

ZAKLJUČNO POROČILO

O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA

NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA

PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja

2. Šifra projekta:

VI-0347

3. Naslov projekta:

Rastiščni, gozdno-gospodarski in politični vidiki odzivanja gozdov na pričakovane podnebne spremembe

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Rastiščni, gozdno-gospodarski in politični vidiki odzivanja gozdov na pričakovane podnebne spremembe

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Site-related, forest-management and forest-political aspect of forest response to expected climate changes

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

vegetacija, gozdne združbe, podnebne spremembe, prostorski model, Slovenija

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

vegetation, forest communities, climate changes, spatial model, Slovenia

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

0404 - Gozdarski inštitut Slovenije

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

neformalno sodelovanje - z Uradom za meteorologijo, ARSO in ZGS

6. Sofinancer/sofinancerji:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

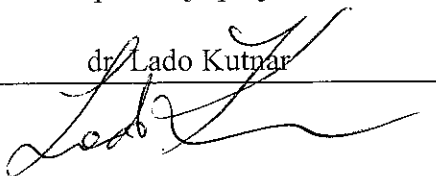
15108

dr. Lado kutnar

Datum: 25. sept. 2008

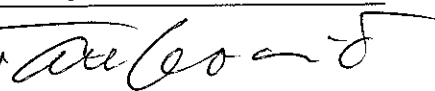
Podpis vodje projekta:

dr. Lado Kutnar



Podpis in žig izvajalca:

direktorja dr. Tomislav Levanič



II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- ☒ a) v celoti
☐ b) delno
☐ c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- ☐ a) da
☒ b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

1. NAMEN PROJEKTA

Namen predlaganega projekta je bila ocena sprememb gozdne vegetacije kot posledice vpliva predvidenih podnebnih sprememb, ki bodo v prihodnosti lahko usodno vplivale na vse funkcije gozdov ter na ekološke značilnosti gozdnih ekosistemov, na gozdno-gospodarske in politične vidike gozdov. V okviru projekta smo za skupine podobnih združb in regije preučevali njihovo ranljivost za različne oblike in stopnje klimatskih sprememb.

Cilj projekta je bil na osnovi znanih izhodišč napovedati, katere gozdne površine v Sloveniji bodo potencialno posebej prizadete v primeru podnebnih sprememb in s tem gozdarski politiki in gozdno-gospodarskemu načrtovanju na državni in območni ravni dati bolj oprijemljiva izhodišča za pravočasno preventivno ukrepanje.

2. PRIPRAVLJALNA FAZA PROJEKTA

2.1. Priprava prostorske ciljne spremenljivke modela podnebnih sprememb

Pri pripravi modela, ki napovedujejo spremembe gozdov in vegetacije, smo kot ciljno spremenljivko uporabili skupine gozdnih združb (vegetacijski tip). V študiji smo izhajali iz potencialnih rastišč gozdnih združb. Kot osnova nam je služila potencialna vegetacija, ki bi se v optimalnih razmerah (predvsem brez večjega negativnega vpliva človeka), pojavljala na določenem rastišču. S pomočjo modela pa naj bi napovedovali, kakšne naj bi bile potencialne rastiščne razmere ob spremenjeni klimi v prihodnosti.

V študiji smo kot podlago za oblikovanje ciljne spremenljivke uporabili Palearktično (Physis) klasifikacijo (Habitatni tipi Slovenije, Jogan et al. 2004). Pri tem smo uporabljali predvsem dva vira informacij o gozdni vegetaciji:

- Informacijsko baza Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS 2007)
- Gozdnovegetacijsko karto Slovenije (Košir et al. 1974, 2003)

Ciljno spremenljivke smo oblikovali tako, da smo gozdne združbe, ki so navedene v informacijski bazi Zavoda za gozdove Slovenije (2007), uvrstili glede na tipologijo Habitatnih tipov Slovenije (Jogan et al. 2004). Ta tipologija habitatnih tipov pa je bila izdelana na osnovi Palearktične hierarhične klasifikacije habitatnih tipov ali Physis klasifikacije (Devillers & Devillers-Teschuren 1996). Pri analizi in pripravi prostorskega modela smo v posameznem odseku/oddelku upoštevali le prevladujočo združbo, saj podrejene združbe niso prostorsko locirane. V analizo je bilo zajetih 74.123 odsekov/oddelkov, za katere trenutno obstajajo podatki.

Kot izhodišče za oblikovanje skupin podobnih združb (vegetacijskih tipov) baze ZGS nam je služila preliminarne uvrstitve 74 združb Gozdnovegetacijske karte Slovenije (Košir et al. 1974, 2003, Zorn 1974) v tipologijo habitatnih tipov (Devillers & Devillers-Teschuren 1996, Jogan et al. 2004). Za določene odseke v bazi ZGS nismo dobili razpoložljivega podatka o gozdni združbi, zato smo te površine uvrstili v določene skupine s pomočjo

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

prostorsko opredeljenih skupin združb na Gozdnovegetacijski karti Slovenije (Košir et al. 1974, 2003).

Na osnovi hierarhičnega koncepta in podobnosti v pogledu klimatskih, fitogeografskih ter drugih razmer med gozdnimi združbami smo združbe zajete v bazi ZGS uvrstili v 14 skupin oz. vegetacijskih tipov:

1. Acidofilna bukovja
2. Acidofilna rdečeborovja
3. Predgorska bukovja
4. Gorska bukovja
5. (Visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju
6. (Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju
7. Termofilna bukovja
8. Kolinska hrastova-belogabrovja
9. Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja
10. Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja
11. Jelovja
12. Smrekovja
13. Ruševja
- (14. Javorovja, jesenovja in brestovja)

Premajhen površinski delež skupine 14 - Javorovja, jesenovja in brestovja ter resolucija kartnih informacij ne omogočata korektnega obravnavanja te skupine. Zato smo se odločili, da vsem površinam, ki so pripadale skupini 14, pripišemo skupino, ki je bila na tem mestu opredeljena na osnovi Gozdnovegetacijske karte Slovenije (Košir et al. 1974, 2003).

2.2. Metoda modeliranja in napovedovanja sprememb gozda

Model prostorske porazdelitve skupin gozdnih združb je popolnoma empiričen. Odslikava le povezave, ki so vsebovane v vhodnih podatkih, in ne upošteva siceršnjega vedenja o združbah, o ekoloških razmerah, v kakršnih se pojavljajo, in odzivanja združb na okoljske stresne. Model tudi zanemara sekundarne učinke klimatskih sprememb (pojavi novih bolezni in škodljivcev, povečana pogostnost gozdnih požarov, spremenjeni načini rabe prostora). Metoda temelji na naslednjih izhodiščih:

- podatkovna struktura: rastrski GIS z geometrično ločljivostjo 100 m
- oblika modela: odločitveno drevo
- modelne vrednosti izračunavamo na ravni posamezne rastrske celice (piksla)
- efektivna prostorska ločljivost modela ustreza vhodnemu sloju z najnižjo vsebinsko ločljivostjo (1 km)

Ciljno spremenljivko modela je predstavljala tematsko agregirana karta potencialnih gozdnih združb, ki smo jo izpeljali iz baze gozdnih oddelkov in odsekov Zavoda za gozdove Slovenije. Predmet modeliranja in simulacij je le gozdni prostor, nismo pa se ukvarjali z negozdnimi površinami ter opuščenimi kmetijskimi površinami v zaraščanju. Simulacije premikov združb temeljijo na empiričnem modelu prostorske porazdelitve skupin gozdnih združb ter na treh klimatskih scenarijih, izpeljanih iz napovedi bodoče klime po ARSO (gl. pogl 2.3). Empirični model v obliki odločitvenega drevesa je bil

zgrajen po metodi See5 (www.rulequest.com) iz trenažnih podatkov, ki za 237.510 naključno izbranih pikslov (po 18.270 primerov na skupino združb) prikazujejo sedanjo potencialno gozdno združbo (agregirano v 13 skupin, gl. pogl. 2.1) skupaj s podatki o pretekli klimi na vsaki lokaciji, podatki o pedološkem tipu (FAO klasifikacija), nadmorski višini, naklonu in ekspoziciji reliefa. Klima je predstavljena s podatki o 30-letnih povprečjih letnih in mesečnih (januar do december) temperatur, padavin in evapotranspiracije. Podatke o klimi smo črpali iz klimatskih kart ARSO.

