

# KAKŠNI BI LAHKO BILI UČINKI SEGREVANJA OZRAČJA NA BUKOVE GOZDOVE V PRIHODNOSTI?

What might be the effects of global warming on the beech forests in the future?

*Izvleček: V raziskavi smo simulirali prostorsko prerazporeditev bukovih vegetacijskih tipov v Sloveniji, do katere bi lahko prišlo ob pričakovanih podnebnih spremembah. Napovedi na osnovi treh podnebnih scenarijev kažejo, da bo pod vplivom segrevanja podnebja do leta 2070 prišlo do spremembe razporeditve in zmanjšanja deleža danes prevladujočih bukovih gozdov. Ključne besede: Fagus sylvatica, gozdna vegetacija, podnebne spremembe, prostorska razporeditev, model, simulacija, Slovenija*

*Abstract: The redistribution of beech vegetation types in Slovenia, driven by the expected climate change, has been simulated. Based on the three different climate scenarios, the predictions showed that the spatial pattern of actual prevailing beech forests will be altered under the impacts of climate warming till the year 2070 and decrease of their share is expected.*

*Key words: Fagus sylvatica, forest vegetation, climate change, spatial distribution, model, simulation, Slovenia*

## UVOD

Podnebni scenariji za naslednja desetletja napovedujejo segrevanje podnebja, ki bo na severu Evrope izrazitejše v zimskem času, na jugu in osrednjem delu Evrope pa v poletnem času. V južnem delu napovedujejo tudi zmanjšanje količine padavin (IPCC 2001, 2007). Na podlagi modelov splošne cirkulacije (angl. General Circulation Model) in dosedanjih meritev napovedujejo segrevanje ozračja in spremembe padavinskega režima v prihodnosti tudi za območje Slovenije (Bergant, 2003, 2007). Meritve temperature in količine padavin v zadnjem času že potrjujejo spreminjanje podnebja na tem območju (Bergant, 2007).

Napovedano globalno segrevanje ozračja bi lahko imelo znatne posledice za različne gozdne ekosisteme (npr. Sha-

ver in sod., 2000; Lexer in sod., 2002; Askeev in sod., 2005; Freeman in sod., 2005; Maracchi in sod., 2005; Kellomäki, Leinonen, 2005; Koca in sod., 2006; IPCC 2007). Po dosedanjih ocenah bi bili na območju Slovenije med najbolj prizadetimi gozdnimi ekosistemi predvsem prevladujoči bukovi gozdovi (Kutnar, Kobler, 2007; Ogris in sod., 2008; Kutnar in sod., 2009).

Na podlagi obstoječih scenarijev podnebnih sprememb in ob uporabi novih metodoloških pristopov smo v tej raziskavi simulirali razporeditev bukovih vegetacijskih tipov v Sloveniji v prihodnosti.

## METODE

### BUKOVİ VEGETACIJSKI TIPI

Ob uporabi drugačnega metodološkega pristopa kot v predhodnih raziskavah (Kutnar, Kobler, 2007; Kutnar in sod., 2009) obravnavamo tri površinsko prevladujoče bukove vegetacijske tipe v Sloveniji (številčne oznake vegetacijskih tipov in površine so povzete po Kutnar in sod., 2009): 1 - acidofilna bukovja (14 % celotne gozdne

\* dr., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: lado.kutnar@gozdis.si,

† mag., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: andrej.kobler@gozdis.si

†† prof. dr., Inštitut Jožef Stefan, Odsek za tehnologije znanja, Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: saso.dzeroski@ijs.si

površine), 3 - podgorska bukovja (13 %); 6 - (visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju (11 %). Med (visoko) gorskimi bukovji v (pred)dinarskem območju poleg prevladujočih dinarskih jelovo-bukovih gozdov razmeroma velik delež predstavljajo tudi preddinarski visokogorski bukovi gozdovi (*Cardamini savensi-Fagetum*), ki so bili opisani tako na dolomitih in apnencih v preddinarskem območju kot tudi na silikatnih kamninah na Pohorju (Košir in sod., 1974, 2003).

### **SCENARIJI PODNEBNIH SPREMEMB IN MODELIRANJE**

Po podatkih Svetovne meteorološke organizacije je bilo desetletje 1998-2007 najtoplejše, odkar imamo meritve temperature na zemeljskem površju (povzeto po ARSO, 2008). Trend segrevanja ozračja v zadnjih desetletjih izrazito narašča (CRU, 2008).

