



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

“Radionica za stručnjake za modeliranje klimatskih scenarija, procjenjivanje utjecaja klimatskih promjena temeljem rezultata dobivenih modeliranjem i procjenjivanje mjera prilagodbe klimatskim promjenama te upoznavanje s postojećim rješenjima i tehnologijama prilagodbe”

Radionica br. 4/10: ŠUMARSTVO

Ministarstvo poljoprivrede, Ulica grada Vukovara 78, Zagreb, 07. prosinca 2016. g.



HRVATSKI ŠUMARSKI INSTITUT

Modeliranje produktivnosti ekosustava biogeokemijskim modelom Biome-BGCMuSo u uvjetima promijenjene klime - Primjer šume hrasta lužnjaka *

Hrvoje Marjanović ¹, Maša Zorana Ostrogović Sever ²

¹ hrvojem@sumins.hr, ² masao@sumins.hr

Struktura prezentacije

1. dio:

Problem odabira modela, područja, ulaznih podataka i načina validacije rezultata

(Dr. sc. Hrvoje Marjanović)

2. dio:

Modeliranje utjecaja promjene klime na šumu hrasta lužnjaka modelom Biome-BGCMuSo

(Dr. sc. Maša Zorana Ostrogović Sever)

Klimatske promjene su izvjesne i utječu na prirodne i ljudske sustave (IPCC 2014)



Kakav utjecaj možemo očekivati na šume u Hrvatskoj?



Koje modele možemo/trebamo koristiti za procjenu utjecaja klimatskih promjena i ocjenu zahvata na prilagodbi?

“Svi modeli su pogrešni, ali neki su korisni.” (G.E.P. Box, 1979)

“Slično vrijedi i za podatke koje imamo.” (H. Marjanović, 2016)

IPCC, 2014: [Climate Change 2014: Synthesis Report](#). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
Box, G. E. P. (1979), "Robustness in the strategy of scientific model building", in Launer, R. L.; Wilkinson, G. N., Robustness in Statistics, Academic Press, pp. 201–236.

Koje modele možemo/trebamo koristiti za šumske ekosustave?

Promjena klime, rast CO₂ u atmosferi, depozicija dušika ...

~~Empirijski modeli
rasta i prirasta~~

- prirasno-prihodne tablice
- mehanistički modeli temeljeni na opažanjima ponašanja stabala/šumske sastojine u prošlosti
- statistički modeli
- primjeri: Sylva, BWIN-Pro
- **ne ovise o meteorološkim prilikama**

Snaga: korisni u praktičnom šumarstvu

Slabost: temelje se na pretpostavci da se vanjski uvjeti ne mijenjaju

Procesni modeli

- matematički formuliran skup povezanih bio(geo)kemijskih procesa kojima se opisuju tokovi materije (H₂O, C, N,...) i energije (R_g, H, L) unutar promatranog ekosustava, te izmjena s njegovom okolinom
- primjeri: Biome-BGC, 3-PG
- **ovise o meteorološkim prilikama**

Snaga: omogućuju projekcije

Slabost: velik broj (slabo poznatih) parametara, varijabli i procesa

Odabrani model: Biome-BGCMuSo (BBGCMuSo)

- BBGCMuSo je procesni biogeokemijski model
- Modeliramo tokove ugljika (C), dušika (N) i vode
- ‘MuSo’ označava “multislojni talni modul” (engl. *multilayer soil module*).
- Rezultat nadgradnje modela Biome-BGC (Numerical Terradynamic Simulation Group, University of Montana, Thornton, 2000)
- Biome-BGC je pak nastao nadgradnjom Forest-BGC (Running & Gower, 1991)
- Biome-BGC je široko korišten za simulaciju različitih ekosustava: listopadne i zimzelene šume, travnjaci, garizi (Running & Hunt, 1993).

Running, S. W. and Gower, S. T., 1991. FOREST-BGC, A general model of forest ecosystem processes for regional applications. II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets, *Tree Physiol.*, 9, 30 147–160, doi:10.1093/treephys/9.1-2.147.

Running, S.W. and Hunt, E. R. J., 1993. Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, BIOME-BGC, and an application for global-scale models, in: *Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe*, edited by: Ehleringer, J. R. and Field, C., 35 Academic Press, San Diego, 141–158.

Thornton, P. E., 2000. User's Guide for Biome-BGC, Version 4.1.1., available at:

ftp://daac.ornl.gov/data/model_archive/BIOME_BGC/biome_bgc_4.1.1/comp/bgc_users_guide_411.pdf.

Biome-BGCMuSo – Opis modela



Geoscientific Model Development

An interactive open-access journal of the European Geosciences Union

| EGU.eu | EGU Journals | EGU Highlight Articles | Contact | Imprint |



doi:10.5194/gmd-2016-93

© Author(s) 2016. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 License.

Discussion papers

About

Editorial board

Articles

Special issues

Highlight articles

Subscribe to alerts

Peer review

For authors

For editors and referees

User ID



Password

► New user? | ► Lost login?



