

PRIČAKOVANI UČINKI PODNEBNIH SPREMENB IN MOTENJ NA NARAVNE EKOSISTEME

učno gradivo pri predmetu
Globalne spremembe in gozdni ekosistemi
BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

doc. dr. Lado KUTNAR

Oddelek za gozdno ekologijo
Gozdarski inštitut Slovenije
Ljubljana

Ljubljana, 9. marec 2020

1

KAZALO VSEBINE

1. SPREMEMBE PODNEBNIH PARAMETROV V PRETEKLOSTI
2. NAPOVEDI SPREMENB PODNEBNIH PARAMETROV V 21. STOLETJU
3. NAPOVEDI UČINKOV PODNEBNIH SPREMENB IN SPREMLJAJOČI POJAVI
4. METODOLOGIJA NAPOVEDOVANJA UČINKOV PODNEBNIH SPREMENB NA SLOVENSKI GOZD
5. NAPOVEDI SPREMENB RAZPOREDITVE GOZDOV ZARADI PODNEBNIH SPREMENB
6. NAPOVEDI SPREMENB DELEŽEV DREVESNIH VRST ZARADI PODNEBNIH SPREMENB
7. POMANJKLIVOSTI UPORABLJENIH METODOLOGIJ
8. ZAKLJUČKI IN PRIPOROČILA

2

PREDSTAVITEV KLJUČNIH POJMOV

PODNEBJE (klima) je kompleksen sistem, ki obsega vse vremenske pojave na nekom območju v daljšem časovnem obdobju. Podnebje je poleg procesov v atmosferi odvisno tudi od medsebojnega vpliva različnih dejavnikov, kot npr. sestava in poraščenost tal, bližina morja, nadmorska višina, vetrovnost, sevanje sonca, človekovi vplivi.

ATMOSFERA je plast plinov, ki obdaja planet ali drugo nebesno telo z dovolj veliko maso, da jo zadrži njegova gravitacija. Zemljina atmosfera (ozračje) je sestavljena iz 78 % dušika, 21 % kisika, približno 0,01 % vodne pare in drugih plinov v sledih, predvsem argona in ogljikovega dioksida.

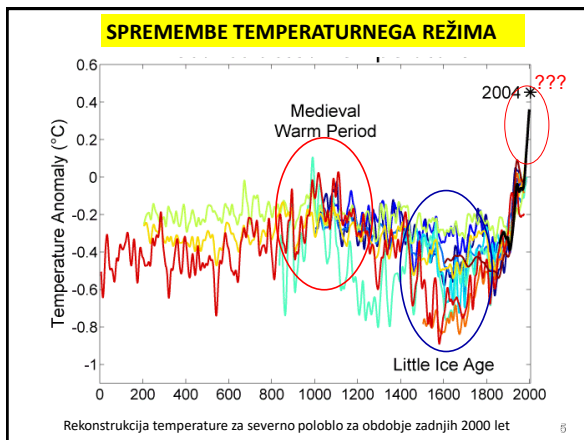
PODNEBNA SPREMEMBA je odklik (statističnih) lastnosti podnebne sistema, ki se obravnava v daljših časovnih obdobjih. Predstavlja odklon vrednosti podnebnih spremenljivk, podnebnih režimov in procesov od povprečij v daljših predhodnih obdobjih.

UČINEK TOPLE GREDE je pojav, da zemeljsko ozračje zadržuje sevanje, zmanjšuje uhajanje toplote nazaj v vesolje in s tem ohranja za življenje primerno temperaturo našega planeta. Pri tem pojavu prispevajo različni t.i. **toplogredni plini (TGP)**, kot npr. vodna para (H_2O), ogljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), didušikov oksid (N_2O), ozon (O_3), različni fluorovi plini (fluorirani ogljikovodiki (HFC), perfluorirani ogljikovodiki (PFC) in žveplov heksafluorid (SF_6)). S povečanjem koncentracije TGP je zadrževanje toplote večje, zato se planet vse bolj segreva.

