum maianthemetosum*
6. Bukov vrh: *Hedero - Fagetum* var. geogr. *Epimedium alpinum*
7. Peščenik: *Hacquetio - Fagetum* var. geogr. *Ruscus hypoglossum*
8. Log - Tisovec: *Vicio oroboidii - Fagetum*
9. Draga: *Omphalodo - Fagetum elymetosum*
10. Mamolj: *Blechno - Fagetum thelypteretosum limbospermae*
11. Ogence: *Lamio orvalae - Fagetum* var. geogr. *Dentaria pentaphyllos*
12. Gozdec: *Anemone trifoliae - Fagetum* var. geogr. *Luzula nivea piceetosum*
13. Krma: *Anemone trifoliae - Fagetum* var. geogr. *Helleborus niger*
14. Starod: *Seslerio autumnalis - Fagetum*
15. Šoštanj: *Lamio orvalae - Fagetum*
16. Gače: *Omphalodo - Fagetum galietosum odoratae*
17. Gorjanci: *Lamio orvalae - Fagetum* var. geogr. *Dentaria polyphyllous*
18. Ždrocle: *Polysticho lonchitis - Fagetum* var. geogr. *Allium victorialis*

Izračunani korelacijski koeficienti po rastiščnih enotah so podani v preglednici št. 2.

**Preglednica 2:** Vrednosti korelacijskih koeficientov ( $r$ ) med zgornjo višino pri referenčni starosti ( $b$ ) ter povprečno starostjo drevesa, ki tvorijo zgornjo višino.

*Table 2: Values of the correlation coefficient ( $r$ ) between top height at the reference age and average age of top-height trees.*

Nahajališče <i>Location place of sample plots</i>	Ref.starost $b$ <i>Ref. age <math>b</math></i>	Korel.koef. $r$ <i>Correl. coefficient <math>r</math></i>	Razlika v starosti sestojev znotraj enote <i>Differences between average ages of analyzed stands within sample unit</i>
1 Dletvo	120	-0,10	5,1
2 Sviščaki	130	-0,63	7,2
3 Polamank	140	-0,88*	21,6
<b>4 Velika Kopa</b>	<b>100</b>	<b>+0,10</b>	<b>10,2</b>
5 Jurjeva dolina	120	-0,93*	12,2
6 Bukov vrh	140	-0,92*	15,0
7 Peščenic	140	-0,69	44,6
8 Log-Tisovec	100	-0,84°	38,3
9 Draga	180	-0,98*	44,8
10 Mamolj	160	-0,63	12,3
11 Ogence	130	-0,57	29,6
12 Gozdec	140	-0,89*	23,7
13 Krma	130	-0,30	13,8
14 Starod	120	-0,74	12,8
15 Šoštanj	100	-0,29	2,3
16 Gače	140	-0,86°	24,2
17 Gorjanci	120	-0,29	2,3
18 Ždrolec	150	-0,92*	77,0

Kot je razvidno s preglednice 2 ima korelacijski koeficient negativno vrednost v 17 enotah od skupno analiziranih 18 rastiščnih enot, od tega dosega v 6 enotah tisto vrednost, ki zagotavlja, da je vrednost tega koeficienta v populaciji ( $r$ ) značilno različna od nič s tveganjem  $\alpha < 0,05$  (\*), v 8 enotah pa je  $\alpha \leq 0,10$  (°).