Za simulacije sprememb bukovih gozdov smo uporabili obstoječe napovedi podnebnih sprememb (Bergant, 2003, 2007), ki temeljijo na različnih modelih splošne cirkulacije zraka in so podane v obliki intervalnih vrednosti za posamezno podnebno spremenljivko. Iz podanih intervalnih napovedi temperatur, padavin in evapotranspiracije smo oblikovali tri scenarije: srednji scenarij (srednja temperatura T, srednje padavine R, srednja evapotranspiracija E), pesimistični scenarij (maks. T, min. R, maks. E) in optimistični scenarij (min. T, maks. R, min. E) (Kutnar in sod., 2009).

Simulacije prihodnje porazdelitve bukovih vegetacijskih tipov temeljijo na (1) empiričnem modelu, ki za vsak z gozdom pokrit kilometrski kvadrant v Sloveniji napoveduje prisotnost posameznega vegetacijskega tipa in na (2) scenarijih možnih podnebnih sprememb v prihodnosti. Uporabili smo empirični model (Ferrier, Guisan, 2006; Guisan in sod., 2002; Steinmann in sod., 2009), ki izraža leta 2000 veljavno prostorsko razporeditev vegetacijskih tipov pri tedaj veljavnih vrednostih ekoloških parametrov, ne upošteva pa drugega splošnega vedenja o združbah in tudi ne sekundarnih učinkov podnebnih sprememb. Ciljna spremenljivka v modelu so bukovi vegetacijski tipi, ki združujejo podobne potencialne gozdne združbe (Košir in sod., 1974, 2003; Zorn, 1975). Predmet modeliranja in simulacij je prostor znotraj gozdnega roba (po stanju leta 2000). Uporabili smo dve skupini pojasnjevalnih spremenljivk (podnebne in pomožne), s katerimi model pojasnjuje vrednosti ciljne spremenljivke. Podnebne spremenljivke prikazujejo mesečna in letna povprečja temperatur, padavin in evapotranspiracije za 30-letno obdobje med 1971 in 2000 (ARSO, 2005, 2006a, 2006b). Ločljivost vseh podnebnih kart je 1 km x 1 km. Pomožne spremenljivke so: nadmorska višina digitalnega modela reliefa DMR-lo-

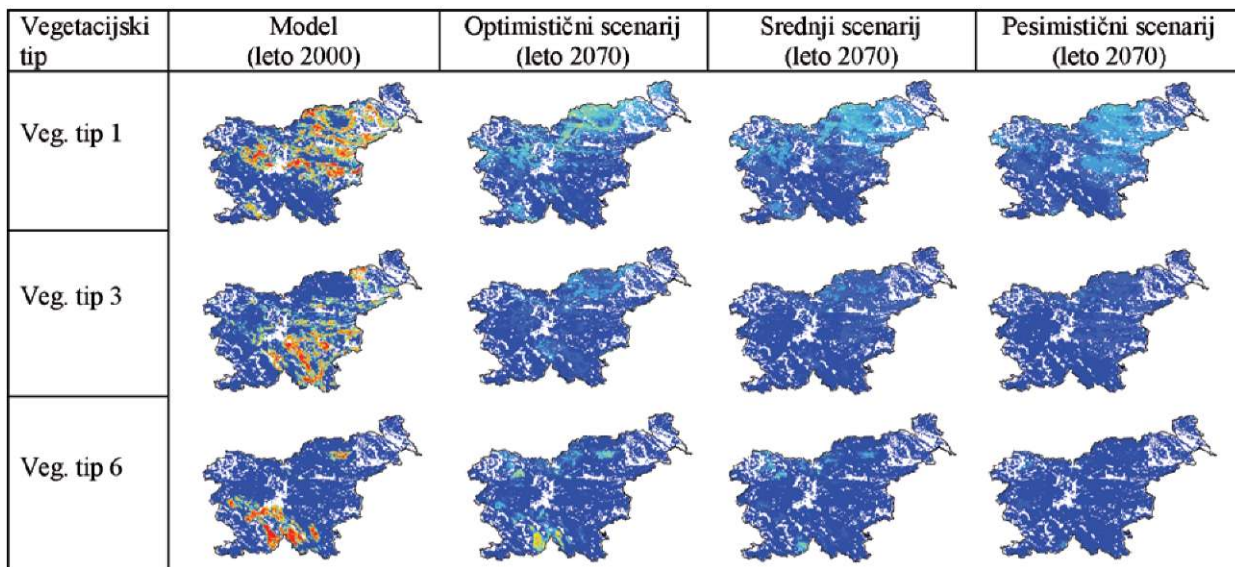
čljivosti 100 m x 100 m (GURS, 2006), iz DMR izpeljano karto naklonov in ekspozicij ter FAO-pedološki razred tal, tudi ločljivosti 100 m x 100 m (CPVO, 1999).