Napovedi verjetnega prihodnjega stanja smo nato izračunali za vsak piksel posebej z vstavitvijo lokalnih podatkov o prihodnji klimi v model. Podatki o reliefu in pedologiji so ostali nespremenjeni. Ker smo imeli klimatske napovedi le za 11 značilnih lokacij po Sloveniji, smo kartam dosedanje klime znotraj glavnih klimatskih regij (Bergant 2007) le prišteli napovedane spremembe na teh lokacijah med leti 2000-2040, 2000-2070 in 2000-2099.

Kot izhodišče za ugotavljanje sprememb vegetacije smo privzeli ne modelirano sedanje stanje potencialne vegetacije (agregirano na 13 skupin) in ne dejansko sedanje stanje, ki ga kažejo karte. Tako smo namreč v obeh primerjanih stanjih upoštevali enake napake modela in tako izločili fiktivne spremembe zaradi napak modela.

2.3. Priprava klimatskih scenarijev

Pri napovedovanju sprememb gozdov smo uporabili obstoječe napovedi podnebnih sprememb (Bergant 2007). Simulacije z modeli splošne cirkulacije (GCM) v obsežni skali kažejo, da se bodo spremembe podnebja nadaljevale še izraziteje kot v zadnjih desetletjih prejšnjega stoletja. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo (Bergant 2007) kažejo, da se bodo najbolj ogrela poletja, sledijo zime, pomladi in jeseni. V pomladnih in jesenskih mesecih glede na izvedene projekcije ne pričakujemo izrazitih sprememb v količini padavin, v zimskih je predvideno povečanje količine padavin, v poletnih pa zmanjšanje količine padavin.

Pri pripravi modelov sprememb gozdov smo uporabili različne kombinacije napovedi. Scenarij 1 ali »scenarij po trendu« je povprečni/srednji scenarij (za temperature, evapotranspiracijo in padavine). Povprečni scenarij za pričakovano spremembo klimatskega parametra predstavlja mediano vseh napovedi iz vseh različnih modelov in različnih emisijskih scenarijev (Bergant 2007).

Scenarij 2 ali »vroče-suhi scenarij« predvideva maksimalno povečanje temperature, maksimalno količino evapotranspiracije in minimalne količine padavin.

Scenarij 3 ali »vlažno-manj vroči scenarij« predvideva maksimalno povečanje količine padavin, minimalno povečanje temperature in minimalno povečanje evapotranspiracije.

Spodaj so predstavljeni uporabljeni scenariji glede na klimatske parametre:

Scenarij	Parametri		
	Temperatura	Evapotranspiracija	Padavine
1. Po trendu	Srednja	Srednja	Srednje
2. Vroči, suhi	Maksimalna	Maksimalna	Minimalne
3. Vlažni, manj vroči	Minimalna	Minimalna	Maksimalne

3. REZULTATI PROJEKTA

3.1 Pregledi površinskih sprememb po skupinah gozdnih združb (državna raven)

3.1.1 Scenarij 1 (po trendu)

Ob uresničitvi scenarija 1 (po trendu) so bo delež površinsko prevladujočih skupin v modelnem stanju zmanjšal. Tako naj bi se predvidoma delež skupine 1 (Acidofilna bukovja) iz 14,2 % v modelnem letu 2000 zmanjšal na 5,8 % do leta 2040, do leta 2070 na 4,1 % in v letu 2099 bi lahko bil njegov delež le še 0,7 %. V modelu, izdelanem za leto 2000 je druga površinsko najbolj zastopana skupina 3 (Predgorska bukovja) s 13,0 % deležem. Ta naj bi se ob uresničitvi tega scenarija zmanjšal v obdobju do leta 2040 na 4,9 %, do leta 2070 na 2,4 % in v letu 2099 bi bil delež te skupine le še 0,1 %. Tretja najbolj razširjena skupina združb je skupina 6 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju). Skupina 6 vključuje tudi dinarski jelovo-bukov gozd (Abieti-Fagetum dinaricum, sin. Omphalodo-Fagetum), ki je površinsko najbolj razširjena gozdna združba v Sloveniji. Delež celotne skupine v modelu iz leta 2000 je 11,2 %. V letu 2040 naj bi ob uresničitvi scenarija 1 bil njen površinski delež le še 6,3 %, v obdobju od leta 2000 do 2070 bi ta delež padel na 2,7 % in v letu 2099 bi lahko bil njen delež le še 0,5 %. Tudi pri večini drugih skupin lahko pričakujemo zmanjšanje njihove deleža ob uresničitvi podnebnih sprememb po scenariju 1. Model vegetacijskih sprememb ob uresničitvi scenarija 1 napoveduje relativno majhno je znižanja deleža skupine 3 (Gorska bukovja). Edini dve skupini združb, ki bi se vsaj v določenem obdobju ob tem scenariju klimatskih sprememb prostorsko razširili, sta skupina 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) in skupina 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja). Vsaj v prvi periodi bi se potencialno povečal tudi delež skupine 7 (Termofilna bukovja). Delež skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) bi iz sedanjega modelnega deleža 7,7 % v obdobju do leta 2040 narasel na 33,7 %, do leta 2070 na 61,1 % in do konca obdobja, ki smo ga zajeli v prognoze, na 70,8 % celotne površine gozdov. Delež skupine 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja) pa bi naraščal od sedanjih 8,6 % v modelu do 23,4 % (2040), do leta 2070 bi se lahko zmanjšal na 13,7 %. Ob uresničitvi scenarija 1 (po trendu) bi se njen delež do leta 2099 predvidoma povečal iz modelnih 8,6 % na 18,6 %.

3.1.2 Scenarij 2 (vroče, suho)

Ob uresničitvi najbolj ekstremnega scenarija 2 (vroče, suho) se bi najbolj razširjena skupina 1 (Acidofilna bukovja) samo v nekaj desetletjih zmanjšala s 14,2 % na vsega 4,1 %. V letu 2070 lahko ob tem scenariju pričakujemo samo še 0,5 % površine poraščene z združbami te skupine in leta 2099 bi lahko ta tip gozdov praktično izginil.

Podobno bi se delež druge najbolj zastopane skupine 3 (Predgorska bukovja) zmanjšal s 13,0 % na le 2,5 % do leta 2040. V letu 2070 lahko ob uresničitvi scenarija 2 pričakujemo le še 0,1 %. Ob tako drastičnih spremembah bi ta tip vegetacije v vsega slabih 100 letih praktično izginil. Tretja najbolj razširjena je skupina 6 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju) s prevladujočim dinarskim jelovo-bukovim gozdom. Delež skupine 6 bi padel z 11,2 % v sedanjem modelu na samo 1,7 % do leta 2040. Do konca stoletja pa bi ob realizaciji scenarija 2 ta tip vegetacija povsem izginil.

Površine prevladujočih skupin v sedanjem modelu bi se zmanjševale na račun

povečevanja deležev skupin 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) in 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja). Že do leta 2040 bi po tem modelu skupina 10 povsem prevladala, saj bi njen delež iz sedanjih 7,7 % narasel že na 65,9 %. Do leta 2070 bi lahko bil njen delež že skoraj 80 % celotne površine. Do konca obdobja pa bi tako ekstremne podnebne razmere povzročile, da bi se ta tip vegetacije razraščal kar na 85,5 % celotne površine gozdov. Ob koncu 21. stoletja lahko po tem modelu na 11,8 % pričakujemo tudi gozdove skupine 8.