Na osmih rastiščnih enotah se je SP v zadnjih desetletjih dvignila, na petih to je tistih, ki imajo  $0,5 \leq r \leq 0,8$  pa bi morali povečati vzorec, to je povečati število ploskev (ponovitev), da bi lahko sklepali z večjo verjetnostjo. V rastiščni enoti Velika Kopa pa je vrednost  $r = + 0,10$ , kar pomeni, da ni prišlo do nikakršnih sprememb v SP v zadnjih desetletjih. V tej enoti so tudi povprečne starosti analiziranih sestojev v premajhnem intervalu (od 106 do 116,2 let), da bi lahko zaznali spremembe v SP, če je do njih prišlo. Metoda s katero ugotavljamo spremembe v SP, zahteva tolikšne razlike v povprečni starosti dreves, ki tvorijo zgornjo višino, kolikršno je razdobje, za katero želimo ugotoviti, ali so nastopile spremembe v SP ali ne. Če ugotavljamo spremembe v zadnjih treh ali štirih desetletjih potem morajo biti razlike v starosti med najstarejšim in najmlajšim analiziranim sestojem znotraj iste rastiščne enote vsaj 30 let. Na preglednici 2 so v zadnji koloni podane te razlike in kot vidimo, so vrednosti korelacijskih koeficientov največje tam, kjer so razlike v starosti analiziranih sestojev velike. Izjemi sta enoti št. 5 in št. 6, kjer znaša ta razlika samo 12,2 oziroma 15,0 let. Nasprotno pa imajo korelacijski koeficienti majhne vrednosti v tistih enotah, kjer so razlike v starosti analiziranih sestojev

(ploskev) zelo majhne; n. pr. rastiščni enoti št. 15 in 17, kjer znaša razlika samo 2,3 leta. Razumljivo, da je v teh primerih ugotavljanje sprememb v SP s to metodo neučinkovito. Ta starostna homogenost, ki je za potrebe tovrstne raziskave moteča, je posledica tega, ker smo vse te analize izvajali z namenom ugotavljanja SP in ne sprememb v SP v zadnjih desetletjih. Ker pa so v precejšnjem številu raziskovanih rastiščnih enot razlike v starosti analiziranih sestojev precejšnje, smo podatke uporabili tudi v raziskavi sprememb v SP.

Z dendrometrijsko analizo smo tudi dobili vpogled v višinsko priraščanje vseh dreves na ploskvi. Za analizo so zanimiva le tista drevesa, ki tvorijo zgornjo višino. Višinski prirastek teh dreves je v enomernih sestojih običajno v starosti 100 in več let (vsa drevesa, ki tvorijo zgornjo višino so bila v času analize stara več kot 100 let) močno zmanjšan, zagotovo pa je kulminacija tekočega višinskega prirastka že nastopila; zato je višinsko priraščanje vse bolj pojemajoče – trend je negativen. Izjemoma bi se lahko pojavili povečani prirastki in sicer, če se izboljša proizvodna sposobnost rastišč. Odstranitev konkurentov, to je povečanje ravnega prostora pri drevesih, ki tvorijo zgornjo višino, ne vpliva na višinsko priraščanje (še najmanj pa pri bukvih). Drevesa, ki tvorijo zgornjo višino, imajo praviloma sproščeno krošnjo, zato so tudi najdebelejša.

Za vsako rastiščno enoto (5 vzorčnih ploskev) smo preskusili značilnost razlik med 10-letnimi povprečnimi višinskimi prirastki po metodi parov. V preskusu obravnavamo kot par isto ploskev. Tako nam ista ploskev predstavlja dva para in sicer: prvi par ima vrednosti višinskega prirastka v zadnjem ( $i_{h-1-10}$ ) in predzadnjem desetletju ( $i_{h-11-20}$ ), drugi par pa vrednosti v predzadnjem ( $i_{h-11-20}$ ) in predpredzadnjem desetletju ( $i_{h-21-30}$ ). V preglednici 3 so prikazane vrednosti 10-letnih višinskih prirastkov po rastiščnih enotah oziroma nahajališčih ploskev ter izračunane t-vrednosti (Studentova porazdelitev). Če je izračunana  $t_1$  – vrednost pozitivna, pomeni, da so prirastki v zadnjem desetletju večji kot v predzadnjem oziroma analogno, če je izračunana vrednost  $t_2$  pozitivna potem so višinski prirastki v predzadnjem desetletju večji kot v predpredzadnjem. Iz preglednice je razvidno, da je  $t_1$  pozitiven v dveh rastiščnih enotah, v ostalih je negativen, vendar dosega kritično vrednost samo v 6 rastiščnih enotah, kar pomeni, da so razlike med višinskimi prirastki značilno različne le v teh enotah. Ugotavljamo, da je v teh šestih enotah trend upadanja prirastka negativen. Pri analizi višinskih prirastkov v predzadnjem in predpredzadnjem desetletju pa ugotavljamo, da je trend negativen na 14 rastiščnih enotah, vrednost  $t_2$  pa prekorači kritično mejo (tablična vrednost za 5% tveganje je:  $t_{\text{tabl}} = 2,776$  pri 4 stopinjah prostosti) na 7 rastiščnih enotah, vendar je od tega na eni (Peščenik) pozitiven, kar pomeni, da je na tej enoti višinski prirastek v predzadnjem desetletju večji kot pa v predpredzadnjem.

