

# MORFOLOŠKI IN FIZIOLOŠKI ODZIV MLADIH BUKEV (*FAGUS SYLVATICA* L.) NA SVETLOBO V NARAVNIH BUKOVIH SESTOJIH SLOVENIJE

Morphological and physiological light response of young beech (*fagus sylvatica* L.) on natural sites in Slovenia

*Izvleček:* V sklopu proučevanja odziva bukve (*Fagus sylvatica* L.) na okoljske spremembe smo izbrali pet raziskovalnih ploskev z bukvami enake starosti vzdolž svetlobnega gradienta (ISF %) od razmer s polno zastrtostjo sestoja, preko gozdnega roba z delno zastrtostjo do sestojne vrzeli. Primerjali smo razlike v fiziološkem (maksimalna asimilacija) in morfološkem odzivu (plagiotropna rast; razmerje med dolžino in višino drevesc ( $l/h$ )) med ploskvami in znotraj svetlobnih kategorij. Potrdili smo različen odziv mladih dreves v pragozdu in gospodarskem gozdu ter razlike med proučevanima gozdnima kompleksoma (Pohorje in Kočevje). Mejna vrednost za plagiotropno rast je znašala na Pohorju 25% ISF, na Kočevskem območju pa 17% ISF. Ključne besede: svetloba, plagiotropna rast, odziv bukev, asimilacija, bodoča kakovost

*Abstract:* In view of evident changes in the reaction of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to environmental changes, five plots with young trees of the same age were established and studied. The beech trees were equally distributed along the light gradient and were divided according to light conditions (Indirect Site Factor, ISF) into groups of stand conditions, edge and open area conditions, without the sheltering effect of a mature stand. Differences among canopy, edge and open area responses were confirmed with high significance on all plots. On the same trees, the relation between tree length and height ( $l/h$ ) was compared under various light conditions. Different physiological and morphological responses of young beech were observed between managed and virgin forest and between different forest complexes; the value of limiting light for a plagiotropic response was lower in Kočevje region (17% ISF) than on Pohorje region (25% ISF).

*Keywords:* light, plagiotropic growth, beech response, assimilation, future quality

## UVOD

Večji del Slovenije pokrivajo mešani in listnati gozdovi. Kakovost in prihodnji razvoj obstoječih (bukovih) sestojev je odvisen od dobrega poznavanja vrste in njenega odziva, posebno v okolju z zmanjšano svetlobno intenziteto (npr. pod matičnim sestojem) in v mlajših razvojnih fazah. Dobro poznavanje odziva vrste je predpogoj za ustrezne gojitvene odločitve v okolju hitro spreminjajočih se dejavnikov, saj tako omogoča obstoj in večjo kakovost bodočih sestojev (Kazda 1997).

Sencozdržne vrste kot npr. bukev lahko prilagodijo svojo rast in morfologijo skromnim svetlobnim razmeram. V senci minimizirajo rast in oblikujejo drugačno razporeditev listja tako, da je svetlobni učinek čim večji, tudi orientacija poganjkov je drugačna glede na osebke, ki uspevajo na odprtem. Kolenasta ali plagiotropna rast debla, ki se kaže kot odklon od navpične osi ter asimetrično in pahljačasto razviti krošnji, je med najmanj zaželjenimi pojavi, ki zmanjšujejo kakovost bodočega debla in se povečujejo z večanjem zastrtosti, posebno pri mladih osebkih (Lüpke s sod. 2004). Nekateri raziskovalci povezujejo pojav tudi z manjšo vitalnostjo (Nicolini 2000), posebno med sencozdržnimi vrstami (Canham 1989).

\* dr., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija;  
e-pošta: matjaz.cater@gozdis.si

Na različnih rastiščih bukve v Sloveniji smo v enakih svetlobnih razmerah primerjali morfološke in fiziološke kazalce odziva mladih bukovih dreves.

## MATERIALI IN METODE

Meritve smo izvedli na ploskvah z mladimi bukovimi drevesi starosti od 10 do 15 let na naravnih bukovih rastiščih Pohorja (Brička in Kladje) in Kočevskega Roga (Snežna jama, Rajhenav, Vrhovo) v letih 2003, 2004 in 2005.

Ploskvi Brička in Kladje se nahajata na potencialnih rastiščih acidofilnega bukovja (*Luzulo albidae-Fagetum*) (Urbančič in Kutnar 2006), ploskvi Snežna jama in Rajhenav pa na rastiščih dinarskega jelovega bukovja (*Omphalodo-Fagetum*) (Kutnar in Urbančič 2008).