3.1.3 Scenarij 3 (vlažno, manj vroče)

Nekoliko manj drastične spremembe napoveduje model, ki upošteva uresničitev scenarija 3. Ob izrazitem naraščanju količine padavin ter ob najmanjše naraščanju temperatur in evapotranspiracije bi se lahko delež skupine 1 (Acidofilna bukovje) zmanjšal s 14,2 % površine na 10,5 % do leta 2040, na 5,7 % do leta 2070 in na 5,0 % do konca 21. stoletja. Tudi predgorska bukovja (skupina 3) ne bi v začetnem obdobju utrpela večjega šoka, saj se naj bi do leta 2040 zmanjšala od 13,0 % na 12,5 %. Do konca obravnavanega obdobja pa naj bi po modelu pokrivali slabe 4 %. Skupina 6 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju) s prevladujočim dinarskim jelovo-bukovim gozdom, ki je močno odvisen od relativno visoke količine padavin, bi se zaradi rahlega višanja temperatur zmanjšala iz sedanjih 11,2 % površine na 7,4 % do konca 21. stoletja.

Skupine, ki bi ob uresnitvi tega scenarija podnebnih sprememb prevladale, so skupina 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja), skupina 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja) in skupina 7 (Termofilna bukovja). V letu 2040 naj bi po napovedovanju modela njihovi deleži znašali 10,3 % (skupina 10), 16,8 % (skupina 8) in 11,0 % (skupina 7). Ob koncu obdobja (leto 2099), ki ga model še napoveduje, bi bili njihovi deleži sledeči: 38,7 % (skupina 10), 17,8 % (skupina 8) in 11,7 % (skupina 7).

3.2 Pregledi površinskih sprememb po skupinah gozdnih združb (regionalna raven)

3.2.1 Scenarij 1 (po trendu)

Napoved 2040

Ob uresnitvi klimatskega scenarija 1 (po trendu) bi se skupina 5, ki je danes prevladujoča v Alpskem območju (38,4 %), predvidoma zmanjšala na 20,5 %. Prevladala pa naj bi skupina 7 (Termofilna bukovja) z 21,1 %. V Pohorskem območju bi se močno zmanjšal delež jelovij iz skupine 11 (s 47,6 % na le 2,9 %). Večino površine naj bi preraščala acidofilna rdečeborovja (24,8 %) in acidofilna bukovja (22,8 %).

V Predpanonskem območju bi se le rahlo zmanjšal delež danes prevladujočih gozdov hrasta in belega gabra (s 31,6 % na 27,1 %). Vendar pa bi se predvidoma močno zmanjšal delež drugih skupin, ki imajo danes relativno visok delež (skupina 1 - Acidofilna bukovja (21,2 %), skupina 9 - Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja (16,1 %) in skupina 3 - Predgorska bukovja (14,7 %)). Delež vseh teh skupin naj bi leta 2040 padel celo pod 1 %. Na račun njihovega zmanjšanja pa bi se močno razrasli gozdovi skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja), ki bi predvidoma lahko poraščali več kot dve tretjini območja. V Predalpskem območju naj bi se delež danes prevladujočih

acidofilnih gozdov (skupina 1) zmanjšal na približno polovico. V tem obdobju pa naj bi prevladali gozdove skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) s 24,7 % in skupine 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja) s 32,0 %. Isti dve skupini naj bi bili razširjeni tudi v Preddinarskem območju (skupina 10 – 49,2 % in skupina 8 (45,2 %)). Danes prevladujoča predgorska bukovja (42,1 %) bi se ohranila la ne razmeroma majhni površini (4,4 %). Ti dve skupini (10 in 8) pa naj bi po tem scenariju prevladovali tudi v Dinarskem območju (24,1 % in 23,9 %). V tem območju bi se gozdovi skupine 6, ki ima danes skoraj polovični delež, zreducirali na manj kot petino površine (18,5 %). V Submediteranskem območju bi se delež termofilnih gozdov (skupina 10) povečal na 72,3 %.

Napoved 2070

Ob uresničitvi podnebne scenarija 1 (po trendu) bi v obdobju do leta 2070 v večini območij prevladali gozdovi skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja). Delež teh gozdov naj bi bil največji v Predpanonskem območju (91,9 %), sledi Submediteransko (75,2 %), Preddinarsko (79,8 %), Predalpsko (73,5 %), Dinarsko (61,1 %) in Pohorsko območje (48,6 %). Poleg skupine termofilnih gozdov bi v teh območjih (izjema je le Pohorsko) imeli nekoliko večji delež še kolinska hrastova-belogabrovja (od 8 do 20 %). Le v Alpskem območju naj bi prevladovala gorska bukovja (skupina 4) s 23,3 % in termofilna bukovja (skupina 7) z 20,4 %.

Napoved 2099

V približno stoletju bi sprememba klime po scenariju 1 (po trendu) privedla do še izrazitejšega prevladovanja skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja). Gozdovi te skupine bi po scenariju sprememb poraščali kar 79,4 do 92,1 % območij. Edina izjema, kjer ta tip gozdov naj ne bi prevladal je Alpsko območje, kjer naj bi imela največji delež kolinska hrastova-belogabrovja (33,1 %). Vendar pa bi v celoti tudi tukaj prevladali različni termofilni gozdovi (skupina 7 - Termofilna bukovja – 23,2 % in skupina 10 - Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja – 19,9 %).

3.2.2 Scenarij 2 (vroče, suho)

Napoved 2040

Uresničitev scenarija 2 (vroče, suho) bi že v obdobju do leta 2040 privedla do prevlade gozdov iz skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) v večini območij (izjema je le Alpsko). Njihov delež naj bi bil med 49,3 % (Pohorsko območje) do 92,0 % (Predpanonsko območje). V večini območij je druga najbolj zastopana skupina 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja). Njihov delež po območjih je sledeči: Predpanosko – 7,8 %, Predalpsko - 10,8 %, Submediteransko – 14,8 %, Dinarsko 16,0 % in Preddinarsko 20,2 %.

Po nekoliko drugačnem vzorcu se naj bi odvijale spremembe v Pohorskem in Alpskem

območju. V Pohorskem območju naj bi bila druga najbolj razširjena skupina 1 (Acidofilna bukovja) z 18,6 %. V Alpskem območju pa naj bi namesto termofilnih gozdov skupine 10 prevladala termofilna bukovja (skupina 7), ki naj bi se pojavljala na 24,1 %. Druga najbolj razširjena pa naj bi bila gorska bukovja (skupina 4) z 20,1 %.

Napoved 2070

Najbolj ekstremni podnebni scenarij 2 (vroče, suho) bi približno v 70 letih privedel do izrazite prevlade skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) v vseh sedmih območjih. Njihov delež po območjih bi bil predvidoma med 54,2 % (Alpsko območje) in 92,1 % (Predpanonsko območje). Drugi najbolj razširjeni gozdovi v Alpskem območju bi bila termofilna bukovja (skupina 7) z 19,4 %. V vseh ostalih območjih pa bi se poleg gozdov iz skupine 10 pojavljali predvsem še kolinska hrastova-belogabrovja (skupina 8).

Napoved 2099

V stoletni perspektivi pa model, ki upošteva scenarij 2 (vroče, suho), predvideva še izrazitejše prevladovanje gozdov skupine 10. Po območjih bi delež tovrstnih termofilnih gozdov znašal med 77,5 in 93,3 %. Delež druge najbolj razširjene skupine kolinskih hrastovih-belogabrovij naj bi po območjih/regijah znašal med 7,8 in 20,2 %.