Iz analize višinskih prirastkov je razvidno, da v velikem delu analiziranih ploskev negativen trend pri višinskem prirastku, ki je pri sestojih, ki so stari nad 100 let pravilo, ni potrjen. Zmanjševanje višinskih prirastkov s starostjo je veliko manjše od pričakovanega, zato domnevamo, da je vzorec višinskega priraščanja spremenjen, kar pa je lahko tudi posledica spremembe proizvodne sposobnosti rastišč.

Da so nastopile spremembe v višinskih bonitetnih razredih, potrjujejo tudi raziskave v državnih gozdovih Bavarske. Ugotavljajo, da so se v letih 1971–1987 izboljšale rastne razmere za cel bonitetni razred in sicer pri smreki, boru, bukvih in hrastu in to predvsem v mlajših sestojih (PRETZSCH 1996). Kot vzroke navajajo naslednje: mlajši sestoji rastejo na boljših rastiščih, večji vnos dušika in opustitev steljarjenja – vse to izboljšuje



Nahajališče Location	Stev. vzorčne ploskve Number of sample plot	$h_{n-1-10}$	$h_{n-11-20}$	$h_{n-21-30}$	$t_1$	$t_2$	Nahajališče Location	Stev. vzorčne ploskve Number of sample plot	$h_{n-1-10}$	$h_{n-11-20}$	$h_{n-21-30}$	$t_1$	$t_2$
1 Dletvo	1	2,05	2,10	1,83			10 Mamolj	1	1,73	1,66	1,77		
	2	1,82	1,68	1,33				2	2,09	2,17	1,87		
	3	2,35	2,26	2,03				3	1,43	1,42	1,55		
	4	2,17	2,13	1,40				4	1,64	1,64	2,01		
	5	2,50	2,34	2,38	2,0126	2,4800		5	2,37	2,38	2,27	-0,0835	0,3508
2 Sviščaki	1	1,27	1,26	0,98			11 Ogence	1	2,61	2,64	2,61		
	2	1,23	1,23	1,23				2	1,96	2,04	1,99		
	3	1,20	1,20	1,27				3	1,48	1,55	1,97		
	4	1,14	1,16	1,31				4	1,60	1,70	2,08		
	5	1,03	1,03	1,09	-0,4082	0,0000		5	1,33	1,33	1,82	3,1016	-2,0771
3 Polamank	1	1,16	1,16	1,30			12 Gozdec	1	1,13	1,23	1,72		
	2	1,38	1,37	1,72				2	1,49	1,41	1,53		
	3	1,62	1,62	1,85				3	1,15	1,32	1,46		
	4	1,36	1,39	1,80				4	1,17	1,14	1,19		
	5	1,54	1,56	1,71	-1,0887	4,7571**		5	1,22	1,32	1,31	-1,1257	-1,8131
4 Velika Kopa	1	2,37	2,50	2,11			13 Krma	1	1,52	1,49	1,60		
	2	2,30	2,49	3,16				2	1,58	1,62	1,60		
	3	2,26	2,62	3,87				3	1,56	1,52	1,70		
	4	2,16	2,42	2,97				4	1,60	1,65	1,81		
	5	2,05	2,55	3,23	4,4053	-2,0827		5	1,30	1,44	2,16	-0,9857	-1,8059
5 Jurjeva dolina	1	1,72	1,79	2,24			14 Starod	1	1,96	1,90	1,49		
	2	1,58	1,58	1,78				2	1,97	2,14	2,42		
	3	1,73	1,80	1,84				3	1,93	2,14	1,80		
	4	1,75	1,86	1,89				4	1,71	1,74	1,59		
	5	1,81	1,87	1,84	3,4989	-1,5899		5	1,68	1,93	2,17	-2,0580	0,5287
6 Bukov vrh	1	1,71	1,93	2,10			15 Šoštanj	1	2,35	2,79	3,28		
	2	1,84	1,91	2,06				2	2,12	2,41	3,16		
	3	1,69	2,01	2,35				3	2,23	2,46	3,63		
	4	1,66	1,70	2,33				4	2,59	2,84	3,37		
	5	1,85	2,41	2,46	-2,5646	-2,6325		5	2,78	3,85	3,86	2,8889	3,1270
7 Peščenik	1	2,01	2,10	1,74			16 Gače	1	2,27	2,16	2,78		
	2	1,65	2,06	1,38				2	2,10	1,88	3,08		
	3	2,11	2,34	2,15				3	1,87	2,03	2,70		
	4	2,17	2,26	1,71				4	1,82	2,14	2,49		
	5	1,85	2,60	1,72	-2,5356	4,4189		5	1,79	2,00	2,93	-0,7083	5,2148**
8 Log-Tisovec	1	1,76	2,23	2,86			17 Gorjanci	1	1,74	2,26	2,61		
	2	1,85	1,89	2,97				2	1,61	2,09	3,02		
	3	1,91	2,26	2,61				3	1,65	2,65	2,80		
	4	1,80	2,51	2,74				4	2,11	2,63	2,92		
	5	1,94	2,55	2,93	3,7475	3,5314		5	1,91	2,34	3,46	5,6825**	2,9624
9 Draga	1	0,85	0,89	1,51			18 Ždrecle	1	1,11	1,13	1,23		
	2	1,29	1,30	1,16				2	0,80	0,77	0,84		
	3	1,78	1,55	1,70				3	1,44	1,33	1,55		
	4	1,31	1,54	1,71				4	1,08	1,13	1,18		
	5	1,51	1,58	1,92	-0,3243	-1,8282		5	1,28	1,23	1,32	0,8615	3,5611