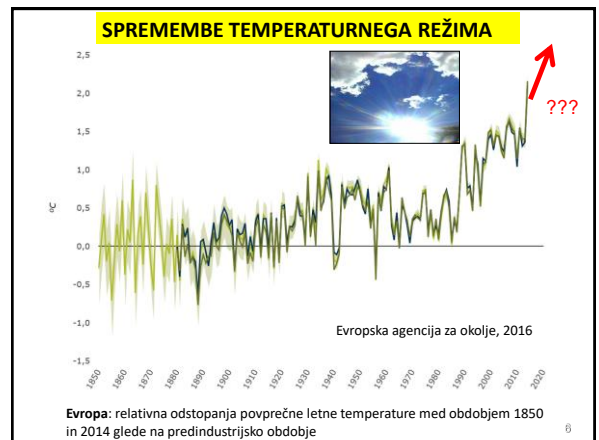
3

1) SPREMEMBE PODNEBNIH PARAMETROV V PRETEKLOSTI

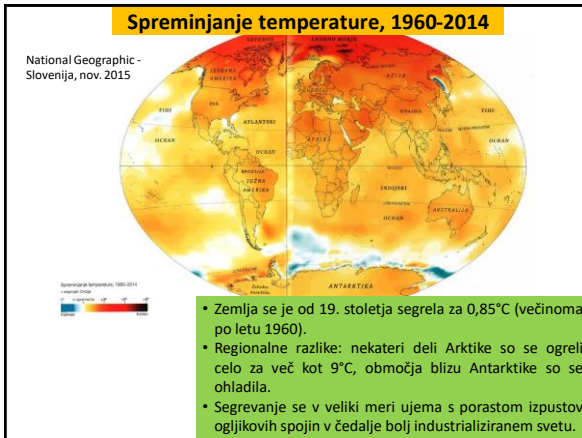
4



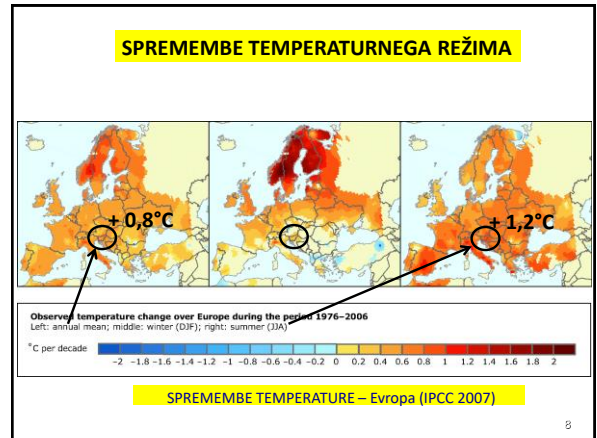
5



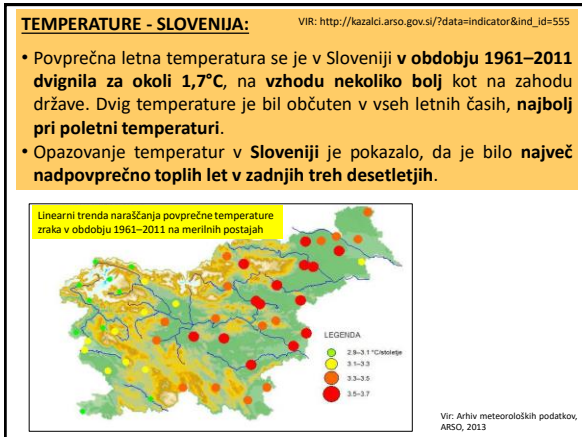
6



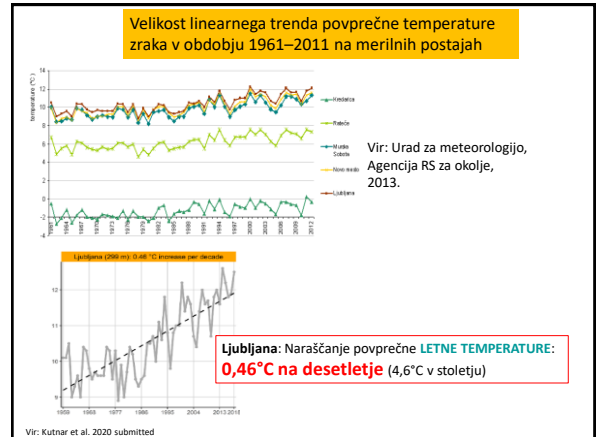
7



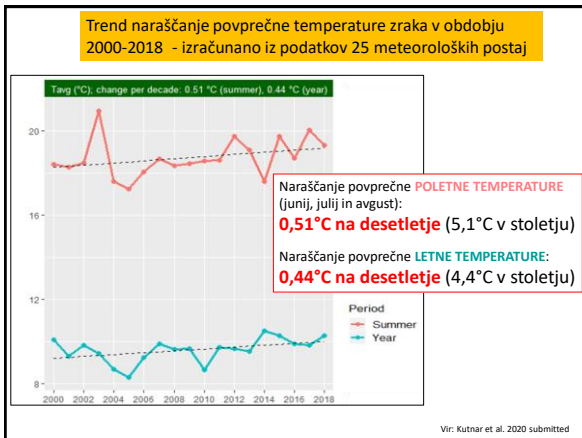
8



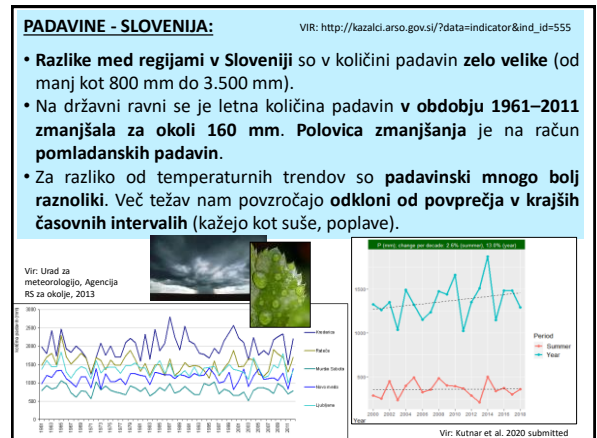
9



10



11



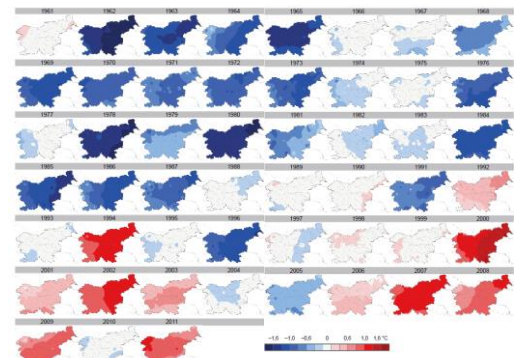
12

PODNEBNA SPREMENLJIVOST SLOVENIJE V OBDOBJU 1961–2011 (Rezultati projekta, ARSO 2018)

- Povprečna temperatura se je od 60 let prejšnjega stoletja dvignila za okrog 2°C, z največjim trendom naraščanja temperature zraka poleti (0,44 °C/desetletje).
- Trajanje sončnega obsevanja se je v obdobju 1961-2011 povečevalo za okrog 30-40 ur na desetletje, najbolj na račun povečanja pomladi in poleti.
- Zaradi velike naravne spremenljivosti padavin dolgoročne spremembe v višini padavin niso tako gotove kot spremembe temperature in sončnega sevanja.
- Najbolj gotovo je zmanjševanje količine padavin samo na nekaterih območjih Slovenije pomladi in poleti, na letni ravni pa zmanjšanje količine padavin v zahodni polovici države.
- Skupna snežna odeja se statistično značilno zmanjšuje v višjih legah (do 20 % na desetletje) in tudi v nižjih legah (do 15 % na desetletje).

13

Odsklon letne povprečne temperature zraka od povprečja v obdobju 1981–2010



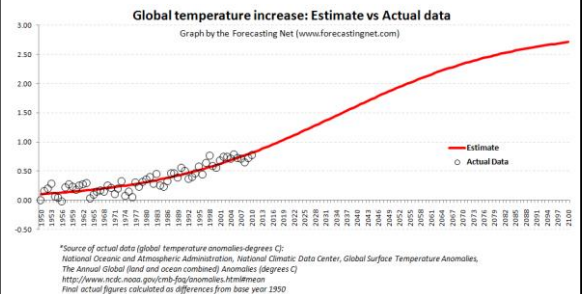
Vir: Vertačnik G., Bertalančič R., 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961-2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji Ljubljana : Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 2017.

14

2) NAPOVEDI SPREMENB PODNEBNIH PARAMETROV V 21. STOLETJU

15

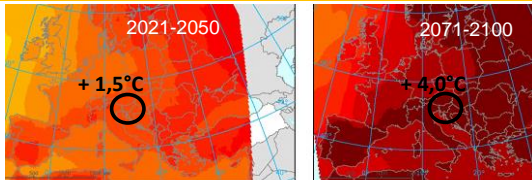
NAPOVED POVEČANJA POVPREČNE LETNE TEMPERATURE NA GLOBALNI RAVNI



Napoved predvideva povečanje povprečne temperature za 2,2°C v obdobju med 2000 do 2100 (v skladu z napovedmi IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ki predvidevajo povečanje povprečne T za 1,8-4,0°C do 2100).

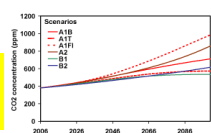
16

EVROPA: Predvidena sprememba povprečne letne temperature



Predvidena sprememba povprečne letne temperature v obdobjih 2021-2050 in 2071-2100. Vir: Evropska agencija za okolje, 2013

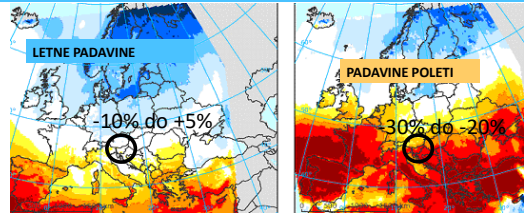
Odklona povprečja glede na obdobje 1961–1990 - ob scenariju A1B izpustov TGP.