3.2.3 Scenarij 3 (vlažno, manj vroče)

Napoved 2040

Ob podnebnem scenariju 3, ki napoveduje rahlo povečevanje temperature ob povečani količini padavin, naj bi razvoj gozdov potekal po nekoliko drugačnem vzorcu kot ob predhodnih dveh scenarijih. V Alpskem območju se bi v obdobju do leta 2040 zmanjšal delež gozdov skupine 5 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju) in sicer predvsem na račun povečanja gorskih bukovij (skupina 4) in termofilnih bukovij (skupina 7). V Pohorskem območju bi namesto dosedanjih prevladujočih jelovij skupine 11 imele več kot 10 % delež skupine 1 do 4 (1 - Acidofilna bukovja, 2 - Acidofilna rdečeborovja, 3 - Predgorska bukovja in 4 - Gorska bukovja). V Predpanonskem območju bi se predvidoma povečal delež kolinskih hrastovo-belogabrovij (49,2 %). V Predalpskem območju bi po tem scenariju prišlo do relativno neizrazitih sprememb. Najbolj razširjeni gozdovi v tem območju bi s približno enakim deležem kot danes ostali gozdovi skupine 1 (Acidofilna bukovja). Z manjšim spremembam v deležu bi ostale površinsko najbolj zastopane skupine 2 (Acidofilna rdečeborovja), 3 (Predgorska bukovja) in 4 (Gorska bukovja). V Predinarskem območju bi vodilno mesto lahko prevzela skupina 8 (Kolinska hrastova-belogabrovja), katere površinski delež bi lahko narasel iz sedanjih 15,0 % na 40,6 %. Hkrati pa bi se zmanjšal delež prevladujoče skupine 3 (Predgorska bukovja) v današnjem modelu (z 42,1 na 34,4 %). V Dinarskem območju bi predvidoma postala najbolj razširjena skupina 4 (21,9 %), ki bi rahlo prevladala nad dosedanjo prevladujočo skupino 6 (zmanjšanje z 49,1 % na 19,9 %). V Submediteranskem območju pa bi skupina 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) s 66,0 % površinskega

deleža še nekoliko bolj prevladala kot sedaj.

Napoved 2070

V obdobju 70 let bi po scenariju 3 (vlažno, manj vroče) že prišlo do prevlade termofilnih gozdov (10 - Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) v nekaterih območjih. Poleg Submediteranskega območja, v katerem ta skupina že prevladuje, bi se močno razširila tudi v Predpanonskem (71,0 %), v Predinarskem (46,7 %) in Dinarskem območju (24,9 %). V Predalpskem območju bi lahko bila ta skupina po površini z 20,8 % na drugem mestu za skupino 8 (27,8 %). Ob zmanjšani vlogi gozdov jelke in smreke (skupini 11 in 12) v Pohorskem območju bi največje površine predvidoma poraščali gozdovi iz skupin 2 (Acidofilna rdečeborovja) s 23,3 % in 1 (Acidofilna bukovja) s 17,4 %. V Alpskem območju pa bi slabo četrtno površine gozdov po tem modelu poraščala gorska bukovja (skupina 4).

Napoved 2099

V stoletni perspektivi ob predvidevanjih scenarija 3 (vlažno, manj vroče) bi kljub manj izrazitem porastu temperature prišlo do prevlade termofilnih gozdov skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja) v petih območjih. Njihov delež bi po napovedi lahko bil med 28,6 in 83,9 %. Le v Alpskem in Pohorskem območju bi prevladovali drugi tipi gozdov, ki pa imajo vsaj deloma izražen termofilni značaj. V Alpskem območju naj bi prevladala termofilna bukovja (23,1 %), v Pohorskem pa acidofilna rdečeborovja (18,5 %).

4. UGOTOVITVE IN KOMENTARJI

4.1 Priprava ciljne spremenljivke in modela sprememb gozdov

Pri pripravi modela, ki napovedujejo spremembe gozdov in vegetacije, smo kot ciljno spremenljivko uporabili skupine gozdnih združb (vegetacijski tip). V študiji smo izhajali iz potencialnih rastišč gozdnih združb. Torej nam je kot osnova služila potencialna vegetacija, ki bi se v optimalnih razmerah (predvsem brez večjega negativnega vpliva človeka) pojavljala na določenem rastišču. Na podlagi sedanje potencialne vegetacije smo s pomočjo modelov napovedovali, kakšne naj bi bile potencialne rastiščne razmere ob spremenjeni klimi v prihodnosti.

Kot osnovna informacija za oblikovanje ciljne spremenljivke nam je služil podatek o gozdni združbi, ki ga za posamezen odsek/oddelek navaja informacijska baza Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS 2007). Pri tem smo upoštevali le podatek o prevladujoči gozdni združbi v odseku, saj ni bilo možno prostorsko locirati gozdnih združb, ki se pojavljajo v bazi ZGS kot podrejene, manjšinske. Kot kriterij za oblikovanje ciljne spremenljivke smo uporabili Palearktično (Physis) klasifikacijo habitatnih tipov (Devillers & Devillers-Teschuren 1996) oz. aplikacijo te klasifikacije za območje Slovenije (Habitatni tipi Slovenije, Jogan et al. 2004). Aglomeracija vegetacije je potekala na nivoju združbe

(asociacije) in sicer tako, da so bile združbe uvrščene v določene habitatne tipe po tej klasifikaciji. Glede na podobnost v drevesni vrstni sestavi, rastiščnih in drugih značilnostih smo 115 združb uvrstili v 14 skupin. Kasneje pa smo po določenem algoritmu združbe oz. poligone, ki so pripadali skupini 14 (Javorovja, jesenovja in brestovja) priključili ostalim skupinam. To skupino združb smo priključili drugim podobnim skupinam zaradi njene majhne površinske zastopanosti. Zaradi njene razmeroma majhne površine je ne moremo ustrezno obravnavati v velikopovršinskem pristopu, ki je osnova za napovedovanje prostorskih spremembe. Vendar pa domnevamo, da je površina skupine precej večja, saj so bili v obravnavano skupino zajeti le tisti odseki, v katerih prevladujejo različne združbe javorovja, jesenovja in brestovja. Velik del tovrstnih gozdov imajo po odsekih površinsko podrejeni položaj, zato niso bili v celoti zajeti v študiji. Poleg tega tovrstni gozdovi še niso dovolj proučeni in ustrezno predstavljeni v bazi ZGS. Dodatna pomanjkljivost, ki se je pokazala pri uporabi baze ZGS, je tudi neustrezna kvaliteta podatkov (npr. neopredeljena gozdna združba, neustrezna opredelitev združbe). Tako imenovane »črne lise« smo zapolnili s podatki, ki smo jih pridobili z Gozdnovegetacijske karte Slovenije (Košir et al. 1974, 2003).

Prednost uporabe podlag ZGS in pripadajoče baze je v tem, da je maska gozdov aktualizirana in mnogo bolj odraža današnje pokritost gozdov kot jo je v pilotni raziskavi uporabljena Gozdnovegetacijska karta Slovenije (Košir et al. 1974, 2003). Površina gozdov na tej karti je bila le 1.098.938 ha, medtem ko je površina, s katero operiramo v modelu v tej raziskavi 1.190.528 ha.

V modelu smo poleg časovno spremenljivih klimatskih parametrov (povprečne mesečne in povprečne letne evapotranspiracijo, povprečne mesečne in povprečne letne količine padavin, povprečne mesečne in povprečne letne temperaturo) za njegovo izgradnjo uporabili tudi časovno konstantne parametre (gozdne združbe oz. skupina združb – vegetacijski tip, podatki o gozdovih, maska gozdov, digitalni model reliefa, naklon, ekspozicija, tla). Napovedi modela za obdobja 2040, 2070 in 2099 ne predstavljajo soodvisnih stanj in ne predstavljajo odvisne dogodke v časovnem razvoja vegetacije. Tako napoved modela za leto 2070 ne temelji na predhodni napovedi sprememb za leto 2040, temveč ima za izhodišče le relacije med vegetacijo in okoljem v današnjem času. Prav tako tudi napoved za leto 2099 nima za podlago stanja vegetacije za leto 2040 ali za leto 2070, temveč zopet temelji zgolj na odnosih med vegetacijo in okoljskimi parametri v današnjem času.