Empirični model v obliki ansambla regresijskih dreves random forest (Breiman, 2001) je bil zgrajen iz učnih podatkov z metodo Top-Down Induction of Decision Trees (TDIDT) z orodjem CLUS (Kocev, 2011; Kocev in sod., 2007; Struyf in Džeroski, 2006; Blockeel in Struyf 2002). Algoritem TDIDT se začne z izbiro testa za korenko vozlišče (angl. root node). Glede na izid testa se učna množica razdeli na podmnožice. V primeru binarnih dreves se razdeli v dve podmnožici: ena vsebuje zapise, za katere je test uspel, druga pa zapise, za katere test ni uspel. Ta postopek se med konstrukcijo drevesa rekurzivno ponavlja. Deljenje se ustavi, ko je zadovoljen ustavitveni kriterij (na primer število zapisov v podmnožicah pade pod določen prag; dolžina poti od korena do tekoče podmnožice preseže nek prag in podobno). Točnost modela smo ocenili z 10-kratnim prečnim preverjanjem veljavnosti (cross-validation). Pearsonov korelacijski koeficient modela znaša 0,80, 0,78 in 0,89 po vrsti za vegetacijski tip 1, 3 in 6. Koren relativne kvadratne napake (RMSE), izražen v procentnih deležih vegetacijskega tipa, znaša 21 %, 20 % in 12 % po vrsti za vegetacijski tip 1, 3 in 6. Napovedi prihodnjega stanja smo po modelu izračunali z upoštevanjem treh podnebnih scenarijev. Simulacije prihodnjega stanja smo primerjali z modelnim današnjim stanjem (izračunanim z modelom iz danes veljavnih podnebnih vrednosti), ne z dejanskim. Tako razlika med modelnim današnjim in prihodnjim stanjem ne vključuje napak modela.

### **REZULTATI**

Na sliki 1 so prikazane razporeditve danes prevladujočih bukovih vegetacijskih tipov v modelnem stanju in njihove simulirane razporeditve v letu 2070 na osnovi empiričnega modela ob uporabi treh različnih scenarijev (optimistični, srednji, pesimistični scenarij). Iz legende je razvidno, da bolj ko je posamezni kvadrant (območje) obarvano oranžno ali rdeče, bolj je določeni vegetacijski tip prevladujoč v posameznem kvadratnem kilometru (nad 80 % zastopanost). Na območjih, kjer se pojavljajo intenzivno modri odtenki, je manjši delež določenega vegetacijskega tipa (najbolj temno modra barva pomeni, da se vegetacijski tip v kilometrskem kvadrantu pojavlja na manj kot 10 % površine).

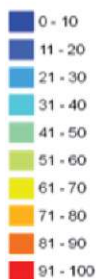
Acidofilna bukovja so v modelnem stanju z največjim deležem zastopana predvsem v osrednjem in vzhodnem delu Slovenije. Večinoma se pojavljajo v predalpskem, preddinarskem in subpanonskem območju (Wraber, 1969). Zasedimo pa jih tudi v nekoliko višjih legah v alpskem območju (vzhodne Karavanke in Pohorje) in na



Legenda:

Veg. tip 1 = Acidofilna bukovja; Veg. tip 3 = Podgorska bukovja; Veg. tip 6 = (Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju;

Delež vegetacijskega tipa (%):



**Slika 1. Napoved spremembe razporeditve bukovih vegetacijskih tipov v letu 2070 po različnih scenarijih**

nekaterih predelih v submediteranskem območju (slika 1). Po napovedih modela bi se delež acidofilnih bukovij povsod zmanjšal. Celo po optimističnem scenariju bi bil njihov delež v vseh kilometrijskih kvadrantih pod 60 %. Še posebej izrazito bi se zmanjšal delež acidofilnega bukovja v predalpskem in predinarskem območju, kjer se v nekoliko nižjih nadmorskih višinah pojavlja predvsem združba bukve z rebrenjačo (*Blechno-Fagetum*). Nekoliko večji površinski delež acidofilnega bukovja pa bi se po napovedih modela lahko obdržal na Pohorju in Karavankah.