- $(h_{n-1-10})$  = 10-letni višinski prirastek v zadnjem desetletju v m  
 $(h_{n-11-20})$  = 10-letni višinski prirastek v predzadnjem desetletju v m  
 $(h_{n-21-30})$  = 10-letni višinski prirastek v predpredzadnjem desetletju v m  
 $t_1$  = izračunana t vrednost pri testiranju razlik v parih  $(h_{n-1-10}) - (h_{n-11-20})$   
 $t_2$  = izračunana t vrednost pri testiranju razlik v parih  $(h_{n-11-20}) - (h_{n-21-30})$   
 $(h_{n-1-10})$  = 10-year height increment in the last decade in m  
 $(h_{n-11-20})$  = 10-year height increment in the preceding decade in m  
 $(h_{n-21-30})$  = 10-year height increment in the second preceding decade in m  
 $t_1$  = calculated t-value obtained by testing the differences in pairs  $(h_{n-1-10}) - (h_{n-11-20})$   
 $t_2$  = calculated t-value obtained by testing the differences in pairs  $(h_{n-11-20}) - (h_{n-21-30})$

Preglednica 3: Aritmetične sredine 10-letnih višinskih prirastkov dreves, ki tvorijo zgornjo višino ter t-vrednosti izračunane na osnovi testiranja parov.

Table 3: Arithmetical means of 10-year height increment of the top height trees and t-values calculated on the basis of comparisons of pairs.

rastiščne pogoje v katerih uspevajo ti sestoji. Rezultati raziskave pri smreki in bukvi v Schwabischem Albu so pokazali, da je višina dreves mlajših sestojev pri isti starosti višja kot pa višina dreves starejših sestojev. Analizirali so sestoje, ki so bili osnovani leta 1880 in sestoje osnovane leta 1920 (UNTHEIM 1996). Analizo priraščanja dreves, ki tvorijo zgornjo višino so izvedli tudi v Avstriji (SCHADAUER 1996) in sicer pri smreki v času 1971-1990. Primerjali so višinske prirastke pri isti starosti sestojev ter ugotovili, da so imeli enako stari sestoji višinske prirastke v času 1986/90 višje kot pa v času 1971/80.