Follow
@EGU_GMD

Journal metrics



IF 3.549



IF 5-year
5.280

Model description paper

Terrestrial Ecosystem Process Model Biome-BGCMuSo: Summary of improvements and new modeling possibilities

Dóra Hidy¹, Zoltán Barcza², Hrvoje Marjanović³, Maša Zorana Ostrogović Sever³, Laura Dobor², Györgyi Gelybó⁴, Nándor Fodor⁵, Krisztina Pintér¹, Galina Churkina⁶, Steven Running⁷, Peter Thornton⁸, Gianni Bellocchi⁹, László Haszpra^{10,13}, Ferenc Horváth¹¹, Andrew Suyker¹², and Zoltán Nagy¹

¹MTA-SZIE Plant Ecology Research Group, Szent István University, Páter K. u.1., H-2103 Gödöllő, Hungary

²Department of Meteorology, Eötvös Loránd University, Pázmány P. sétány 1/A., H-1117 Budapest, Hungary

³Croatian Forest Research Institute, Department for Forest Management and Forestry Economics, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Croatia

⁴Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Herman O. út 15., H-1163 Budapest, Hungary

⁵Agricultural Institute, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Brunszvik u. 2., H-2462, Martonvásár, Hungary

⁶Institute for Advanced Sustainability Studies e.V., Berliner Strasse 130, D-14467 Potsdam, Germany

⁷Numerical Terradynamic Simulation Group, Department of Ecosystem and Conservation Sciences University of Montana, Missoula, MT 59812 USA

⁸Climate Change Science Institute/Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831-6335, USA

⁹UREP, INRA, 63000 Clermont-Ferrand, France

¹⁰Hungarian Meteorological Service, H-1675 Budapest, P.O.Box 39, Hungary

¹¹Institute of Ecology and Botany, Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences, Alkotmány u. 2-4., H-2163 Vácrátót, Hungary

¹²School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, 806 Hardin Hall, Lincoln, Nebraska 68588, USA

¹³Geodetic and Geophysical Institute, MTA Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, H-9400 Sopron, Csatskai Endre utca 6-8., Hungary

13 May 2016

Review status

A revision of this discussion paper was accepted for the journal Geoscientific Model Development (GMD).

Abstract

Discussion

Metrics

Received: 18 Apr 2016 – Accepted: 10 May 2016 – Published: 13 May 2016

Abstract. The process-based biogeochemical model Biome-BGC was enhanced to improve its ability to simulate carbon, nitrogen

Kako model radi?

Pogonske varijable (dnevne):

- količina sunčevog zračenje
- temperatura & oborine
- koncentracija CO₂ i N depozicija
- (razina podzemne vode)

Stanišne varijable:

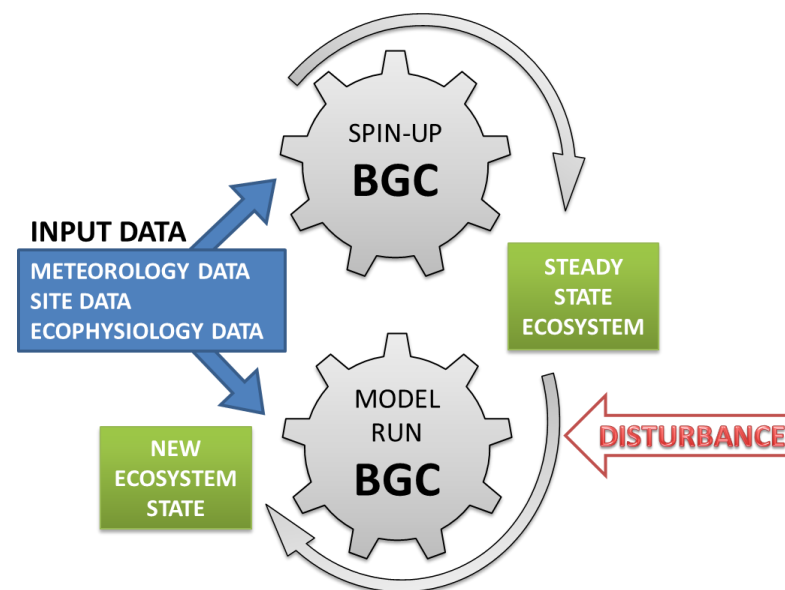
- tekstura tla
- gustoće tla i kapacitet za vodu
- geog. širina i nadm. visina
- prosj. god. temp. i raspon

Ekofiziološki parametri:

- C/N lista, korijena, drveta
- alokacijski koeficijenti
- fenologija
- (redukcija) fotosinteze (108 parametara)

Poremećaji i gospodarenje:

- požari
- sječe/žetve
- obrada tla (poljoprivreda)



Rezultati:

- Dnevni tokovi i zalihe C, N, H₂O (~ 600 varijabli)

Najznačajniji: GPP, NPP, TER, NEE

Za izvođenje modela kritične su pogonske varijable!

- Dnevne vrijednosti temperature i oborina.
- Sunčevo zračenje (ako nije poznato => program MTClim).
- Za modeliranje budućnosti trebaju projekcije pogonskih varijabli.

PROBLEM: u HR (još) nema lako dostupnih rasterskih, dnevnih podataka za temp. & oborine, niti projekcija u budućnosti.

(Podaci DHMZ-a potencijalno najbolja varijanta. Međutim, dobivaju se tek uz popunjeni i službeno ovjereni zahtjev – podložno naplati, dolaze u nepraktičnom formatu i točkasti, ne nude se rasterski dnevni podaci, niti projekcije.)