Podgorska bukovja so danes najpogosteje prisotna v preddinarskem, subpanonskem in predalpskem območju. S povečanjem temperatur, ki ga predvidevajo vsi trije scenariji, se bo delež podgorskih bukovij na celotnem območju verjetno zmanjšal (povsod pod 40 %, večinoma pa celo pod 20 % zastopanosti). Podgorska bukovja bi po napovedi modela verjetno izgubila največji delež površine prav v današnjem osrednjem delu njihovega areala (pred-

dinarsko območje). Model napoveduje izrazito zmanjšanje tudi v subpanonskem območju. Nekoliko večji delež gozdov, podobnih današnjim podgorskim bukovjem, lahko pričakujemo tudi na nekaterih območjih današnjih acidofilnih bukovij (npr. vznožje Pohorja).

Gorska in visokogorska bukovja v dinarsko-preddinarskem območju (vegetacijski tip 6) se poleg dinarskega območja pojavljajo tudi na Pohorju, manjše otoke pa najdemo v preddinarskem območju. Napovedi deležev in razporeditve tega vegetacijskega tipa po optimističnem scenariju se precej razlikuje od napovedi po pesimističnem scenariju. Čeprav lahko tudi po optimističnem scenariju (naraščanje temperature ob hkratnem povečanju količine padavin) pričakujemo močno zmanjšanje njegovega deleža na celotnem sedanjem arealu, pa bi se po tej napovedi lahko obdržal na večini dinarskega območja. Z nekoliko večjim površinskim deležem bi se lahko obdržal predvsem v višjih legah notranjskega in goteniškega Snežnika. Podobni

gozdovi, ki smo jih uvrstili v ta vegetacijski tip, bi se po teh napovedih lahko pojavljali tudi na Pohorju in na drugih alpskih planotah. Ob uresničitvi pesimističnega scenarija (naraščanje temperature ob hkratnem zmanjšanju količine padavin) pa lahko podobne gozdove pričakujemo z razmeroma majhno zastopanostjo v kvadrantih (npr. max. 30 %-40 %) le še v posameznih v predelih Dinaridov in Alp. Na veliki večini sedanjega areala tega tipa pa lahko pričakujemo drugačno vegetacijo z drugimi dominantnimi drevesnimi vrstami.

## RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

V nasprotju z ugotovitvami, da se delež bukve v naših gozdovih v zadnjih desetletjih povečuje (Ficko in sod., 2008; Poljanec in sod., 2010), je simulacija potencialnih vplivov podnebnih sprememb na prevladujoče bukove gozdove z uporabo novega metodološkega pristopa nakazala možnost zmanjšanja njihovega deleža. Simulacije nakazujejo podobne trende kot predhodne napovedi za območje Slovenije (Kutnar, Kobler 2007; Kutnar in sod., 2009; Kobler, Kutnar, 2010), kot tudi za srednjeevropski prostor (npr. Brzeziecki in sod., 1993, 1995; Fotelli in sod., 2002; Geßler in sod., 2007).

Tudi nekoliko drugače zasnovan model je napovedal upadanje prevladujočih bukovih gozdov kot predhodna raziskava (Kutnar in sod., 2009), ki je do leta 2070 napovedala zmanjšanje njihove površine na manj kot polovico sedanje. Raziskava je potrdila tudi negativne napovedi dosedanjih raziskav, da bi lahko bili dinarski jelovo-bukovi gozdovi med najbolj ogroženimi (Kutnar, Kobler, 2007; Kutnar in sod., 2009). Potencialno zmanjševanje njihovega deleža bi lahko pomenilo veliko izgubo v gospodarskem in ekološko-naravovarstvenem pogledu.