V skupnem poročilu projekta: Rastni trendi v evropskih gozdovih (SPIECKER et al. 1996) je navedeno, da v raziskavah, ki so bile izvedene v Severni Evropi, niso ugotovili porast SP, celo nasprotno, v bližini velikih emisij (emitentov) so opazili celo zmanjšanje SP in to pri rdečem boru in smreki. V centralni Finski niso odkrili nikakršnih sprememb. V Centralni in Zapadni Evropi pa je vrsta raziskav pokazala, da se je SP v zadnjih desetletjih povečala. Nasprotno pa v Južni Evropi (Španija) ni evidentnih dokazov za dvig SP, ugotavljajo pa zmanjšano priraščanje v debelino in sicer zaradi manjših padavin v zadnjih desetletjih.

#### 4 ZAKLJUČEK

#### 4 CONCLUSION

Na osnovi analiz, ki smo jih izvedli na 18 rastiščnih enotah, ki jih poraščajo bukovi in jelovo-bukovi gozdovi v Sloveniji, ugotavljamo, da je zgornja višina pri isti starosti različno starih sestojev tem večja, čim kasneje je bil sestoj osnovan. Analiza višinske rasti dreves, ki tvorijo zgornjo višino pa je pokazala, da so drevesa v zadnjih desetletjih spremenila vzorec priraščanja v višino. Kulminacija višinskega priraščanja pri bukvi je običajno že pri 30-40 letih (LEIBUNDGUT 1967), v našem primeru pa smo na dveh rastiščnih enotah ugotovili naraščanje višinskega prirastka v zadnjem oziroma na štirih enotah v predzadnjem desetletju, čeprav so vsa analizirana drevesa starejša kot 100 let. Na vseh rastiščnih enotah bi v primeru, da ni nastopila sprememba v SP, morale višinsko priraščanje upadati (to je zakonitost), vendar smo statistično značilne razlike (upadanje) v zadnjih dveh desetletjih ugotovili le na 6 rastiščnih enotah. Na osnovi teh ugotovitev sklepamo, da se je SP na rastiščnih enotah, ki jih uvrščamo v bukovja, v zadnjih desetletjih spremenila in sicer izboljšala. To izboljšavo SP pa ne smemo zamenjevati z rastnostjo sestojev. V gozdovih potekata dva procesa in sicer izboljšava SP (ne v vseh) ter zmanjševanje prirastka to je rastnosti zaradi osotosti iglic in listja. Ta dva procesa lahko potekata v istem gozdu, rezultat obeh pa je odvisen od tega, kateri od obeh učinkov prevlada. V krajih, kjer je velika polucija snovi, ki povzročajo propad iglic in listov, se zmanjšuje volumenski prirastek (KOTAR/KOLAR 1996); takšen primer je okolica Šoštanja. Tudi ista snov lahko deluje glede SP zelo različno, tako in v manjših vnosih v gozdna tla povečata SP, v večjih količinah pa jo zmanjšata. Glede možnih vzrokov, ki so povečali SP v bukovih gozdovih Slovenije pa naša raziskava ne daje odgovora

## POVZETEK

Čeprav smatramo rastišče kot konstantno kategorijo, ki se lahko le počasi spreminja, so v zadnjih desetletjih pri posameznih rastiščnih dejavnikih nastopile velike spremembe, ki se zrcalijo ne samo v spremembah zdravstvenega stanja članov biocenoze, ampak tudi v produkciji gozdnih ekosistemov.

S primarno produkcijo gozdnega ekosistema je v tesni povezavi tudi lesna proizvodna sposobnost gozdnih rastišč. Z namenom, da bi ugotovili ali so v zadnjih desetletjih nastopile spremembe v proizvodni sposobnosti rastišč, smo na gozdnih rastiščih, ki jih poraščajo bukovi gozdovi, izvedli analizo na 18 rastiščnih enotah, katerih fitocenoze so uvrščene v sintaksonomske enote bukovij.