4.2 Pomanjkljivosti/slabosti modela

Model obravnava potencialno rastišče gozdnih združb oz. potencialno vegetacijo, ki bi lahko bila potencialno razvita na določenem rastišču v današnjem času. Izhodišče za napovedi modela sprememb gozdov je sedanja ekološka amplituda skupine. V empiričnem modelu ni možno predvideti morebitnih sprememb ekološke niše oz. njenega razpona v prihodnosti ob napovedanih spremembah.

Poleg drugih dejavnikov, ki lahko povečujejo nezanesljivost napovedovanja sprememb gozdov oz. vegetacije zaradi podnebnih sprememb, je tudi velik razkorak med obravnavano potencialno gozdno vegetacijo in dejansko, realno vegetacijo, ki se pojavlja na določenem rastišču v današnjem času. Ta razhajanja so značilna predvsem za območja, kjer so bile v preteklosti zaradi različnih vzrokov osnovane monokulture iglavcev na potencialnih rastiščih listavcev (npr. Pohorje, Kras). V primeru monokultur je precej

tvegano napovedovati njihov naravni razvoj tudi brez predpostavke o podnebnih spremembah. Napoved razvoja monokultur v smeri določene potencialne avtohtone vegetacije je še posebej nezanesljiva v primerih velikega razhajanja med potencialno in realno gozdno združbo.

Pri izdelavi empiričnega modela tudi niso bili upoštevani različni degradacijski ali pa tudi progresivni procesi, do katerih bi lahko prihajalo ob spreminjanju značilnosti današnjega podnebja. Kot se že lahko zaznajo določeni trendi, lahko ob uresničevanju določenih scenarijev klimatskih sprememb pričakujemo pojave novih bolezni (Jurc D. 2007) in drugih fitopatoloških organizmov kot so nekatere žuželke (Jurc M. 2007a), ki bodo močno prispevali k hitrejšemu spreminjanju sestave gozdov. V modelu tudi niso bili upoštevani požari, ki bi lahko pomembno prispevali k spreminjanju podobe gozdov. Ob segrevanju podnebja pa lahko pričakujemo povečano požarno ogroženost gozdov in širšega naravnega okolja (Kobler et al. 2007). Čeprav je povečana frekvenca ekstremnih vremenskih pojavov (neurja, poplave, suša) pogosto omenjena kot eden od pomembnih pokazateljev sprememb klime, pa tega nismo mogli upoštevati v uporabljenem modelu.

Pomemben vidik, ki ga tovrstni enostavni modeli ne upoštevajo je tudi prilagoditvena genetska sposobnost posameznih vrst v spreminjajočih se razmerah okolja (Božič 2007). Kakšno genetsko pogojeno prilagoditveno sposobnost imajo ključne vrste v gozdni vegetaciji je ena od neznank, ki je ne moremo ustrezno vključiti v model spreminjanja gozdov.

4.3 Spremembe vegetacije na nivoju celotne države

Model, ki vključujejo uporabljene scenarije podnebnih sprememb, kaže na to, da bi v prihodnosti lahko prišlo do očitnih sprememb potencialnih rastiščnih razmer in možnosti za uspevanje gozdne vegetacije. Ob uresnitvi katerega koli od treh scenarije podnebnih sprememb bo predvidoma prišlo do značilnih sprememb v vzorcu razporeditve vegetacijskih tipov (skupin podobnih združb). Raziskava je nakazala potencialne možnosti, da bi ob uporabljenih scenarijih podnebnih sprememb prišlo do značilnih in velikopovršinskih sprememb vegetacijskih tipov oz. skupin podobnih gozdnih združb. Ob upoštevanju določenih predpostavk, ki smo jih upoštevali pri pripravi modela, lahko domnevamo, da se bo v naslednjih desetletjih sedanja združba (vegetacijski tip) spremenila na večini gozdnih površin. Ena od pomembnih predpostavk modela je bila, da se ekološka niša/amplituda sedanjih vegetacijskih tipov v prihodnosti ne bo spreminjala, saj ni možno z večjo zanesljivostjo napovedati, kaj se bo dejansko dogajalo.

Po uporabljenem modelu, ki upošteva scenarij 1 (po trendu), bi predvidoma v približno 40 letih prišlo do spremembe vegetacijskega tipa (skupine združb) na 76 % površin. Potencialni vegetacijski tip bi se pri manjšem segrevanju (scenarij 3) v tem obdobju spremenil na 62 %, ob večjem segrevanju podnebja (scenarij 2) pa kar na 87 % celotne površine gozdov. Ob koncu stoletja pa bi v primeru scenarija 3 (vlažno, manj vroče) na 80 % površin našli drugačno vegetacijo kot danes, medtem ko bi ob uresnitvi scenarija 2 (vroče, suho) kar na 90 % površin prišlo do spremembe vegetacijskega tipa (skupine združb).

Analize so pokazale, da bi s segrevanjem podnebja v Sloveniji prišlo do pomika višinskih vegetacijskih pasov navzgor. Ob srednje intenzivnih spremembah po scenariju 1 bi se obravnavani vegetacijski tipi v letu 2040 v povprečju pojavljali dobrih 150 metrov višje kot v današnjem času. V praksi bi to pomenilo, da bi se kolinska hrastova-belogabrovja (skupina 8) v povprečju razraščala nekje v območju današnjih predgorskih bukovij

(skupina 3). Predgorska bukovja pa bi se z dvigom temperature dvignila na višino današnjih gorskih bukovij.

Analize podobnosti med modelnim sedanjim stanjem in stanjem skupin v prihodnosti so pokazale, da bi do največjih sprememb gozdov in njihovih ključnih vrst prihajalo v Dinarskem območju. Vegetacija, ki bi se pojavljala v tem prostoru ob segrevanju podnebja kot ga predvidevajo vsi trije scenariji, bi se v tem območju močno razlikovala od prvotne. Večje spremembe drevesne vrstne sestave oz. celotne vegetacije lahko pričakujemo tudi na Pohorskem in Alpskem območju. Ob segrevanju pa bi po vseh treh scenarijih prišlo do izrazite spremembe in zamenjave tipa vegetacije na sedanjem območju nižinskih-poplavnih gozdov iz skupine 9 (Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja).

4.4 Površinske spremembe vegetacijskih tipov (skupin gozdnih združb)

S segrevanjem, ki je predvideno po vseh treh scenarijih, se bo domnevno povečeval delež gozdov iz skupine 10 (Termofilna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja). Ti gozdovi bi se iz sedanjega modelnega stanja, ki znaša 7,7 %, do leta 2040 ob uresničitvi scenarija 1 (po trendu) razrasli na 33,7 %, po scenariju 2 (vroče, suho) na 65,9 % in po scenariju 3 (vlažno, manj vroče) na 10,4 % gozdnih površin. Do leta 2070 bo predvidoma njihov delež med 32,0 % (scenarij 3) in 79,9 % (scenarij 2). Do konca 21. stoletja pa po napovedi modela lahko pričakujemo, da bi se termofilni gozdovi razrasli na 38,7 % po scenariju 3, na 70,8 % po scenariju 1 in 85,5 % po scenariju 2. Delež termofilnih bukovij (skupina 7), ki v današnjem modelu predstavljajo 6,6 % gozdnih površin, bi se predvsem po scenariju 3 rahlo povečal. Njihov delež bi bil lahko bil med 11,0 % (leto 2040) in 12,4 % (leto 2070).