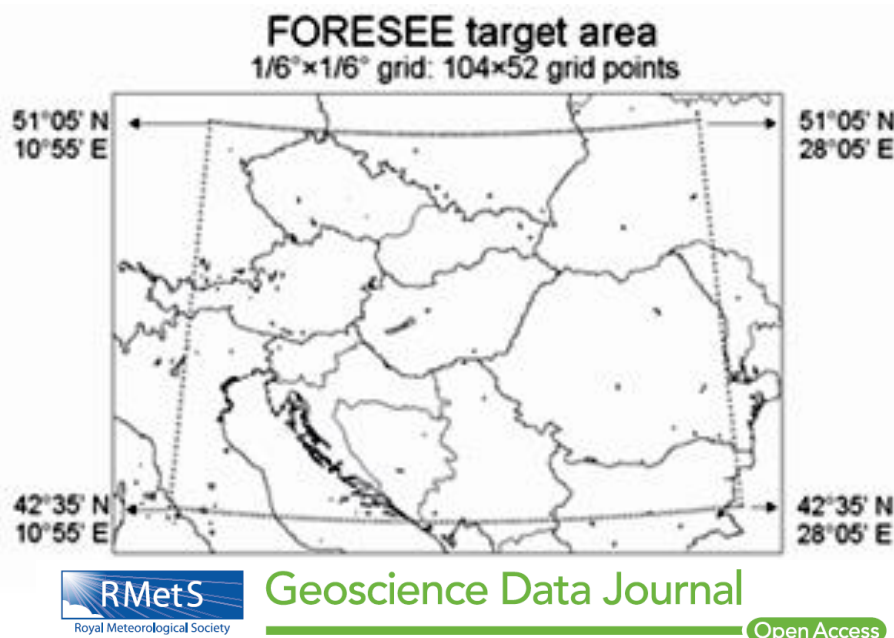
Moguća rješenja:

- Projekcije koje će se izraditi u okviru projekta *Prilagodba klimatskim promjenama*. (Nepoznanica: rezolucija, dostupnost, prava korištenja)
- Postojeća FORESEE baza meteoroloških podataka i projekcija

FORESEE baza meteoroloških podataka i projekcija

(Open Database FOR ClimatE Change-Related Impact Sudies in CEntal Europe)

http://nimbus.elte.hu/FORESEE/map_query/index.html



**Bridging the gap between climate models and impact studies:
the FORESEE Database**

L. Dobor¹, Z. Barcza^{1,2*}, T. Hlásny^{3,4}, Á. Havasi⁵, F. Horváth², P. Ittész² and J. Bartholy¹

¹Department of Meteorology, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

²Institute of Ecology and Botany, Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót, Hungary

³National Forest Centre – Forest Research Institute, Zvolen, Slovakia

⁴Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

⁵Department of Applied Analysis and Computational Mathematics, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

*Correspondence: Z. Barcza, H-1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Hungary, E-mail: zoltan.barcza@ttk.elte.hu

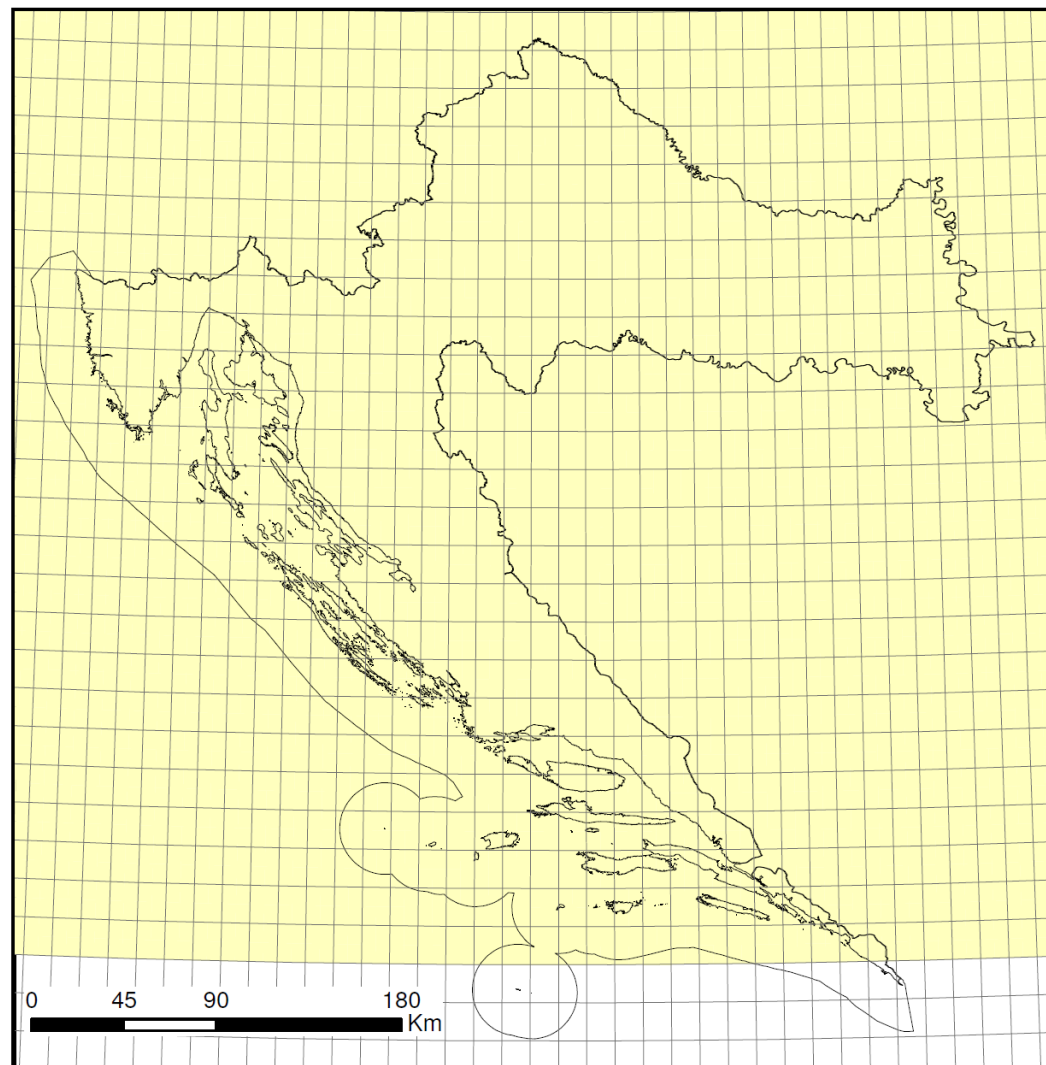
This article was funded by The Hungarian Scientific Research Fund.