- Povprečna letna temperatura bo naraščala povsod po Evropi.
- V Sloveniji bo porast podoben kot na Balkanu, v Italiji, južni Franciji in Španiji.

17

EVROPA: Predvidena sprememba letnih in poletnih padavin



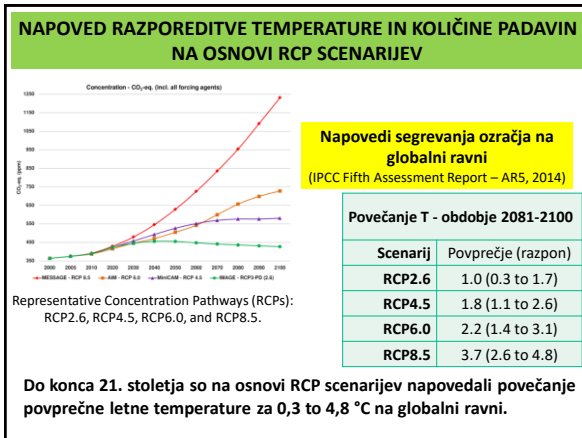
Predvidena sprememba padavin

Odklon povprečja v obdobju 2071–2100 glede na 1961–1990.

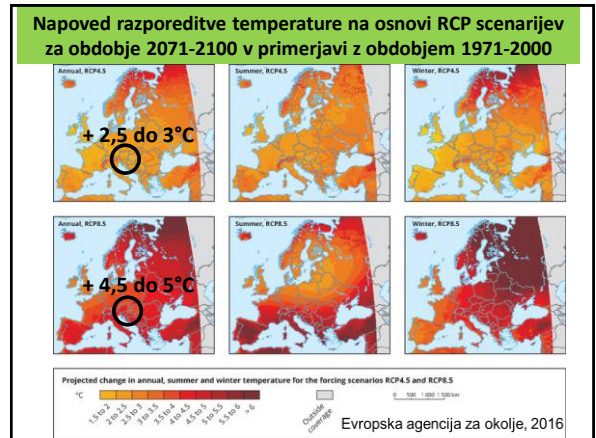
Vir: Evropska agencija za okolje, 2013

- V večjem delu Sredozemlja se bo letna količina padavin zmanjšala.
- V Sloveniji ne predvidevajo večjih sprememb na letni ravni.
- Poletne padavine naj bi se zmanjšale na jugu Evrope.
- V Sloveniji je zmanjšanje ocenjeno na 20 do 30 %.

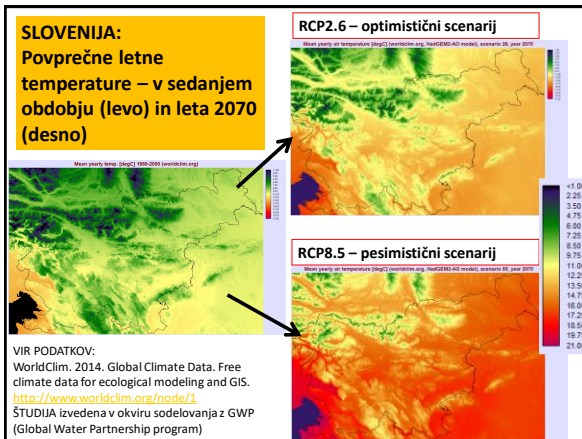
18



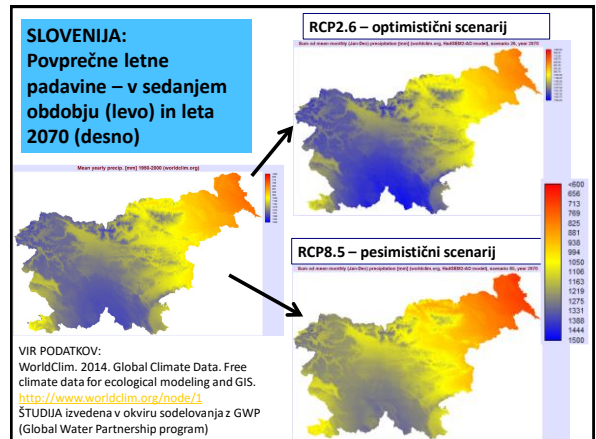
19



20



21



22

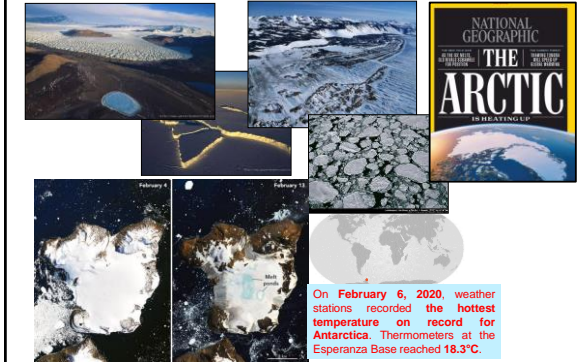
3) NAPOVEDI UČINKOV PODNEBNIH SPREMEMB IN SPREMLJAJOČI POJAVI

23



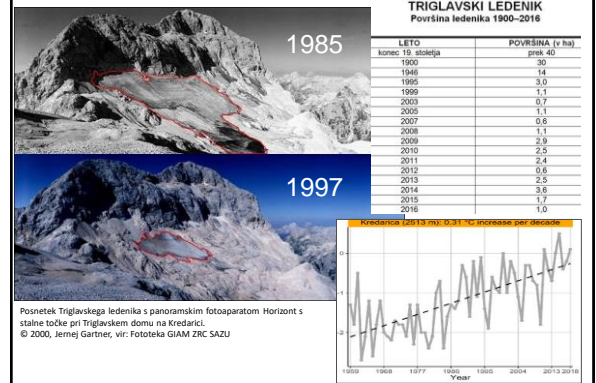
24

TALJENJE LEDENIKOV V GORAH IN NA ZEMELJSKIH POLIH



25

TALJENJE TRIGLAVSKEGA LEDENIKA



26

ŠIRJENJE PUŠČAV (DEZERTIFIKACIJA)



27

GOZDNI POŽARI



28

SPREMEMBE NARAVNIH EKOSISTEMOV

(npr. zmanjšanje vitalnosti ključnih vrst, napad škodljivih organizmov, spremembe naravnih ravnovesij, spremembe biodiverzitete)



29

Kakšni bi lahko bili učinki podnebnih sprememb na GOZD?