Naše napovedi vpliva podnebnih sprememb na bukove gozdove temeljijo na poenostavljenih predpostavkah in so zato uporabne predvsem za zožitev negotovosti pri odločanju o prihodnjem gospodarjenju z njimi. V modelih namreč ni bilo mogoče upoštevati številnih dejavnikov (npr. ekološke niše vrst in združb, širjenje novih bolezni in škodljivcev, gozdni požari, drugi antropogeni vplivi na rabo prostora), ki bi lahko odločilno vplivali na njihovo pojavljanje v prihodnosti.

## ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru projekta V4-0494, ki ga je financiralo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS ter raziskovalnega programa P4-0107. Zahvaljujemo se recenzentu dr. Nikici Ogris za vsebinsko in tehnično izboljšanje prispevka.

## LITERATURA

1. **ARSO - Agencija RS za okolje (2005)** Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih temperatur 1971-2000
2. **ARSO - Agencija RS za okolje (2006a)** Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih padavin 1971-2000
3. **ARSO - Agencija RS za okolje (2006b)** Podnebne karte povprečnih mesečnih in letnih evapotranspiracij 1971-2000
4. **ARSO - Agencija RS za okolje (2008)** Svetovne podnebne razmere v letu 2007 (povzeto po Svetovni meteorološki organizaciji, pripravili Cegnar T, Zupančič M), <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/podatki%20o%20spreminjanju%20podnebja/Svetovne%20podnebne%20razmere%20v%20letu%202007.pdf>
5. **Askeev O.V., Tischin D., Sparks T.H., Askeev I.V. (2005)** The effect of climate on the phenology, acorn crop and radial increment of pedunculate oak (*Quercus robur*) in the middle Volga region, Tatarstan, Russia. *Int. J. Biometeorol.* 49: 262-266
6. **Bergant K. (2003)** Projekcije simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihova uporaba v agrometeorologiji. Doktorska disertacija, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
7. **Bergant K. (2007)** Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo. V: Jurc M (ur.) Podnebne spremembe - Vpliv na gozd in gozdarstvo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, Ljubljana, Strokovna in znanstvena dela, 130: 67-86
8. **Blockeel H., Struyf J. (2002)** Efficient algorithms for decision tree cross-validation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 621-650
9. **Breiman L. (2001)** Random forests. *Machine Learning* 45 (1), 5-32
10. **Brzeziecki B., Kienast F., Wildi O. (1993)** A simulated map of the potential natural forest vegetation in Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 4: 499-508
11. **Brzeziecki B., Kienast F., Wildi O. (1995)** Modelling potential impacts of climate change on the spatial distribution of zonal forest communities in Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 6: 257-268
12. **CPVO - Center za pedologijo in varstvo okolja (1999)** Digitalna pedološka karta Slovenije 1:25000
13. **CRU - Climatic Research Unit (2008)** School of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of East Anglia, Norwich, UK, <http://www.cru.uea.ac.uk>
14. **Ferrier S., Guisan A. (2006)** Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*, 43, 3: 393-404
15. **Ficko A., Klopčič M., Matijašič D., Poljanec A., Bončina A. (2008)** Razširjenost bukve in strukturne značilnosti bukovih sestojev v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 45-60
16. **Fotelli N.M., Rennenberg H., Geßler A. (2002)** Effects of drought on the competitive interference of an early successional species (*Rubus fruticosus*) on *Fagus sylvatica* L. seedlings: 15N uptake and partitioning, responses of amino acids and other N compounds. *Plant Biology*, 4: 311-320
17. **Freeman M., Morén A.S., Strömberg M., Linder S. (2005)** Climate change impacts on forests in Europe: biological impact mechanisms. In: Kellomäki, S, Leinonen, S. (ur.), *Management of European Forest under Changing Climatic Conditions*, University of Joensuu Research Notes 163: 46-115
18. **Geßler A., Keitel C., Kreuzwieser J., Matyssek R., Seiler W., Rennenberg H. (2007)** Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. *Trees*, 21: 1-11
19. **Guisan A., Edwards T.C., Hastie T. (2002)** Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*, 157: 89-100
20. **GURS - Geodetska uprava RS (2006)** Digitalni model reliefa DMR100
21. **IPCC (2001)** Climate Change 2001: impacts, adaptation and vul-