Studies on climate change impacts are essential for identifying vulnerabilities and developing adaptation options. However, such studies depend crucially on the availability of reliable climate data. In this study, we introduce the climatological database called FORESEE (Open Database for Climate Change Related Impact Studies in Central Europe), which was developed to support the research of and adaptation to climate change in Central and Eastern Europe: the region where knowledge of possible climate

- **Meteorološka baza podataka** otvorenog tipa za središnju Europu.
- Dnevne min./maks. temp. & oborine.
- 1/6 × 1/6 stupnja, 104 × 52 točaka.
- Interpolirane vrijednosti na temelju opažanja za 1951-2014 (EOBS uz korekciju pristranosti).
- 2015 – 2100. g. projekcije uz korigiranu pristranost za 10 regionalnih klimatskih modela temeljene na A1B emisijskom scenariju (IPCC 2000, FP6 ENESEMBLES).

FORESEE baza – pokrivenost Hrvatske i ostala ograničenja

- Hrvatska nije u potpunosti pokrivena (krajnji jug).
- Relativno gruba rezolucija ($1/6^\circ \times 1/6^\circ \approx 13 \text{ km} \times 18 \text{ km}$).
- Neophodno je rafinirati prostornu rezoluciju ukoliko se želi modelirati na razini šumskih sastojina.



Preračunavnje (*resampling*) podataka FORESEE baze

- Preračunato na 500 m rezoluciju uz uporabu digitalnog modela površine (<http://srtm.csi.cgiar.org>)
- Sukladno metodologiji objavljenoj u Kern *et al.* 2016

The screenshot shows the article page on the MDPI Remote Sensing website. The article title is "Evaluation of the Quality of NDVI3g Dataset against Collection 6 MODIS NDVI in Central Europe between 2000 and 2013". The authors are Anikó Kern, Hrvoje Marjanović, and Zoltán Barcza. The article is published in Remote Sens. 2016, 8(11), 955. The page includes a search bar, navigation links, and a sidebar with article versions and related information.

Ukratko:

$$T_{500m} = T_{FORESEE} + (h_{FORESEE} - h_{500m}) \times 0.0065$$

$$P_{500m} = P_{FORESEE} + [1 + (h_{500m} - h_{FORESEE}) / h_{FORESEE} + r]$$

$$r = a_{5x5} / b_{5x5}, \text{ ako je } |b_{5x5}| > 0.001$$

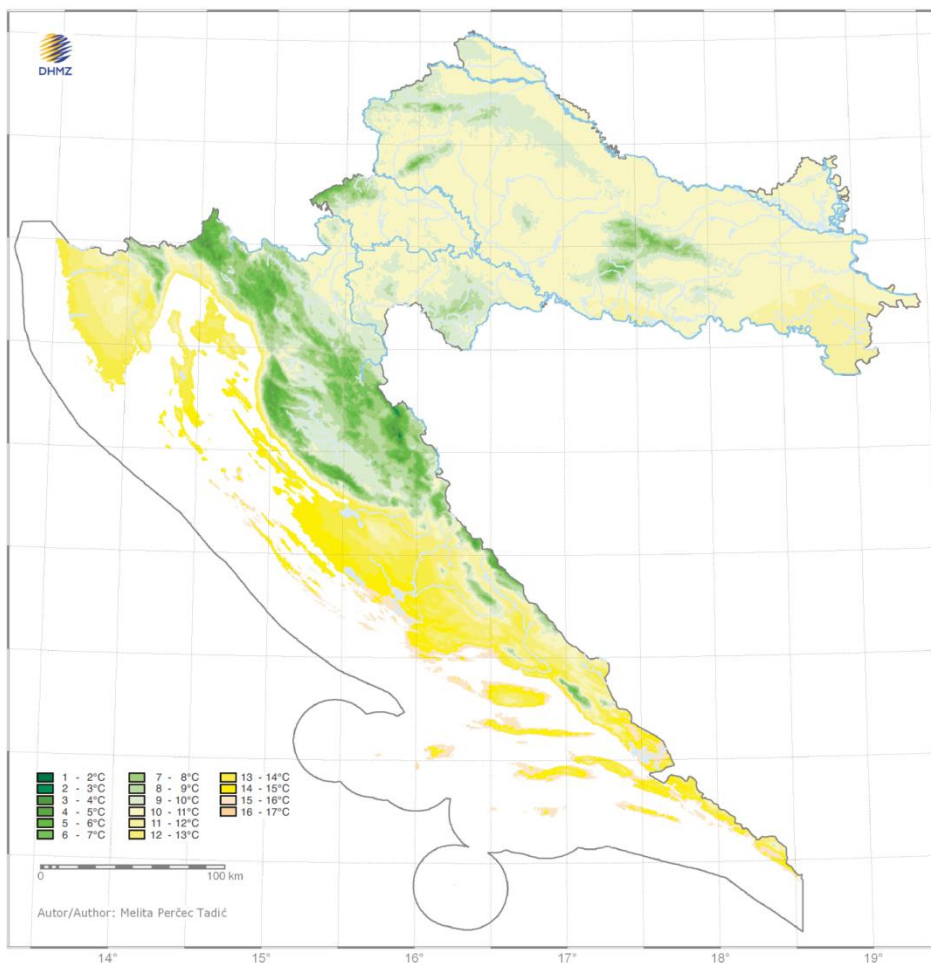
$$r = a_{\text{cijela domena}} / b_{\text{cijela domena}}, \text{ ako je } |b_{5x5}| \leq 0.001$$