V celoti gledano bi se predvidoma do leta 2040 lahko povečal delež termofilnih gozdov (skupini 10 in 7) iz sedanjih 14,2 % na 21,4 % (scenarij 3) do 70,9 % (scenarij 2). Ob napovedanem segrevanju podnebja pa bi ob koncu 21. stoletja lahko bil njihov delež že med 50,4 % (scenarij 3) in 86,8 % (scenarij 2). Predvideno povečanje deleža termofilnih gozdov ima lahko pomembne gozdno-gospodarske posledice, saj so ti gozdovi praviloma gospodarsko manj zanimivi in hkrati tudi požarno bolj ogroženi od večine ostalih.

Po vseh scenarijih bi se lahko povečeval tudi delež gozdov skupine 8 (Kolinska hrastovabelogabrovja), ki v sedanjem modelu pokrivajo 8,6 %. Leta 2040 bi bil njihov delež 16,8 % po scenariju 3, 23,4 % po scenariju 1 in 12,3 % po scenariju 2. Ob koncu stoletja pa bi bil njihov delež med 11,8 % (scenarij 2) in 18,6 % (scenarij 1).

Povečevanje deleža skupin združb, ki uspevajo v razmeroma toplejših razmerah, bi bilo predvsem na račun zmanjševanja deleža danes prevladujočih skupin gozdov, ki uspevajo v bolj mezofilnih rastiščnih razmerah. V sedanjem modelnem stanju prevladujejo acidofilna bukovja (skupina 1) s 14,2 % deležem, sledijo predgorska bukovja (skupina 3) s 13,0 % in (visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju (skupina 6) z 11,2 %. Med površinsko bolj zastopanimi so še gorska bukovja (9,5 %) in (visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju (8,7 %).

Gozdovi skupine 1 (Acidofilna bukovja) bi se po napovedih modela leta 2040 pojavljali samo še na 4,1 % (scenarij 2) do 10,5 % (scenarij 3); leta 2099 pa bi lahko po scenariju 2 povsem izginili ali pa bi rasli na 5,1 % površin po scenariju 3. Do leta 2040 bi se delež predgorskih bukovij (skupina 3) po scenariju 3 le rahlo zmanjšal (12,5 %), po scenariju 2 pa bi lahko bil le 2,5 %. Po scenariju 2, ki predvideva največje segrevanje, pa leta 2099 naj ne bi našli več teh gozdov na območju Slovenije.

Iz gozdno-gospodarskega in ekološko-naravovarstvenega vidika pa je še posebej

pomembno drastično zmanjšanje deleža gozdov skupine 6 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)dinarskem območju), ki ga prikazuje uporabljeni model. Več kot tri četrtine te skupine predstavlja dinarski jelovo-bukov gozd (*Abieti-Fagetum dinaricum*, sin. *Omphalodo-Fagetum*), ki je tudi sicer površinsko najbolj razširjena gozdna združba v Sloveniji. Tovrstni gozdovi spadajo tudi med gospodarsko najpomembnejše gozdove pri nas. Dinarski jelovo-bukovi gozdovi so pomemben habitat najrazličnejših rastlinskih in živalskih vrst, poleg tega pa imajo tudi druge pomembne splošno-koristne vloge. Zaradi izjemnega naravovarstvenega pomena ti gozdovi predstavljajo pomembno ogrodje območja Nature 2000. Vloga in pomen teh gozdov bi lahko bila v prihodnosti po napovedih modela močno okrnjena. Že po najbolj optimističnem scenariju 3, ki predvideva naraščanje količine padavin ob rahlem segrevanju, bi se delež gozdov skupine 6 lahko iz sedanjih 11,2 % do leta 2040 zmanjšal na 8,0 %. Medtem, ko bi bil njihov delež ob uresničevanju scenarija 1 (po trendu) 6,3 % in po scenariju 2 (vroče, suho) le 1,7 % celotne površine gozdov v Sloveniji. Po najbolj pesimističnem scenariju 2 bi lahko proti koncu 21. stoletja gozdovi iz te skupine praktično izginili z ozemlja naše države, vendar ta napoved velja le ob predpostavki, da se ekološka niša/razpon ne bo spreminjal v tem obdobju. Po scenariju 1 bi se obdržali samo na 0,5 %, ob uresnitvi scenarija 3 pa na 7,4 %.

Podobno usoda naj bi po napovedih modela doletela tudi gozdove, ki so uvrščeni v skupino 5 ((Visoko)gorska bukovja v (pred)alpskem območju). Večino gozdov te skupine, ki obsega 8,7 % celotne površine slovenskih gozdov, pripada združbam alpskega bukovega gozda *Anemone trifoliae-Fagetum* (dobrih 60 %) in predalpskega jelovo-bukovega gozda *Abieti-Fagetum prealpinum*, sin. *Homogyne sylvestris-Fagetum* (25 %). Delež skupine 5 bi se ob uresnitvi scenarija 1 (po trendu) zmanjšal do leta 2040 na 4,2 %, do leta 2070 na 2,7 % in na 0,2 % do leta 2099.

Z nekoliko manj izrazitim negativnim trendom bi se zmanjševal tudi delež gospodarsko zelo pomembnih gorskih bukovih gozdov iz skupine 4. Iz sedanjega deleža v modelu, ki znaša 9,5 %, lahko ob uresnitvi scenarija 1 pričakujemo tovrstne gozdove na 6,9 % površin (do leta 2040), na 6,6 % (do leta 2070) in 4,3 % (do leta 2099).

Delež rastišč gospodarsko zanimivih iglavcev (smreka, jelka) se bo po vseh treh scenarijih predvidoma zmanjšal. Tovrstni gozdovi iz skupin 11 in 12 obsegajo v današnjem modelnem stanju 10,2 % površine gozdov. Delež teh dveh skupin bi se že po srednjem scenariju 1 (po trendu) zmanjšal na 2,2 % do leta 2040, do leta 2070 bi njihov delež znašal le še 0,8 % in leta 2099 bi tovrstnim gozdovom ustrezalo manj kot 200 hektarjev površin. Scenarij 2 (vroče, suho) je tem gozdovom še bolj nenaklonjen, saj predvideva, da bi jih že leta 2070 našli le še na nekaj 10 hektarjev. Scenarij 3 (vlažno, manj vroče) pa predvideva, da bi v tem času bilo še 2,3 % potencialnih rastišč teh gozdov.

4.5 Nezanestljivosti pri napovedih sprememb vegetacije

Za določene skupine združb so napovedi pojavljanja v prihodnosti bolj nezanesljive. Tako z obstoječim modelom z relativno visoko stopnjo nezanesljivosti napovedujemo pojavljanje ruševja (skupina 13). Model namreč ne predvideva širitve gozdov izven obravnavanih prostorskih okvirjev (npr. nadaljnji dvig gozdne meje v Alpah, zaraščanje opuščenih kmetijskih površin). Statično obravnavanje gozda na obstoječi površini brez možnosti njegove širitve izven sedanjih okvirjev je ena od pomanjkljivosti uporabljenega modela, ki se jasno odraža v končnih rezultatih in analizah. Tako naj bi se po scenariju 1 rušje v obdobju po letu 2070 približalo zgornji meji, ki po izračunih znaša dobrih 1800

metro. Predvidevamo pa lahko, da bi se v našem alpskem prostoru lahko rušje v povprečju pomaknilo tudi v višje nadmorske višine, ki so potencialno še primerna za njegovo uspevanje.