- Abiotske poškodbe
- Poškodbe zaradi insektov in bolezni
- Spremembe genetskega potenciala
- Spremembe rastlinske in živalske vrstne pestrosti ter njihovih habitatov
- Zmanjšanje vitalnosti, priraščanja in umiranje dreves
- Premik vegetacijskih pasov (sever-jug, po nadm. višini)
- Spremembe zalog ogljika itd.

30



31



32



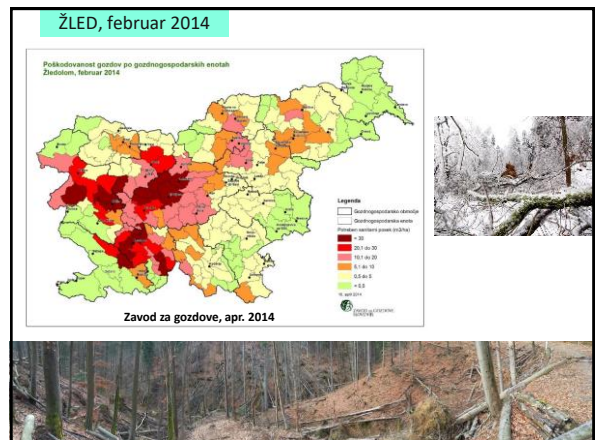
33



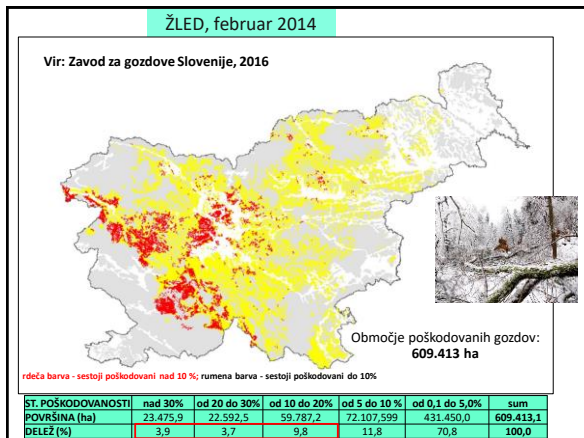
34



35



36

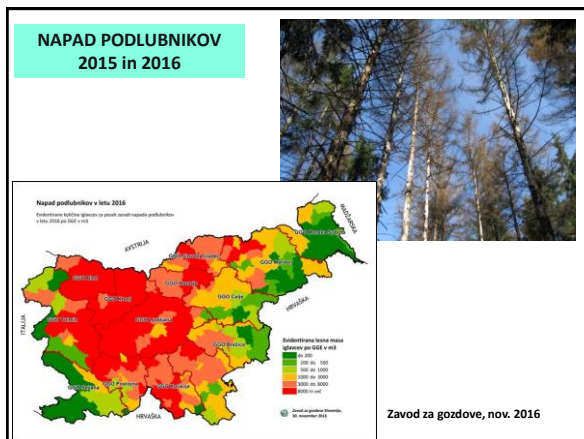


37

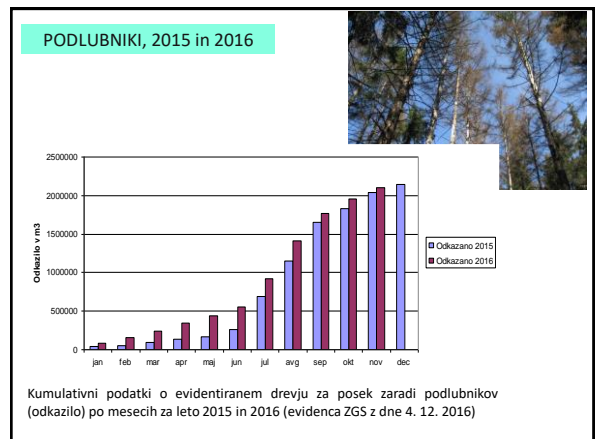
ŽLED, februar 2014 **RASTIŠČNI TIPI Z NAJBOLJ POŠKODOVANIMI SESTOJI**

	RASTIŠČNI TIP	POVRŠINA (ha)	POVR. DEL. (%)
1	Dinarsko jelovo bukovje <i>Quercus-Ilex-Fagetum</i> var. geogr. <i>Castanetalia grandiflora</i>	79475,4	13,0
2	Kisloljubno bukovje z rebrenjačo <i>Blechno-Fagetum</i>	74204,0	12,2
3	Kisloljubno gorsko-zgornjegorsko bukovje z belkasto bekico <i>Luzulo-Fagetum</i> s. lat.	51029,9	8,4
4	Predinarsko-dinarsko podgorsko bukovje <i>Hieracino-Fagetum</i> var. geogr. <i>Ruscus-Ilex</i> var. geogr. <i>Qer. nival</i>	49595,9	8,1
5	Kisloljubno gradnovno bukovje <i>Castaneo-Fagetum</i>	42535,4	7,0
6	Predalpsko podgorsko bukovje na karbonatih <i>Hieracino-Fagetum</i> var. geogr. <i>Anemone trifolia</i>	37943,9	6,2
7	Gradnovno bukovje na izpranih tleh <i>Juncido-Fagetum</i>	37165,9	6,1
8	Predalpsko gorsko bukovje <i>Luzulo-Fagetum</i> var. geogr. <i>Dactylis pentactylis</i>	25996,1	4,3
9	Predinarsko-dinarsko gradnovno belogabrovje <i>Alno silvico-Carpinetum, Epimedio-Carpinetum</i>	22308,1	3,7
10	Predalpsko-alpsko toploljubno bukovje <i>Ostrya-Fagetum</i> var. geogr. <i>Anemone trifolia</i> , var. geogr. <i>typica</i>	21756,4	3,6
11	Osojno bukovje s kresničevjem <i>Aranuco-Fagetum</i>	17572,4	2,9
12	Kisloljubno rdečeborovje <i>Alno silvico-Carpinetum, Epimedio-Carpinetum</i>	17492,9	2,9
13	Alpsko bukovje s črnim telohom <i>Anemone-Fagetum</i> var. geogr. <i>Helleborus niger</i>	15982,7	2,6
	SKUPAJ	493059,0	80,9

38



39



40

NEGATIVNE POSLEDICE ABIOTSКИH IN BIOTSKIИH VPLIVOV NA GOZD (obdobje 2014-2018)

Poškodbe drevja v slovenskih gozdovih (skupna lesna zaloga 350 mio. m³) po:

- žledolomu (l. 2014) – ca. 9 mio. m³
- podlubnikih (od l. 2014 naprej) – ca. 6 mio. m³
- vetrolomu (l. 2017) - ca. 2 mio. m³

41

4) METODOLOGIJA NAPOVEDOVANJA UČINKOV PODNEBNIИH SPREMEMB NA SLOVENSKI GOZD

42

NAMEN IN METODE

- Namen je bil **oceniti rastiščne razmere za uspevanje gozdov in razporeditev glavnih drevesnih vrst** ob uresničitvi napovedanih podnebnih sprememb v prihodnosti.
- Napovedi razporeditve gozdnih rastišč (g. vegetacija) in lesne zaloge drevesnih vrst temeljijo na **empiričnem kvantitativnem modelu** in podatkih, ki so vezani na določeno prostorsko mrežo.
- Model napoveduje za vsak **1 km x 1 km kvadrant** v Sloveniji (samo znotraj sedanjih gozdnih meja).
- Napovedi** za potencialne gozdne rastiščne razmere in razporeditev lesne zaloge drevesnih vrst so **izdelane na podlagi**:
 - **modela** (pojasnjuje razmerja med sedanjim podnebjem in sedanjo razporeditvijo gozdov oz. drevesnih vrst) in
 - **scenarijev podnebnih sprememb** (pripravili so jih klimatologi).