$$P_{FORESEE} = b_{5x5} \times h_{FORESEE} + a_{5x5}$$

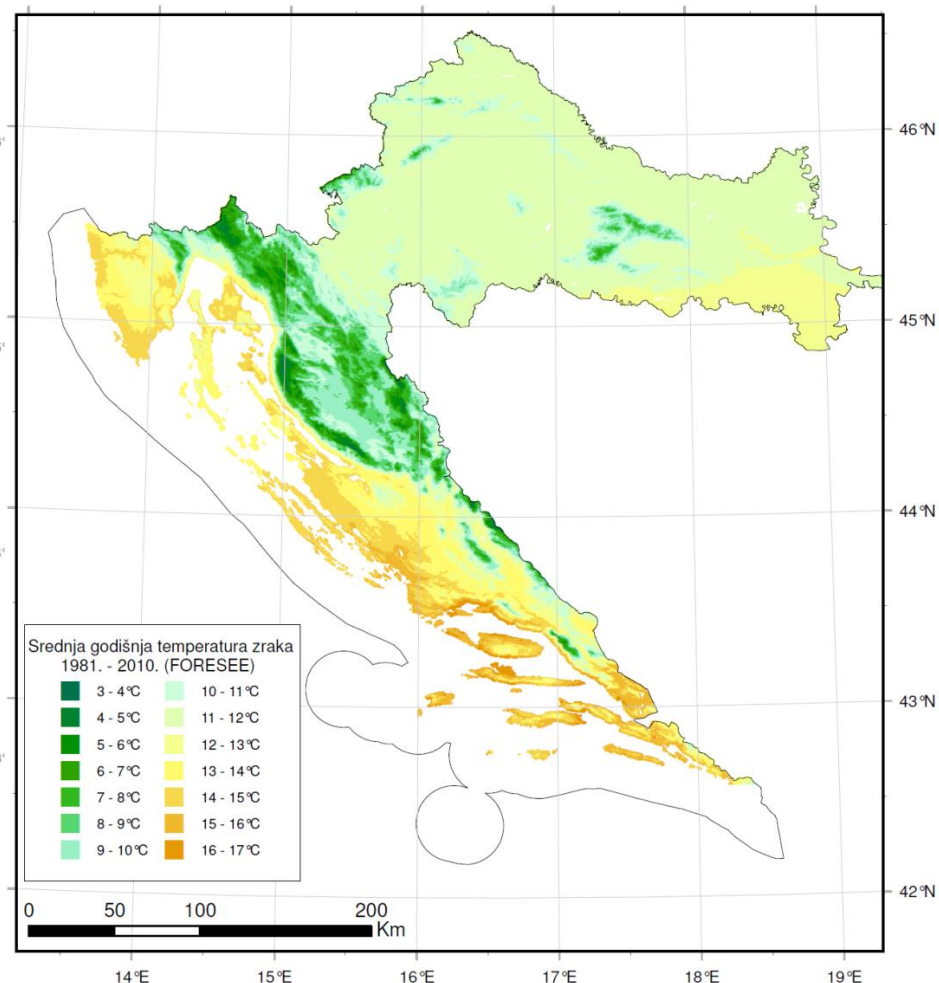
Usporedba FORESEE (500m) i DHMZ-a

Srednja godišnja temperatura

DHMZ (Klimatski atlas Hrvatske)



FORESEE (500 m)