Vnaprej določen okvir gozdov z določenim naborom vegetacijskih tipov je do neke mere problematičen tudi v primeru Submediteranskega območja. Kot kaže model naj bi v tem prostoru še naprej prevladoval isti tip potencialne vegetacije kot sedaj in sicer različni termofilni gozdovi iz skupine 10. Zaradi tega je tudi vrednosti indeksa podobnosti med današnjo in napovedano vegetacijo v Submediteranskem območju daleč višja kot v drugih območjih. Čeprav bi ob predvidenem dvigu povprečnih letnih temperatur za približno 5 °C kot jih do okoli leta 2070 predvideva scenarij 2, pričakovali spremembe v vegetacijski sliki, pa jih ta model ne predvideva. Karte podobnosti med modelnim stanjem in stanjem vegetacije v prihodnosti ne prikazujejo zaznavnih sprememb v tem prostoru niti ob najbolj ekstremnem podnebnem scenariju. Vendar pa bi upravičeno pričakovali, da bi ob tako močnih spremembah prišlo do premika oz. razširitve zimzelene vegetacije iz razreda *Quercetea ilicis*, ki se deloma že pojavlja v našem Submediteranskem območju v specifičnih rastiščnih razmerah na Sabotinu, na pobočjih Nanosa nad Vipavsko dolino, nad izvirom Lijaka, nad Ospom, nad dolino Rižane ter na apnenčastih otokih v dolini Dragonje (Dakskobler 1997, 1998), v večjem obsegu pa v območju srednjega in južnega Jadrana (npr. Trinajstić 1996, Trinajstić & Kamenjarin 1997). Vendar pa tudi ti fragmenti zimzelenih gozdov pri nas izkazujejo razmeroma široko ekološko amplitudo, ki se odraža z večjim ali manjšim deležem elementov listopadne vegetacije. Ker gre za razmeroma redke fragmente gozdov hrasta črnike, smo jih zaradi velikopovršinskega pristopa pri tej metodi v celoti zajeli v skupino drugih termofilnih gozdov (skupina 10). Torej lahko domnevamo, da bi se v tej in tudi v drugih skupinah spreminjalo razmerje med prevladujočimi in minoritenimi združbami. Relativno grob pristop, ki ne upošteva malopovršinskih tipov vegetacije (tudi skupina 14. Javorovja, jesenovja in brestovja niso bila obravnavana samostojno), ne omogoča ustrezne obravnave manjšinskih tipov gozdov. Praviloma je zanesljivost ocen večja v primeru prevladujočih vegetacijskih tipov. Relativno večje napake in s tem zanesljivost napovedi sprememb pa se lahko pojavljajo v primeru skupin z relativno majhnim površinskim deležem. Poleg ruševja (skupina 13), ki po podatkih baze ZGS (korigirano) pokriva 1,6 %, se potencialno večje napake lahko pojavijo tudi v primeru skupine 12 - Smrekovja (1,7 %), skupine 9 - Nižinska vrbovja, jelševja in dobovja (2,1 %) ter skupine 2 - Acidofilna rdečeborovja (2,4 %).

4.6 Gozdnogospodarske in politične posledice spreminjanja gozdov zaradi podnebnih sprememb

Prevlada termofilnih gozdov nad mezofilnimi gozdovi zaradi napovedanega segrevanja podnebja po različnih scenarijih ima tudi pomembne gozdnogospodarske in politične učinke. Termofilni gozdovi so praviloma gospodarsko manj zanimivi, ker imajo manj ugodno sortimentno strukturo, v kateri prevladujejo manj kakovostni sortimenti, primerni predvsem za proizvodnjo celuloze in lesnih plošč ter za energetske namene.

Predvideno spreminjanje drevesne in sortimentne sestave ter povečana nevarnost ujm in kalamitet bo posledično vplivala tudi na gozdnogojitvene in gozdnogospodarske ukrepe, kot tudi na tehnologije sečnje in spravila lesa ter gradnje gozdnih prometnic. Zaključimo lahko, da bodo predvidne spremembe verjetno vplivale posredno in neposredno na celotno

gozdno lesno proizvodno verigo, od gozdne proizvodnje do predelave lesa in končne rabe. Za uspešno prilagajanje novo nastalim razmeram pa bodo potrebni tudi ustrezni ukrepi politike, ki bodo zmanjševali potencialno negativne vplive na gozdarstvo, lesarstvo ter vse ostale sektorje povezane z lesom. Posebno pozornost pa bo potrebno nameniti tudi analizi ustreznih gozdnogojitvenih ter varstvenih ukrepov ter izobraževanju in ozaveščanju lastnikov gozdov, stroke ter laične javnosti.

4.7 Druge ugotovitve in komentarji

Pričakujemo, da se bodo v spremenjenih podnebnih razmerah spreminjali tudi dosednji načini rabe tal, ki bodo prilagojeni novi situaciji. Med gozdnim drevjem, drugimi rastlinami in organizmi bo prihajalo do močno spremenjenih medsebojnih odnosov. V vegetaciji se bodo ti odnosi odražali v spremenjeni vrstni sestavi in strukturi. Spremenjene podnebne razmere imajo lahko tudi pozitivne učinke, saj bi lahko v območjih s sedanjo hladno, humidno klimo (npr. nekateri alpski predeli) v bodoče uspevalo večje števila različnih gospodarsko in tudi sicer zanimivih drevesnih vrst. Seveda pa se vseh procesov v kompleksnih gozdnih ekosistemih, ki se ob tovrstnih spremembah lahko sprožajo, ne da enostavno ugotoviti in predvideti učinke njihovega sočasnega delovanja.

Pri obravnavanju sprememb vegetacijske slike gozdov zaradi klimatskih sprememb lahko govorimo predvsem o relativnih spremembah. Razmeroma majhna zanesljivost napovedovanja sprememb je v veliki meri pogojena z razmeroma nezanesljivimi scenariji klimatskih sprememb kot tudi z razmeroma omejenimi vhodnimi podatki ali s podatki slabše kvalitete.

Kljub določenim pomislekom povezanimi s pomanjkljivostmi modela se zdijo premiki določenih tipov vegetacije na območje sosednjih, podobnih tipov povsem možni in verjetni, saj so dejansko te združbe že danes v večini primerov zvezno prepletene. Čeprav se podobni scenariji klimatskih sprememb, kot smo ga uporabili, po določenih projekcijah lahko uresničijo, pa je vprašanje, če lahko pride do tako drastične zamenjave vegetacije, kot jo prikazujejo model. Upravičeno lahko domnevamo, da je plastičnost in prilagodljivost posameznih vrst in združb v resnici večja, kot jo lahko upošteva in zazna razmeroma grob model.

PRILOGA:

V prilogi so z nekaj kartnimi in tabelaričnimi prikazi ponazorjene napovedane spremembe vegetacije gozdov ob podnebnih spremembah, ki jih nakazujejo uporabljeni scenariji.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- ☒ a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- ☒ b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- ☒ c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- ☒ d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- ☒ e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- ☒ a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- ☐ b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvo, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- ☐ c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- ☐ d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- ☒ e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- ☐ f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- ☐ g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- ☐ h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- ☒ i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Rezultati nakazujejo očitne spremembe gozdov zaradi podnebnih sprememb in s tem kažejo tudi na določene gozdnogospodarske in gozdno-politične posledice teh sprememb ter na nujnost prilagajanja gospodarjenja z gozdovi in s celotnim prostorom.

Raziskava je pokazala, da bo ob uresničitvi napovedanih podnebnih sprememb prišlo do izrazitih sprememb v razporeditvi tipov gozdov/potencialnih gozdnih združb, kar bo imelo vpliv na celotni prostor. Močno spremenjena vegetacijska slika slovenskih gozdov, kot jo lahko pričakujemo po napovedih raziskave, bo imela velik vpliv na vse segmente gospodarjenja z gozdovi. Po predvidevanjih naj bi se drastično zmanjšal delež gozdov, ki imajo v današnjem času velik gospodarski in naravovarstveni pomen. Med njimi bi po napovedih lahko bili še posebej prizadeti dinarski jelovo-bukovi gozdovi, ki so najbolj razširjena gozdna združba v Sloveniji. Zanje je značilno prevladovanje gospodarsko zanimivih vrst (bukev, jelka, smreka, gorski javor) in visoka povprečna lesna zaloga sestojev. Hkrati pa ti gozdovi predstavljajo habitat mnogih organizmov (npr. vrste iz Aneksov Habitatne direktive) in so praktično v celoti umeščeni v omrežje Nature 2000. Na račun njihovega zmanjšanja pa bi se močno povečal delež termofilnih gozdov, ki jih gradijo gospodarsko manj zanimive drevesne vrste, in so hkrati potencialno mnogo bolj požarno ogroženi od ostalih gozdov.