- nerability. V: Mccarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ, White KS (ur.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK
22. **IPCC (2007)** Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. V: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, Van Der Linden PJ, Hanson CE (ur.), Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK
  23. **Kellomäki S., Leinonen S. (ur.) (2005)** Management of European forests under changing climatic conditions. Final Report of the Project Silvistrat. University of Joensuu, Research Notes, 163, Joensuu, Finland
  24. **Kobler A., Kutnar L. (2010)** Potential forest change in Slovenia due to climate warming. IUFRO 3.08 Small-Scale Forestry Conference Proceedings, Bled, 6 - 12 junij 2010
  25. **Koca D., Smith S., Sykes M.T. (2006)** Modelling regional climate change effects on potential natural ecosystems in Sweden. Climatic Change, 78: 381-406
  26. **Kocev D. (2011)** Ensembles for predicting structured outputs. Doktorska dizertacija, Jožef Stefan International Postgraduate School, Ljubljana, Slovenija.
  27. **Kocev D., Vens C., Struyf J., Dzeroski S. (2007)** Ensembles of multi-objective decision trees. V: ECML '07: Proceedings of the 18th European Conference on Machine Learning, LNCS 4701, 624-631. Springer, Berlin-Heidelberg.
  28. **Košir Ž., Zorn-pogorelc M., Kalan J., Marinček L., Smole I., Čampa L., Šolar M., Anko B., Accetto M., Robič D., Toman V., Žgajnar L., Torelli N. (1974)** Gozdnovegetacijska karta Slovenije, M 1:100.000. Biro za gozdarsko načrtovanje, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
  29. **Košir Ž., Zorn-pogorelc M., Kalan J., Marinček L., Smole I., Čampa L., Šolar M., Anko B., Accetto M., Robič D., Toman V., Žgajnar L., Torelli N., Tavčar I., Kutnar L., Kralj A. (2003)** Gozdnovegetacijska karta Slovenije, digitalna verzija. Biro za gozdarsko načrtovanje, Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana
  30. **Kutnar L., Kobler A. (2007)** Potencialni vpliv podnebnih sprememb na gozdno vegetacijo v Sloveniji (Potential impact of climate changes on forest vegetation in Slovenia). V: Jurc M (ur.) Podnebne spremembe : vpliv na gozd in gozdarstvo : Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Studia forestalia Slovenica, 130: 289-304
  31. **Kutnar L., Kobler A., Bergant K. (2009)** Vpliv podnebnih sprememb na pričakovano prostorsko preražporeditev tipov gozdne vegetacije. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 89: 33-42
  32. **Lexer M.J., Hönniger K., Scheifinger H., Matulla Ch., Groll N., Kromp-Kolb H., Schadauer K., Starlinger F., Englisch M. (2002)** The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. Forest Ecology and Management, 162: 53-72
  33. **Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M. (2005)** Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. Climatic Change, 70: 117-135
  34. **Ogris N., Jurc M., Jurc D. (2008)** Varstvo bukovih gozdov - danes in jutri. V: Bončina A (ur.) Bukovi gozdovi-ekologija in gospodarjenje: zbornik razširjenih povzetkov predavanj. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 36-39
  35. **Poljanec A., Ficko A., Bončina A. (2010)** Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970-2005. Forest Ecology and Management, 259: 2183-2190
  36. **Shaver G.R., Canadell J, Chapin F.S., Gurevitch J., Harte J., Henry G., Ineson P., Jonasson S., Mellilo J., Pitelka L., Rustad L. (2000)** Global warming and terrestrial ecosystems: a conceptual framework for analysis. Bioscience, 50: 871-882
  37. **Steinmann K., Linder H.p., Zimmermann N.E. (2009)** Modelling plant species richness using functional groups. Ecological Modelling, 220: 962-967
  38. **Struyf J., Dzeroski S. (2006)** Constraint based induction of multi-objective regression trees. V: Proc. of the 4th International Workshop on Knowledge Discovery in Inductive Databases KDID, LNCS 3933, 222-233. Springer.
  39. **Wraber M. (1969)** Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. Vegetatio, The Hague, 17: 176-199
  40. **Zorn M. (1975)** Gozdnovegetacijska karta Slovenije. Opis gozdnih združb. Biro za gozdarsko načrtovanje, Ljubljana, 150