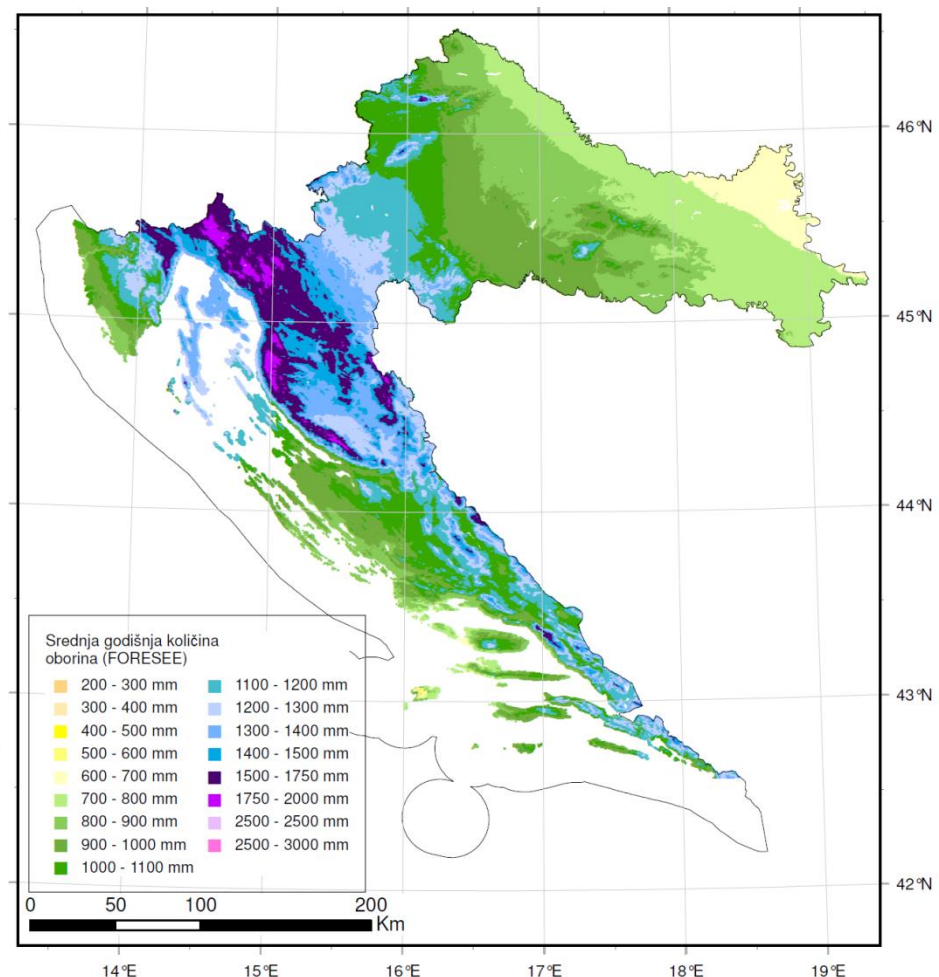
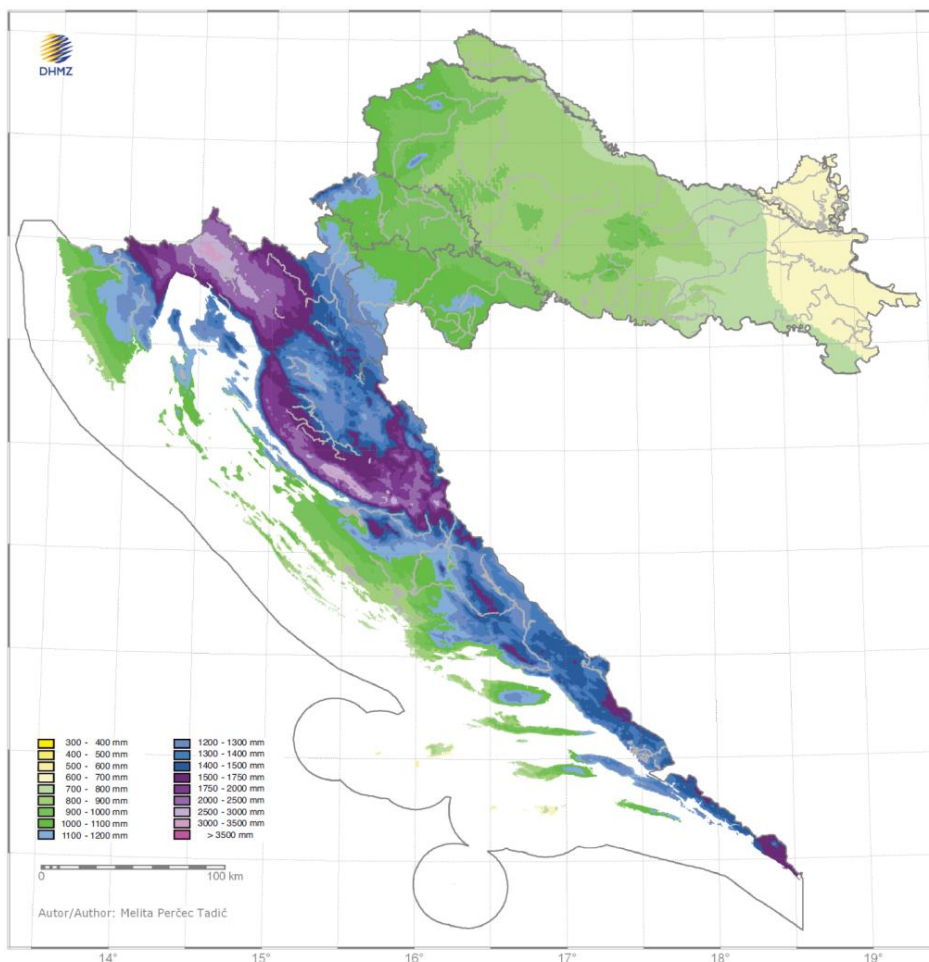
Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al, 2008: Klimatski atlas Hrvatske 1961–1990., 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str. (str. 34)

Usporedba FORESEE (500m) i DHMZ-a

Srednja godišnja količina oborina

DHMZ (Klimatski atlas Hrvatske)

FORESEE (500 m)



Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al, 2008: Klimatski atlas Hrvatske 1961–1990., 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str. (str. 52)

Dakle:



Procesni model s parametrima.



Pogonske varijable u visokoj prostornoj i vremenskoj rezoluciji.

Spremni smo za modeliranje?

Još ne ...

Koji šumski ekosustav ćemo modelirati?