43

Napovedovanje na osnovi modela (I)

Ciljni spremenljivki:

- Sedanja pojavljanje (razporeditev) vegetacijskih tipov (g. rastišč)
- Sedanja pojavljanje drevesnih vrst

GIS MODEL

Pojasnevalne spremenljivke:

- Sedanje podnebjne - mesečna in letna povprečja za obdobje 1970-2000 za
 - temperaturo
 - padavine
 - evapotranspiracijo
- Tla (FAO talni tipi)
- Relief
 - nadmorska višina
 - nagib
 - ekspozicija

Evapotranspiracija (ET) je prehajanje vode v obliki vodne pare z zemeljske površine in skozi listne reže rastlin v ozračje.

44

Napovedovanje na osnovi modela (II)

NAPOVEDI PODNEBNIH SPREMEMB (T, padavine) (Bergant 2007)

GIS MODEL

Scenariji (napovedi) podnebnih sprememb
temperatura
padavine
evapotranspiracija

toplejši del leta
hladnejši del leta

CILJNI SPREMENLJIVKI:

- Razporeditev vegetacijskih tipov (g. rastišč) **v prihodnosti**
- Pojavljanje drevesnih vrst **v prihodnosti**

45

NAPOVEDI PODNEBNIH SPREMEMB ZA SLOVENIJO (Bergant 2007)

Projekcije sprememb temperatur zraka (Tavg; levo) in količine padavin (Prec; desno) v **TOPLI POLOVICI LETA** v 21. stoletju ob upoštevanju različnih emisijskih scenarijev (SRES A1B, A1T, A1F, A2, B1, B2).

Projekcije sprememb temperatur zraka (Tavg; levo) in količine padavin (Prec; desno) v **HLADNI POLOVICI LETA** v 21. stoletju ob upoštevanju različnih emisijskih scenarijev (SRES A1B, A1T, A1F, A2, B1, B2).

46

SCENARIJI PODNEBNIH SPREMEMB

Na osnovi napovedi podnebnih sprememb po Bergantu (2007) (podani so v intervalih) smo oblikovali 3 različne scenarije:

	Scenariji		
	OPTIMISTIČNI SCENARIJ (toplo in vlažno)	SREDNJI SCENARIJ	PESIMISTIČNI SCENARIJ (vroče in sušno)
TEMPERATURE	min	srednje	max
PADAVINE	max	srednje	min
EVAPOTRANSPIRACIJA	min	srednje	max

Evapotranspiracija (ET) je prehajanje vode v obliki vodne pare z zemeljske površine in skozi listne reže rastlin v ozračje.

47

NAPOVEDAN RAZPON SPREMEMB do leta 2100:

primerjava med obdobjema 1970-2000 in 2070-2100 (povzeto po ARSO 2005, 2006a, 2006b, Bergant 2007)

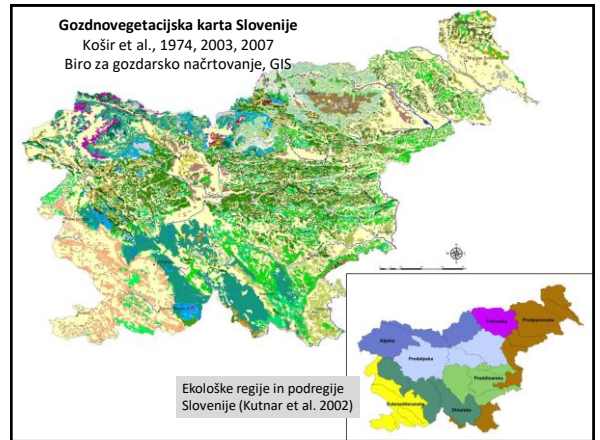
	RAZPON SPREMEMB		
	OPTIMISTIČNI SCENARIJ (toplo in vlažno)	SREDNJI SCENARIJ	PESIMISTIČNI SCENARIJ (vroče in sušno)
TEMPERATURE [°C]**	+1.9	+4.4	+6.6
PADAVINE [%]**	+4.1	-2.4	-16.8
EVAPOTRANSPIRACIJA [%]**	+17.0	+23.1	+31.7

***Temperaturne spremembe prikazujejo absolutne razlike med obdobjema 1970-2000 in 2070-2100.*
***Spremembe padavin in evapotranspiracije prikazujejo relativne razlike med obdobjema 1970-2000 do obdobja 2070-2100.*