Na vsaki ploskvi velikosti 100x100m smo določili enotne svetlobne razmere s pomočjo hemisfernih posnetkov na osnovi tesnosti sklepa krošenj (ISF v %) in jih razvrstili v tri skupine: sestojne razmere, gozdni rob in razmere z malo ali brez zastiranja odraslega sestoja. Na vsaki ploskvi smo znotraj posamezne skupine za meritve naključno izbrali 24 mladih bukovih dreves. Morfološki odziv smo določali s primerjavo razmerja med dolžino in višino drevesc (l/h) v primerljivih svetlobnih kategorijah; v primeru pahljačaste rasti je postalo razmerje med dolžino in višino mladega drevesa večje in obratno. Za mejno vrednost med oligo- in plagiotropno vrsto rasti smo izbrali vrednost 1,1.

Vrednosti svetlobe, kjer je prišlo do odklona od vertikalne rasti, smo določili za vsako ploskev ločeno. Podatke razmerja (l/h) v odvisnosti od svetlobe smo primerjali z ujemanjem triparametrsk negativne eksponentne krivulje in z njenim odvodom računsko določili mesto prevoja (1).

$$Y = A+B \cdot \exp^{-b \cdot x} \quad (1)$$

### preglednica 1. Značilnosti in lokacija raziskovalnih ploskev

Ploskev	Nadm. višina (m)	Lat (0)	Long (0)	Letne padavine (mm)	Poprečna letna T (°C)	Talni tip	Št. dreves (Št. / ha)	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)
Brička	1093	46°28'40"	15°15'40'	1190	9,1	Dystric Cambisol	173	477
Kladje	1308	46°28'48"	15°23'24"	1066	9,2	Dystric Cambisol	126	302
Vrhovo	273	45°48'25"	15°18'11 "	1138	9,4	Acric Luvisol	189	479
Sn. jama	875	45°39'15"	15°01'40"	1330	8,3	Rendzic Leptosol	166	612
Rajhenav	865	45°39'36"	15°03'36"	1330	8,3	Rendzic Leptosol	167	992

Razlike med skupinami in ploskvami smo primerjali z analizo variance in posteriorno analizo.

## REZULTATI

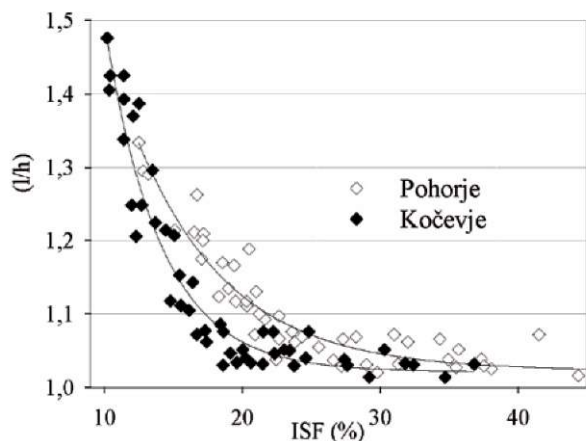
V ugodnih svetlobnih razmerah je drevesna debelna os navpična, krošnja simetrična, z zmanjševanjem intenzitete svetlobe pod kritično vrednostjo pa prihaja do vse večjega odklona in posledično večje vrednosti razmerja (l/h). Primerjava vrednosti, pod katerimi je prišlo do kolenaste rasti, je bila različna med ploskvama Pohorja in Kočevskega Roga (preglednica 2).

Na vseh ploskvah je prišlo do drugačne rasti, če je intenziteta svetlobe upadla pod 20 % ISF. Povprečni odziv na ploskvah Pohorja je bil drugačen od poprečnega odziva na ploskvah Kočevskega Roga (slika 1).

Vrednosti razmerja (l/h) so bile večje na ploskvah Kočevskega Roga, enak morfološki odziv pa so povzročile manjše vrednosti svetlobne intenzitete kot na ploskvah Pohorja.

### Preglednica 2. Svetlobne razmere (ISF %) in pojav kolenaste rasti (razmerje med dolžino in višino debela (l/h)); podane so vrednosti, pod katerim je prišlo do pojava

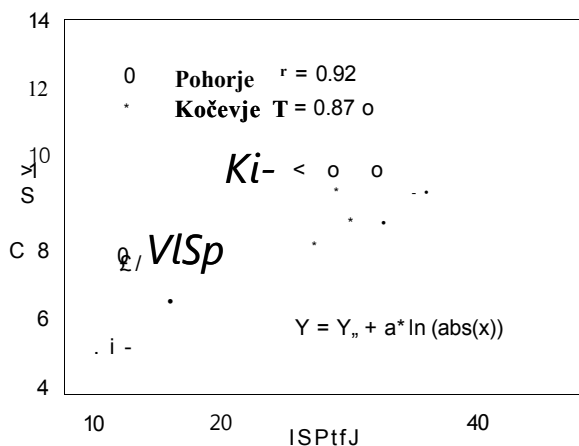
Ploskev	ISF (%) pri (l/h = 1,1)	r <sup>2</sup>
Vrhovo	23	0,89
Brička	23	0,94
Kladje	22	0,96
Snežna jama	17	0,95
Rajhenav	16	0,91