Analiza je bila izvedena kot statistični poskus s petimi ponovitvami. Tako smo na 90 ploskvah velikosti 30 x 30 m izvedli dendrometrijsko in dendrokronološko analizo tistih dreves, ki tvorijo zgornjo višino. Zgornja višina je v tesni povezavi s celotno lesno produkcijo, ta pa s proizvodno sposobnostjo rastišča. Na osnovi dendrometrijske analize smo konstruirali razvojne krivulje zgornje višine. Tako smo ugotovili zgornje višine sestojev v času analize, kakor tudi pred 10, 20 in 30 leti. Ker je bila povprečna starost analiziranih sestojev znotraj iste rastiščne enote različna, smo lahko ugotavljali kolikšne so bile razlike v zgornji višini pri isti (referenčni) starosti različno starih sestojev. Ugotovili smo, da imajo mlajši sestoji, to je sestoji, ki so bili osnovani kasneje v splošnem večjo zgornjo višino pri isti referenčni starosti kot sestoji, ki so starejši. To potrjuje negativna korelacija (na 17 rastiščnih enotah od 18 analiziranih) med zgornjo višino pri referenčni starosti ter starostjo (kronološko) sestoja. V šestih rastiščnih enotah je vrednost korelacijskega koeficienta  $r$  značilno različna od nič s tveganjem, ki je manjše od 5%, v 8 enotah pa s tveganjem, ki je manjše od 10%.

Pri analizi višinske rasti dreves, ki tvorijo zgornjo višino pa smo ugotovili, da se je vzorec višinske rasti spremenil. Na 5 rastiščnih enotah smo ugotovili, da se je višinska rast v zadnjem ali pa predzadnjem desetletju povečala ali ostala enaka, čeprav so bili vsi analizirani sestoji starejši kot 100 let. Pri tej starosti bi moralo biti višinsko priraščanje pojemajoče. Iz tega sklepamo, da se je proizvodna sposobnost gozdnih rastišč povečala. Povečanje proizvodne sposobnosti rastišča pa ni nujno, da pomeni tudi večjo ravnost sestoja, ki jo odraža tekoči volumenski prirastek. Na ravnost vpliva poleg proizvodne sposobnosti rastišča še lesna zaloga sestoja, starost sestoja in pa zdravstveno stanje oz. vitalnost dreves. Iste snovi, ki lahko povzročijo povečanje proizvodne sposobnosti, lahko povzročijo - če so v velikih količinah - tudi poslabšanje zdravstvenega stanja, to pa je zmanjšanje ravnosti sestoja. Kaj je vzrok povečane proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč, ki jih poraščajo bukovi gozdovi, ostaja zaenkrat še nepojasnjeno.

## SUMMARY

Although the forest site is considered as a constant category, which is subject only to long term changes, significant changes have occurred on some of the sites in the last decades, which have been reflected in alterations in the health status of members of the biocenosis as well as in site productivity. The primary production in the forest ecosystem is strongly related to wood production, which in this article will be considered as site production.

As our intention was to establish whether site productivity has changed during the last decades, an investigation was carried out on sites overgrown by beech forests in which natural plant communities are classified in the beech syntaxon units. The analysis was laid out as a statistical sampling design on 18 site units (syntaxon units) involving 18 treatments with 5 replications. In total 90 sample plots sized 30 x 30 m were analysed. On the plots, the trees which form the top height were cut down and dendrometric and dendrochronological analysis was carried out. The top height is strongly related to total volume production, and the latter to site productivity. On the basis of dendrometric analysis, the developmental top height curves were constructed. From these curves the top heights for stands in the last three decades were derived. Since the average age of analysed stands on the sample plots inside the site units differed, we were able to establish the differences in the top height at the same reference age among stands of different ages inside the same site unit. The results show that more often than not the younger stands inside the same site unit (stands established later) have a higher top height at the same reference age than stands which germinated earlier. This is confirmed by correlation between the top height at the reference age and the chronological age of top height trees. The correlation coefficients are negative on 17 site units. In 6 site units the values of the correlation coefficient "r" are statistically significant at a significance level of 5% and in 8 site units at a significance level of 10%. The analysis of height growth of top height trees shows that the height growth pattern has changed in the last three decades. On 5 site units the height increment has increased in the last or in the preceding decade, despite the fact that the average age of analysed stands was over 100 years.