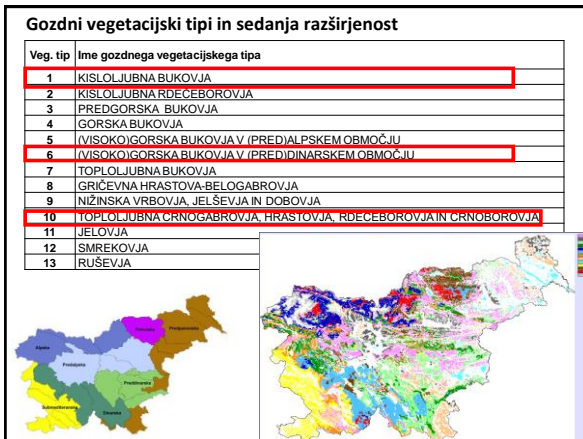
48

5) NAPOVEDI SPREMEMB RAZPOREDITVE GOZDOV ZARADI PODNEBNIH SPREMEMB

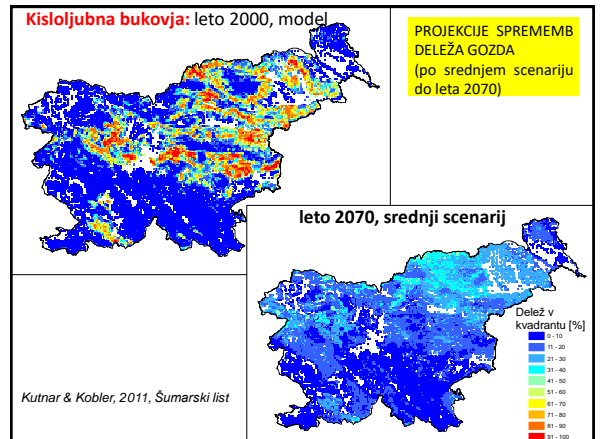
49



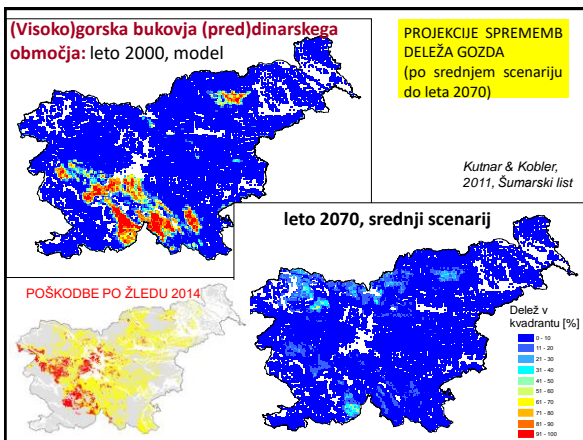
50



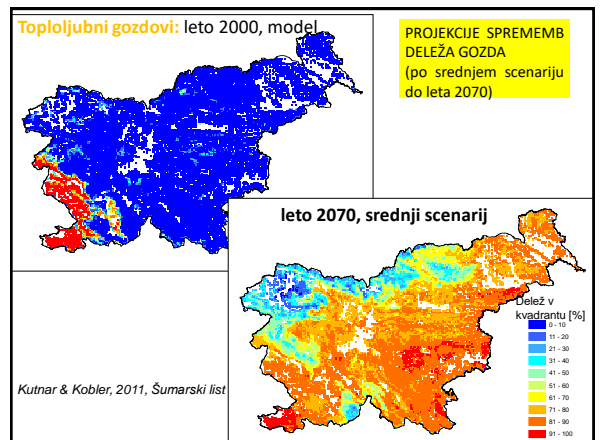
51



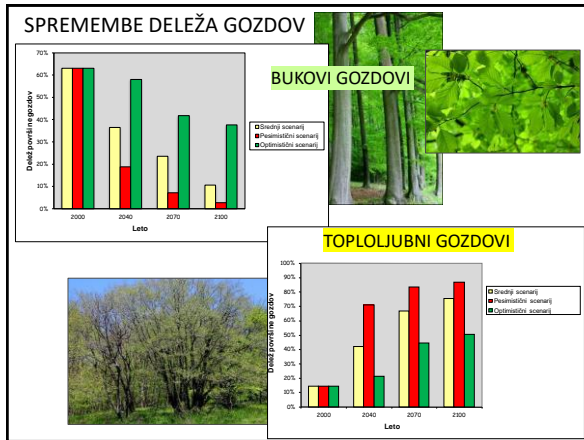
52



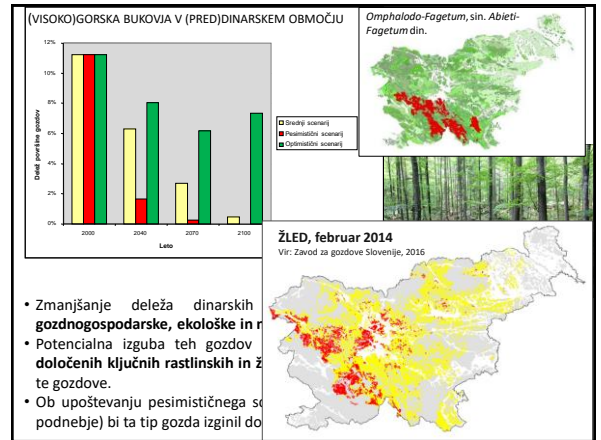
53



54



55



56

6) NAPOVEDI SPREMEMB DELEŽEV DREVESNIH VRST ZARADI PODNEBNIH SPREMEMB

57

NAPOVEDI RELATIVNIH SPREMEMB LESNE ZALOG DREVESNIH VRST

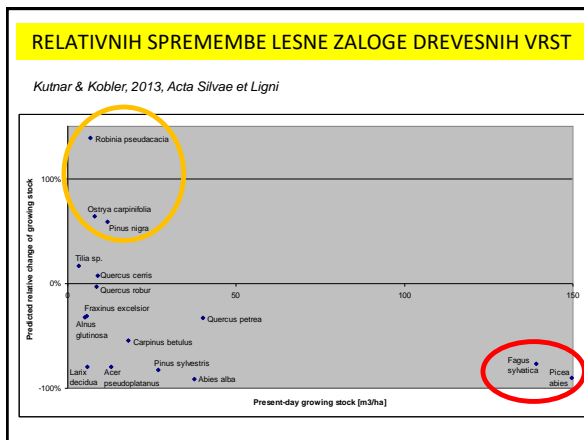
Sedanja lesna zaloga glavnih drevesnih vrst (ZGS 2017):

- Fagus sylvatica (32,2%)
- Picea abies (30,8%)
- Abies alba (7,5%)
- Quercus sp. (7,0%)

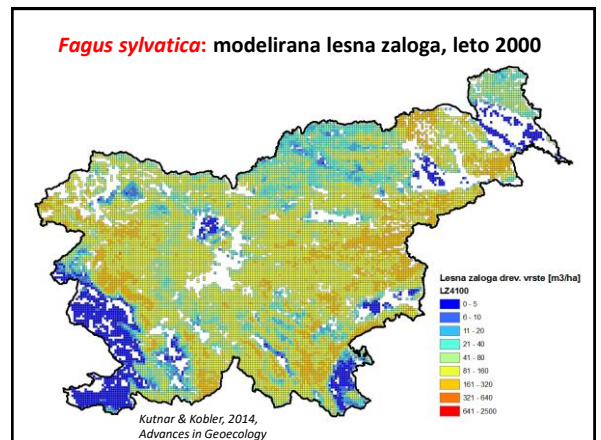
	OPTIMISTIČNI SCENARIJ (toplo in vlažno)	SREDNJI SCENARIJ	PESIMISTIČNI SCENARIJ (vroče in sušno)
Picea abies	-67%	-90%	-97%
Abies alba	-63%	-91%	-97%
Fagus sylvatica	-54%	-76%	-82%

	OPTIMISTIČNI SCENARIJ (toplo in vlažno)	SREDNJI SCENARIJ	PESIMISTIČNI SCENARIJ (vroče in sušno)
TEMPERATURE [°C]**	+1,9	+4,4	+6,6
PADAVINE [mm]**	+4,1	-2,4	-16,8
EVAPOTRANSPIRACIJA [mm]**	+17,6	+23,1	+31,7