**Slika 1. Primerjava razmerja med dolžino in višino debel glede na svetlobne razmere (ISF) na ploskvah Pohorja in Kočevja**

Tudi fiziološki odziv med ploskvami enakih svetlobnih razmer in med gozdnima kompleksoma je bil različen povsod (vse ploskve) med vsemi kategorijami svetlobne intenzitete z izjemo ploskve Rajhenava (pragozd), kjer nismo potrdili razlik v odzivu med gozdnim robom in razmerami na prostem ( $df_{114}$ ;  $F=0,13$ ; NS).

Vrednosti maksimalne fotosinteze so bile v vseh svetlobnih kategorijah vedno večje in značilno različne na ploskvi Rajhenav, kot v Snežni jami (zastor -  $df_{130}$ ;  $F = 285,99^{***}$ ), rob ( $df_{130}$ ;  $F = 171^{**}$ ), odprto ( $df_{130}$ ;  $F = 93,30^{***}$ ), kljub primerljivi vrednosti dušika v listju (Čater in Simončič, 2009; Čater, 2010).



**slika 2. Maksimalna asimilacija ( $A_{max}$ ) v odvisnosti od svetlobne intenzitete; primerjava med gozdnima kompleksoma.**

Razlike asimilacije ( $A_{max}$ ) v odvisnosti od svetlobne intenzitete med gozdnima kompleksoma prikazuje slika 2.

## RAZPRAVA IN SKLEPI

Sposobnost morfološke prilagoditve na različne svetlobne razmere je vrstno - specifična lastnost (Messier s sod., 1999), ki je do sedaj niso uspeli povezati s sencozdržnostjo (Messier in Nikinmaa, 2000; Paquette s sod., 2007). Zmanjševanje intenzitete svetlobe pod 20 % razmer na prostem zmanjša debelinski prirastek za 50 %, posebno v koreninskem delu (Burschel in Schmaltz, 1965), pod 10 % intenzitete sevanja nastopi močno umiranje osebkov in izrazita kolenasta rast, pod 8 % relativnega sevanja se zmanjša sinteza skupne biomase mladega bukovega drevja za 50 %, pri 1 % pa preživijo najvitalnejši bukovi osebki največ 2 leti (Röhrig, 1967).

Na Kočevskem z dolgoletno tradicijo sonaravnega gozdnega gospodarjenja (Diaci, 2006) je bil odziv proučevanih bukev drugačen kot na ploskvah Pohorja, kjer so v preteklosti pospeševali smreko na prvotnih bukovih rastiščih. Mejna vrednost za začetek kolenaste rasti je nastopila, če je intenziteta svetlobe upadla pod 22 % relativne osvetljenosti na Pohorju in pod 16 % na ploskvah Kočevske, kar označuje bukovo mladje na Kočevskem kot bolj sencozdržno. Razmerje med dolžino in višino drevesa ( $I/h$ ) kot posledica svetlobnih razmer (zastiranje odraslega sestoja, položaj posameznega drevesa) je lahko dober indikator bodoče kakovosti in mehanske stabilnosti dreves.

Z raziskavo smo potrdili razlike v odzivu med gospodarskim gozdom in pragozdom znotraj istega gozdnega kompleksa; fotosintetska učinkovitost je bila večja v vseh svetlobnih kategorijah pragozdnega dela, kljub podobnim (neznačilnim) razlikam v vsebnosti dušika v listju proučevanega drevja (Čater in Simončič, 2009; Čater, 2010). Nekateri avtorji navajajo za mejne vrednosti intenzitete svetlobe 10 % (Wagner in Müller-Using, 1997) ali 15 % (Schmitt s sod., 1995), ki so nekoliko manjše od tistih, dobljenih za Pohorje. Lüpke s sod. (2004) navaja, da je plagiotropna oz. kolenasta rast izraziteje prisotna v razmerah prevladujoče difuzne komponente, vendar nanjo izrazito vpliva način gospodarjenja (Gralla s sod., 1997; Pampe s sod., 2003).

Raziskava je pokazala eksponentno naraščanje neželenelega tipa razrasti s povečevanjem tesnosti sklepa krošenj pod določeno mejno vrednostjo; usmerjenost terminalnih poganjkov ni več navpična, zato je vprašljiva bodoča kakovost takih dreves. Zagotavljanje intenzitete sevanja, večjega od 15 % do 25 % v mlajših fazah bukovij in zadostna presvetljenost odraslega sestoja tako ustvarjata ugodne razmere za razvoj kakovostnih bukovih sestojev. Zanimiva bi bila študija genetskih parametrov, saj so bile

do sedaj potrjene razlike le med različno onesnaženimi deli v Sloveniji (Brus, 1996).