At this age the height increment should have diminished. On the basis of increased top height at the same reference age and on the basis of changed height growth pattern we inferred that the site productivity of the analysed site units has increased in the last three decades. Increased site productivity does not necessarily cause higher volume growth. The volume growth is influenced by site productivity, growing stock, the age of the stand and vitality or health status of the trees. The same substances or conditions which can lead to an increase of site productivity can cause deterioration in the health status of trees, when such substances are present in large quantities. In that case the volume growth of trees diminishes. The reason for the increase of site productivity on the analysed forest sites has not yet been explained.

## LITERATURA

### BIBLIOGRAPHY

- ASSMANN, E., 1961. Waldertragskunde, BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien 492 s.
- BECK, W., 2001. Waldwachstum unter anhaltendem Fremdstoffeintrag - Ergebnisse aus waldwachstumskundlichen und dendroökologischen Untersuchungen. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 4/2001, s. 192-201.
- DENGLER, A., 1972. Waldbau auf ökologischer Grundlage I. Band. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 229 s.
- HALAJ, J. et al., 1987. Rastove tabulky hlavných drevín ČSSR. Priroda, 361 s.
- KAJFEŽ-BOGATAJ, L., 2001. Klimatske spremembe in njihove posledice - dejstva in predvidevanja. GozdV 59-4, s. 203-208.
- KIMMINS, J.P., 1997. Forest Ecology, Prentice-Hall, Inc. 596 p.
- KOŠIR, Ž., 1975. Vrednotenje gozdnega prostora po varovalnem in lesnoproizvodnem pomenu na osnovi naravnih razmer. Zasnova uporabe prostora - Gozdarstvo. Zavod SR Slovenije za družbeno planiranje in IGLG pri BF, Ljubljana 145 s.
- KOŠIR, Ž., 1992. Vrednotenje proizvodne sposobnosti rastišč in ekološkega značaja fitocenoz, MKGP, Ljubljana 58 s.
- KOŠIR, Ž., 2002. Primerjava relativne bonitete gozdnih rastišč ugotovljene z rastiščnim koeficientom z njihovo izračunano oz. ocenjeno proizvodno sposobnostjo. GozdV 60-1, s. 3-23.
- KOTAR, M., 1991. Bestimmung der Ertragsfähigkeit der Waldstandorte in Slowenien. Biometrische Beiträge zu statistischen und dynamischen Modellansätzen. Grüne Serie des Deutschen Verbandes forstlicher Forschungsanstalten No5, s. 154-160.
- KOTAR, M., 1994. Proizvodna sposobnost gozdnih rastišč, ki jih poraščajo smrekovi in bukovi gozdovi ter njihova proizvodna zmogljivost v optimalni razvojni fazi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44, 1994, s. 125-148.
- KOTAR, M., 1996a. Differentiation Process in Mature Beech Stands, Conference on Effects of Environmental Factors on Tree and Stand Growth. IUFRO Conference, Berggießhübel bei Dresden. Proceedings p. 145-152.
- KOTAR, M., 1996b. Volume and Height Growth of Fully Stocked Mature Beech Stands in Slovenia During the Past Three Decades. In: Growth Trends in European Forests, Springer Berlin - Tokyo, p. 291-312.
- KOTAR, M., KOLAR, I., 1996. Vplivi emisij iz termoelektrarne Soštanj na smrekove gozdove v Šaleški dolini. Zb. gozd in lesar. št. 48, s. 77-134.
- LEIBUNDGUT, H., 1965. Die Waldpflege. Bern, Verlag Paul Haupt, 192 s.
- PRETZSCH, H., 1996. Growth Trends in Forest in Southern Germany. In: Growth Trends in European Forests, Springer Berlin - Tokyo, p. 107-131.
- SCHADAUER, K., 1996. Growth Trends in Austria. In Growth Trends in European Forests, Springer Berlin - Tokyo, p. 275 - 289.
- SPIECKER et al., 1996. Growth Trends in European Forest, Springer Berlin - Tokyo, 372 p.
- UNTHEIM, H., 1996. Has Site Productivity Changed? A Case Study in the Eastern Swabian Alb, Germany, Springer Berlin - Tokyo p. 133-147.