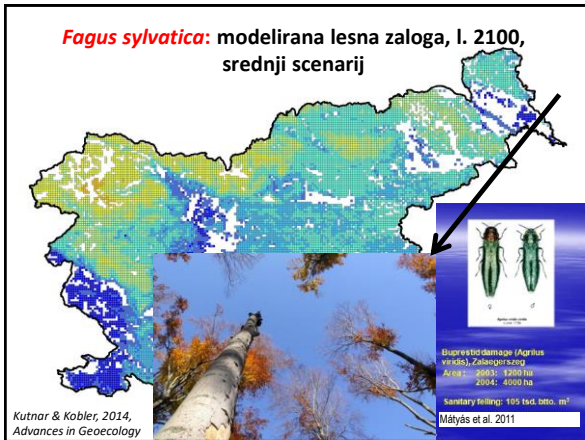
58



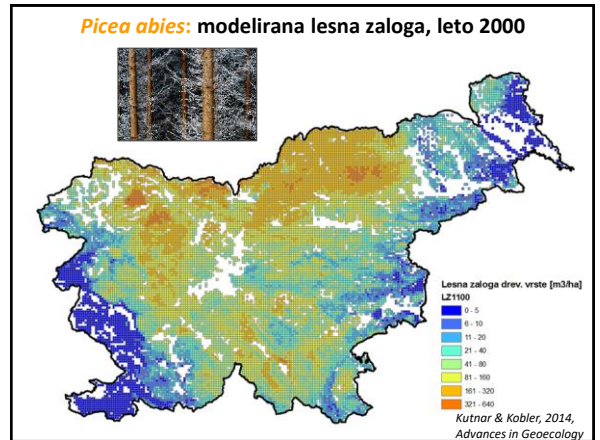
59



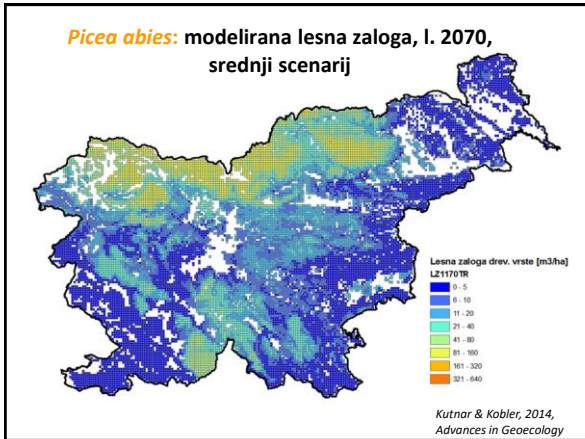
60



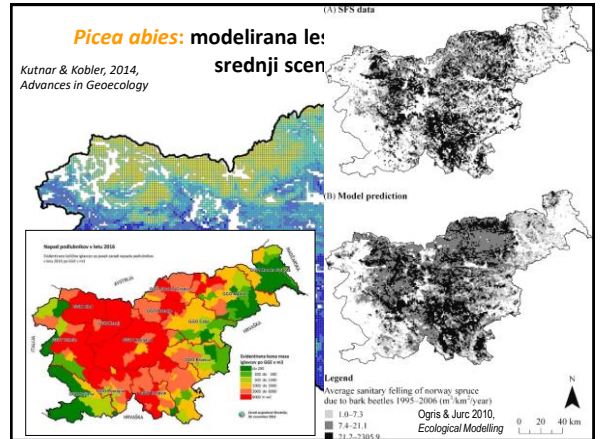
61



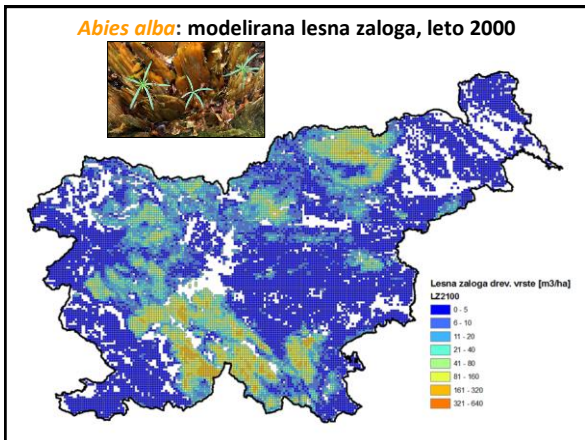
62



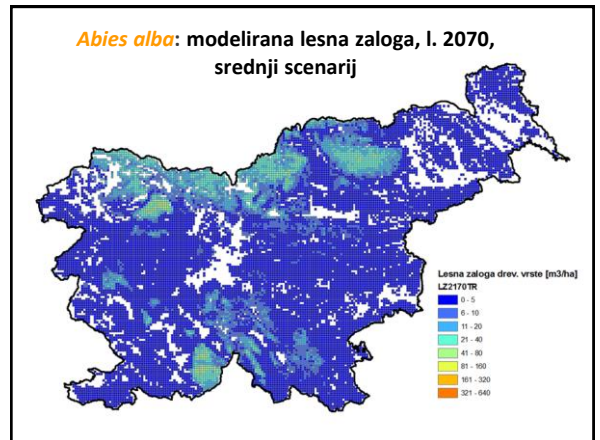
63



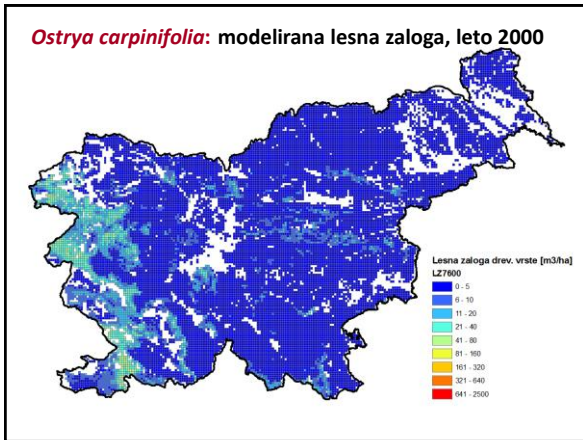
64



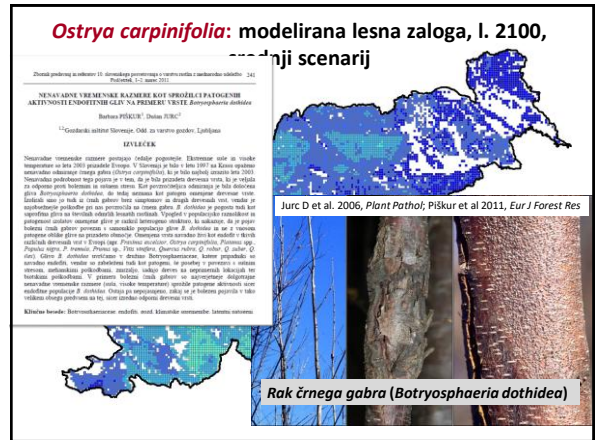
65



66



67

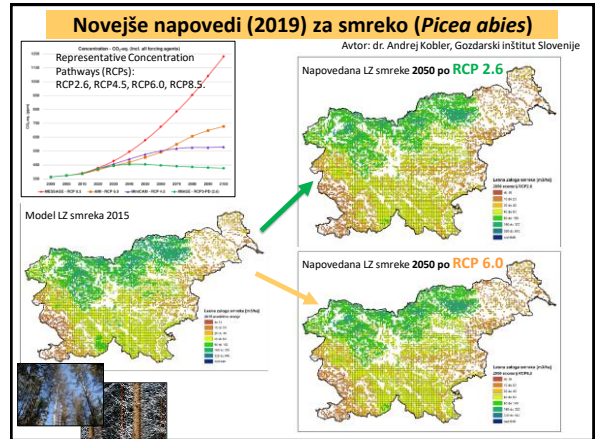


68

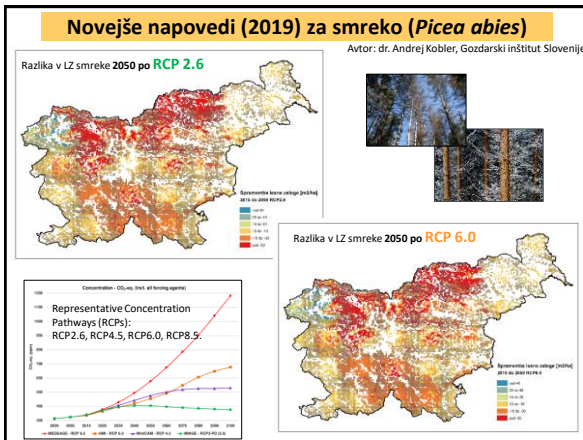
Novejše napovedi (2019) za smreko (*Picea abies*)

Avtor: dr. Andrej Kobler, Gozdarski inštitut Slovenije
Predstavitve rezultatov ob zaključku projekta CRP V4-1614 (10.2016–9.2019)
"Obvladovanje tveganj pri gospodarjenju s smreko v gozdovih Slovenije", GIS, 24. 10. 2019

69



70



71

7) POMANJKLIVOSTI UPORABLJENIH METODOLOGIJ

72

- Napovedi temeljijo na **sedanjih prostorskih povezavah med podnebjem in razporeditvijo gozdnih tipov/drevesnih vrst** (ob upoštevanju nekaterih drugih vplivov: tla, relief itd.) .
- **Pomanjkljivosti oz. slabosti** uporabljene metodologije so:
 - enostavna statistična ekstrapolacija sedanjih trendov (zanesljivost?);
 - subjektivni nabor dejavnikov;
 - ni upoštevan sukcesijski razvoj gozda v prihodnosti;
 - niso upoštevani sekundarni učinki (npr. pojavljanja novih gozdnih škodljivcev in bolezni, spremenjen režim gozdnih požarov, fenotipska plastičnost vrst, spremenjen vzorec rabe prostora itd.).



73

8) ZAKLJUČKI IN PRIPOROČILA

74

- Območje današnjih **mezofilnih gozdov (predvsem bukovi)** bi ob izrazitem segrevanju podnebja z daljšimi sušnimi obdobji (pesimistični scenarij) verjetno **postopoma zasedli toploljubni bukovi gozdovi**.
- Ob nadaljevanju trendov segrevanja podnebja pa bi se **postopoma širili tudi drugi termofilni gozdovi** (npr. toploljubna črnogabrovja, hrastovja, rdečeborovja in črnoborovja), ki so bolj prilagojeni na sušne in tople razmere. Vendar pa imajo termofilni gozdovi **majhno gospodarsko vrednost** in so bolj občutljivi na **gozdne požare**.
- Na ekstremno toplih, sušnih legah bi se **ob pomikanju areala rastlinskih vrst in vegetacijskih pasov od juga proti severu** lahko z večjim deležem pojavila tudi vednozelena mediteranska gozdna vegetacija.