## VIRI

1. **čater M. (2010)** Shoot morphology and leaf gas exchange of *Fagus sylvatica* as a function of light in Slovenian natural beech forests. *Dendrobiology*, 64: 3-11
2. **čater M., Simončič P. (2009)** Photosynthetic response of young beech (*Fagus sylvatica* L.) on research plots in different light conditions. *Šumar. list.*, 83, 11/12: 569-576
3. **Burschel p., schmalz J. (1965)** Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. *Allg. Forst Jagdztg.*, 136: 193-210
4. **brus R. (1996)** Vpliv onesnaževanja ozračja na genetsko strukturo bukovih populacij v Sloveniji (The effect of air pollution on the genetic structure of beech populations in Slovenia). *Zb. gozd. lesar.*, 49: 67-103
5. **canham c.D. (1989)** Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology*, 70: 548-550
6. **diaci J. (2006)** Fifty years of restoration in Norway spruce replacement forests in Slovenia. In: Simončič, P. (ed.), Čater, M. (ed.). *Splošne ekološke in gozdnogojitvene osnove za podsadnjo bukve (Fagus sylvatica L.) v antropogenih smrekovih sestojih*, (Studia forestalia Slovenica, št. 129). Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 130-141
7. **Gralla T., Müller-using B., unden T., Wagner s. (1997)** Über die Lichtbedürfnisse von Buchenvorانبauten in Fichtenbaumhölzern des Westharzes. *Forstarchiv*, 68: 51-58
8. **Kazda M. (1997)** Lichtverteilung in Waldbeständen - Konsequenzen für den Waldbau. *Österreichische Forstzeitung*: 11-13
9. **Kutnar L., urbančič M. (2008)** Influence of site and stand conditions on diversity of soil and vegetation in selected beech and fir-beech forests in the Kočevje region. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 80: 3-30
10. **Lüpke B.v., Ammer c., Bruciamacchie M., Brunner A., ceitel J., collet c., deleuze c., DI placido J., Huss J., Jankovic J., Kantor p., Larsen J.B., Lexer M., Löf, M., Longauer R., Madsen p., Modrzynski J., Mosandl R., pampe A., pommerening A., stefancik I., tesar v., thompson R., Zientarski J., (2004)** Silvicultural strategies for conversion. In: Spiecker, H., Hansen, J., Klimo, E., Sterba, H., Skovsgaard, J.-P., Teuffel, von, K., (ed.): *Norway spruce conversion - Options and Consequences*. EFI Reseach Report 18, S. Brill Academic Publishers, Leiden, Boston: 121-164
11. **Messier c., doucet R., Ruel J.c., claveau Y., Kelly c., Lechowicz M.J. (1999)** Functional cology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Can J Res.*, 29: 812-823
12. **Messier c., Nikinmaa E. (2000)** Effects of light availability and sapling size on the growth, biomas allocation, and crown morphology of understory sugar maple, yellow birch, and beech. *Ecoscience* 7:345-356
13. **nicolini E. (2000)** Nouvelles observations sur la morphologie des unites de croissance du hetre (*Fagus sylvatica* L.). *Symetrie des pousses, reflet de la vigueur des arbres*. *Can. J. Bot.* 78: 77-87
14. **pampe A., spellmann H., schmidtke H., Rieckmann p. (2003)** Jugendwachstum und Differenzierung von Fichtennaturverjüngungen - Konsequenzen für die waldbauliche Behandlung. *Forst und Holz* 58: 390-394
15. **paquette A., Bouchard A., cogliastro A. (2007)** Morphological plasticity in seedlings of three deciduous species under shelterwood under-planting management does not correspond to shade tolerance ranks. *For. Ecol. Managern.*, 241: 278-287
16. **Röhrig E. (1967)** Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. *Allg. Forst und J. Ztg.*: 224-239
17. **schmitt H.p., Mertens B., Lüpke B.v (1995)** Buchenvorانبau im Stadtwald Meschede., *Allg. Forstzeitschr.*, 50: 1071-1075
18. **urbančič M., Kutnar L. (2006)** Site conditions of the plot "Brička" and comparisons with other "Sustman" plots. *Studia Forestalia Slovenica*, Slovenian Forestry Institute: 68-85
19. **Wagner s., Müller-using B. (1997)** Ergebnisse der Buchen-Vorانبauversuche im Harz unter besonderer Berücksichtigung der lichtökologischen Verhältnisse. In: *Bodenordnung u. Forsten Landesanstalt für Ökologie, Waldbau von Nadelholzreinbeständen in Mischbestände*. *Schriftenreihe d. LÖBF / Landesamt f. Agrarordnung NRW*, 13: 17-30