Ob uresničitvi scenarijev podnebnih sprememb lahko poleg spreminjanja vrstne in sortimentne strukture gozdov pričakujemo tudi spremembe vloge gozda v prostoru (spremenjene funkcije gozda). Vsi ti vidiki sprememb gozdov zaradi sprememb podnebja imajo pomembne ekološko-naravovarstvene, gozdno-gospodarske in širše družbeno-politične posledice.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Projekt napoveduje možno dinamike razvoja gozdov ob uresničitvi scenarijev podnebnih sprememb v različnih časovnih obdobjih v prihodnosti (do leta 2040, do leta 2070 in do konca 21. stoletja).

Ugotovitve o drastičnem spreminjanju gozdov so pomembna podlaga za pripravo strategij adaptivnega ukrepanja in gospodarjenje z gozdovi v prihodnosti. Spremembe gozdov zaradi klimatsko-okoljskih sprememb imajo pomemben vpliv tudi na strateški položaj Slovenije v prihodnosti. Gozd ima namreč odločilen vpliv na celotno okolje/prostor in tudi na sfero človekovega življenja.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ a) v domačih znanstvenih krogih;
- ☒ b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- ☒ c) pri domačih uporabnikih;
- ☒ d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

- klimatologi (Urad za meteorologijo ARSO)
- gozdarji (ZGS)
- nevladne organizacije (npr. Focus društvo za sonaraven razvoj, Sloga - platforma nevladnih organizacij za razvojno sodelovanje in humanitarno pomoč)

3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

/

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi institucijami.

* Skupina sodeluje z zelo različnimi tujimi raziskovalnimi institucijami. V neposredni povezavi s problematiko raziskovalne naloge člani skupine sodelujejo v različnih mednarodnih programih, ki se ukvarjajo s problematiko sprememb gozdov zaradi podnebnih in drugih okoljskih sprememb kot so npr. sledeče:

* ICP FOREST/FOREST FOCUS

* MCPFE

* COST akcije

* EFI, IUFRO, FAO / ECE

* IAVS itd.

Poleg tega pa je bila raziskovalna skupina vključena v najrazličnejše mednarodne raziskovalne projekte kot so:

- demonstracijski projekt BioSoil-Biodiversity;

- projekt "EUMON" (EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest), EU 6th Framework programme;

- projekt "NAT-MAN" (Nature-based Management of beech in Europe); EU 5th Framework programme;

- projekt "SUSTMAN" (Introduction of broadleaf species for sustainable forest management) QLK5-CT-2002-00851) - EU 5th Framework programme;

- projekt "Recognition", EFI; FAIR6, CT98-4124;

- Znanstveno tehnološko sodelovanje s Francosko Republiko, Program INRA 2007-2009: Modeliranje kroženja vode in ogljika v bukovih gozdovih v Sloveniji v luči klimatskih sprememb (BI-FR/07-08-INRA-002);

- MONARPOP (INTERREG IIb Alpine Space Programme), Monitoring Network in the Alpine Region for the Persistent and other Organic Pollutants;

- CARBON balance drafting and new resources management tools according to Kyoto PROTOCOL »CARBON-PRO« (Interreg IIb CADSES, EU Neighbourhood programme);

- AGRIFOREENERGY - promoting the use of biomass from agricultural and forestry sectors for heating, electricity and transport purposes - razpis altener - Intelligent Energy - Europe (IEE), (EIE/05/073/SI2.420201);

- BIOMASTRADECENTERS - Supporting the organization of spot markets supply for

wood chips and firewood, Intelligent Energy – Europe (IEE), (EIE/05/073/SI2.420201);

- WhS - Woodheat Solutions - Prijava projekta na razpis Intelligent Energy – Europe (IEE), projekt je v fazi pogajanj;
- Assessing the socio-economic impact of species and clone selection in biomass production in short rotation forestry, Research Cooperation and Networking between Austria and South Eastern Europe;
- SPIN (Spatial indicators for European nature conservation), EU 5th Framework programme

* Poleg tega smo se raziskovalno vključili v vseevropsko sodelovanje (projekt), ki proučuje učinke okoljskih sprememb na ombrotrofnih barjih. V tem okviru je bilo vzpostavljeno sodelovanje z naslednjimi tujimi institucijami: University of Ferrara, Department of Biology and Evolution, Ferrara, Italija; University of Wales, School of Biological Sciences, Bangor, UK; Uppsala University, Department of Plant Ecology, Evolutionary Biology Centre, Uppsala, Švedska; Wageningen University, Nature Conservation and Plant Ecology Group, Wageningen, Nizozemska; Masaryk University, Institute of Botany and Zoology, Faculty of Science, Brno, Češka; Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Botany, Brno, Češka; University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences, České Budějovice, Češka; University of Parma, Department of Earth Sciences, Parma, Italija; University of Joensuu, Department of Biology, Finska.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Rezultati sodelovanja se kažejo pri pripravi skupnih strateških programov in projektov. Kot rezultat intenzivnejših tovrstnih sodelovanj smo pripravili različne objave v tujih znanstvenih revijah (revije z Impact Factor) in v različnih domačih revijah ter prispevke v drugih publikacijah.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani: <http://www.izum.si/>

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

* V pripravi je celovito zaključno poročilo projekta v elaboratni obliki, ki bo poleg tekstovnega dela ugotovitve raziskave prikazal tudi z nazornimi grafičnimi, kartnimi in tabelaričnimi prikazi (KUTNAR, Lado, KOBLER, Andrej, STOJANOVA, Daniela, KRAJNC, Nike, URBANČIČ, Mihej, BERGANT, Klemen. Rastiščni, gozdno-gospodarski in politični vidiki odzivanja gozdov na pričakovane podnebne spremembe. Gozdarski inštitut Slovenije, 2008, 123 s., v pripravi)

* Rezultati raziskav "Rastiščni, gozdno-gospodarski in politični vidiki odzivanja gozdov na pričakovane podnebne spremembe" so bili posredovani kot vsebinska podlaga za pripravo osnutka "Strategije prilagajanja slovenskega kmetijstva in gozdarstva podnebnim spremembam", ki ga je Vlada RS sprejela 18. 6. 2008. Pripravljalcem osnutka Strategije so bile posredovane ključne ugotovitve in sugestije v zvezi z spremembami in premiki vegetacijskih pasov ter pričakovane posledice teh sprememb.

* Izkušnje in ugotovitve raziskovalnega projekta so bile neposredno uporabljene pri izpolnjevanju vprašalnika EFI na temo prilagajanja gozdarstva na klimatske spremembe (Adaptation to climate change in forestry : questionnaire of European Forest Institute to collect information from EU member states), ki ga je posredovalo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

* Pomembne ugotovitve raziskave o spreminjanju gozdov in gozdnih združb zaradi podnebnih sprememb so bile deloma objavljene oz. citirane (brez objave primarnega vira KUTNAR, Lado, KOBLER, Andrej. Potencialni vpliv podnebnih sprememb na gozdno vegetacijo v Sloveniji. V: JURC, Maja (ur.). Podnebne spremembe : vpliv na gozd in gozdarstvo, (Studia forestalia Slovenica, št. 130). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2007, str. 289-304) v prispevkih v drugih medijih (npr. ŠOŠTARIČ, Marjeta. Segrevanje spreminja cela območja. Podnebne spremembe in gozdarstvo. Delo, 18. april 2007, str. 3). Prispevek je bil zamišljen kot kratek povzetek in informacija o 25. Gozdarskih študijskih dnevih, ki so potekale na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF, Univerze v Ljubljani. V tem prispevku je bilo neposredno povzetih več ključnih ugotovitev iz naše raziskave.

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.