- Po napovedih modela bo prišlo do izrazite **zamenjave primarnih in drugotnih gozdov smreke in jelke z gozdovi listavcev**.

75

- Simulacija spremembe lesne zaloge drevesnih vrst in njihove razporeditve je nakazala **možnost izmenjave drevesnih vrst** ob uresničitvi napovedi podnebnih sprememb (tudi po optimističnem scenariju).
- Ob koncu stoletja bi po uporabljenih podnebnih scenarijih **areal strukturno najpomembnejših drevesnih vrst, bukve, smreke in jelke**, predvidoma bil omejen **predvsem na gorski in visokogorski pas**.
- Ob uresničitvi **pesimističnega scenarija** (vroče in sušno) pa simulacija kaže na skorajda popolno **odsotnost smreke in jelke**, medtem ko bi bila bolj primerna rastišča za bukev predvsem v alpskem območju.
- Poleg izrazite **razširitve različnih toploljubnih drevesnih vrst** bi se lahko močno povečal tudi **areal in delež invazivne robinije**.

76

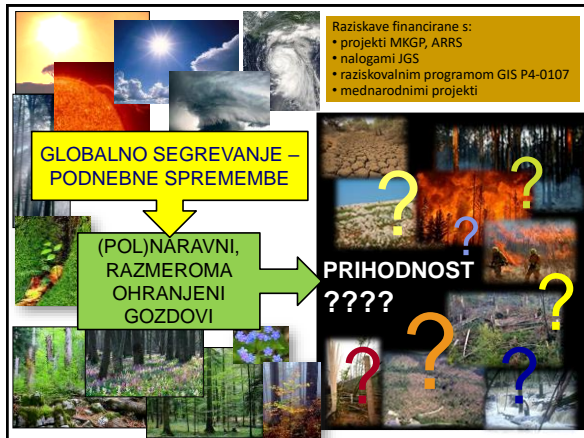
- Ne glede na prevladujoče črno glede napovedi za prihodnost, ki nakazujejo korenite spremembe razporeditve in strukture gozdov, je smiselno **nadaljevati s strategijo sonaravnega gospodarjenja z gozdovi**.
- Ob tem je potrebno vzdrževati **naravno biotsko pestrost na čim višji ravni** in skrbeti za čim bolj **razgibano in raznomerno strukturo gozdov**.
- **Širok nabor razpoložljivih drevesnih in drugih vrst** je pomemben predpogoj za razmeroma nemoten razvoj gozdov tudi po morebitnih drugačnih razvojnih poteh, ki bi jih lahko narekemale podnebne spremembe.



77

- Opravljene študije so za gozdnogospodarsko načrtovanje in samo gospodarjenje z gozdovi **dale prve ocene možnih vplivov podnebnih sprememb na gozdne ekosisteme in razporeditev drevesnih vrst**.
- Kakovostni podatki in napovedi sprememb so razmeroma dobra podlaga za učinkovito **načrtovanje ukrepov prilagajanja spremenjenim podnebnim razmeram**, da se tako hitreje in učinkoviteje odzivamo na potrebe gozdarstva in širše družbe ter prispevamo k **večji stabilnosti gozdnih ekosistemov**, zaščiti celotnega okolja in narave ter k trajnostni oskrbi z naravnimi viri ter učinkovitejšemu gospodarstvu.

78



79