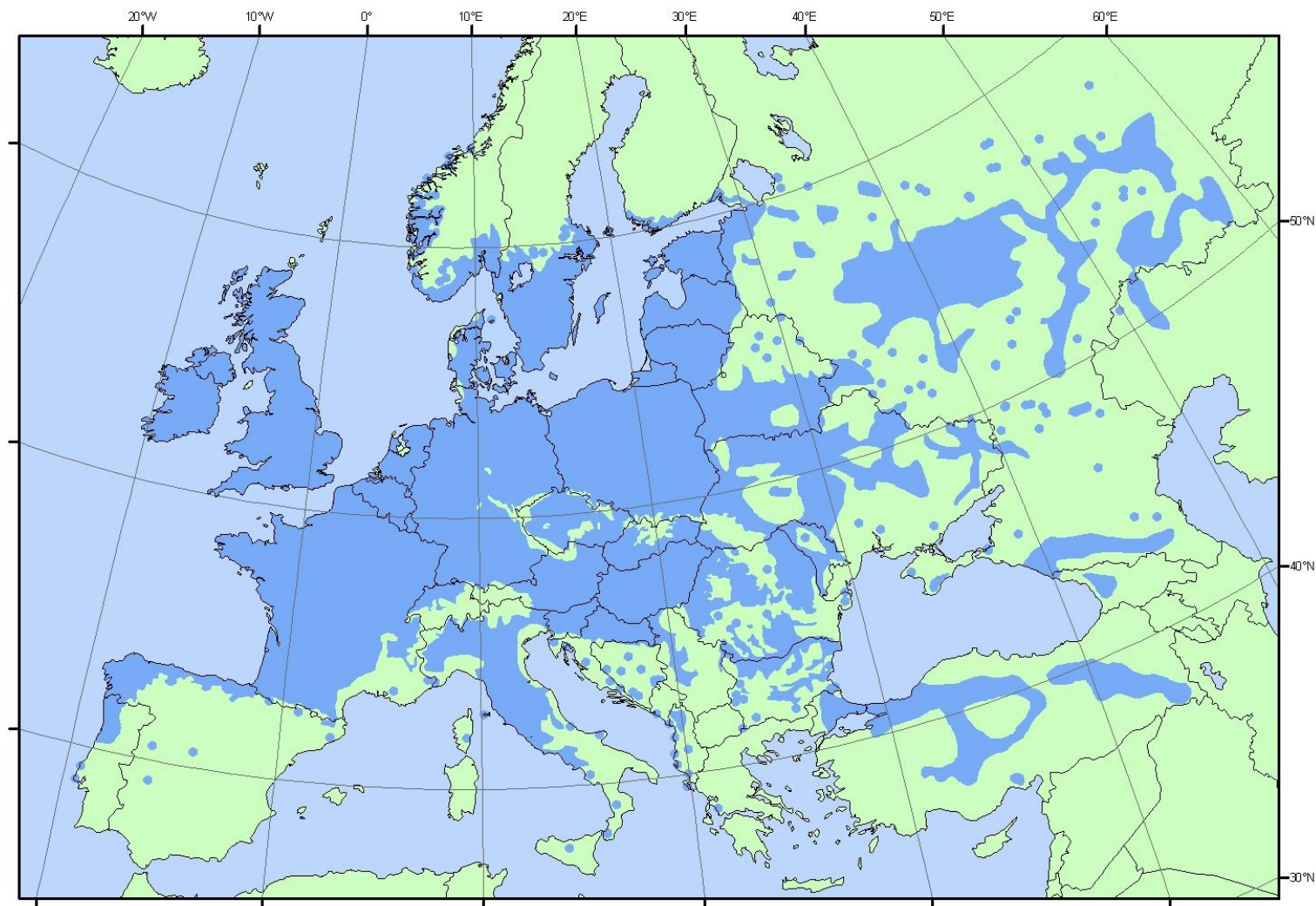


Zašto ne šume hrasta lužnjaka?

Prije nego počnemo modelirati odabrani ekosustav vrijedi se osvrnuti na neka temeljna pitanja:

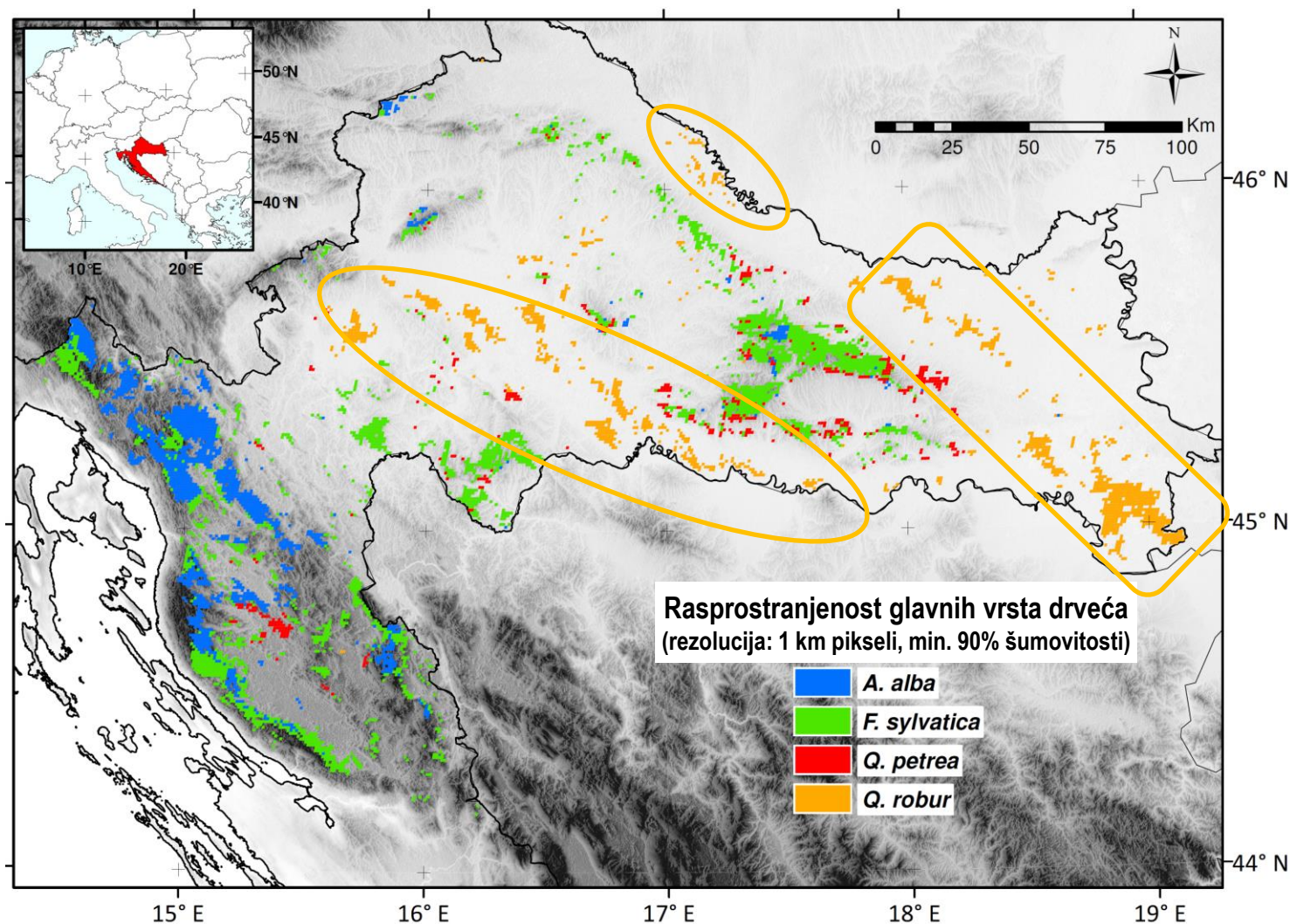
- Gdje rastu šume lužnjaka u Hrvatskoj i Europi?
- Kakva je klima područja gdje rastu šuma hrasta lužnjaka?
- Kakve rezultate modeliranja produktivnosti možemo očekivati s obzirom na postojeća znanja?

Područje rasprostranjenosti hrasta lužnjaka (*Q. robur*) u Europi



Izvor: EUFORGEN 2004, www.eurforgen.org

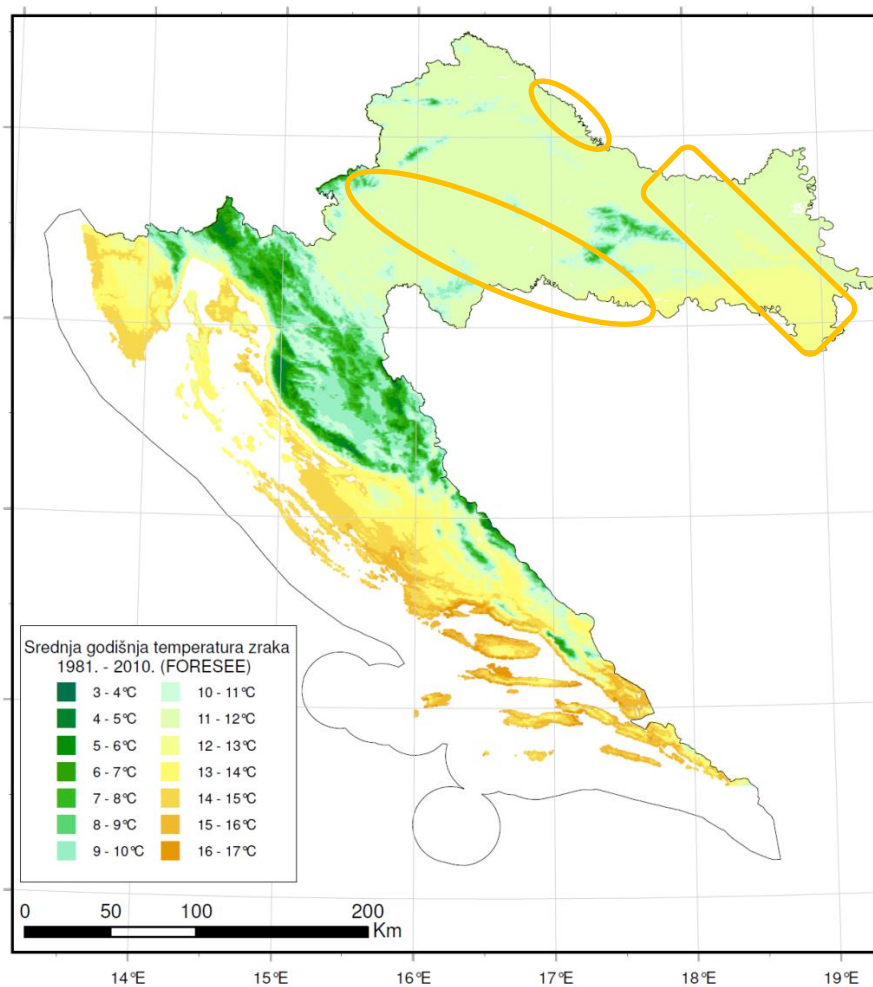
Područje rasprostranjenosti hrasta lužnjaka (*Q. robur*) u Hrvatskoj



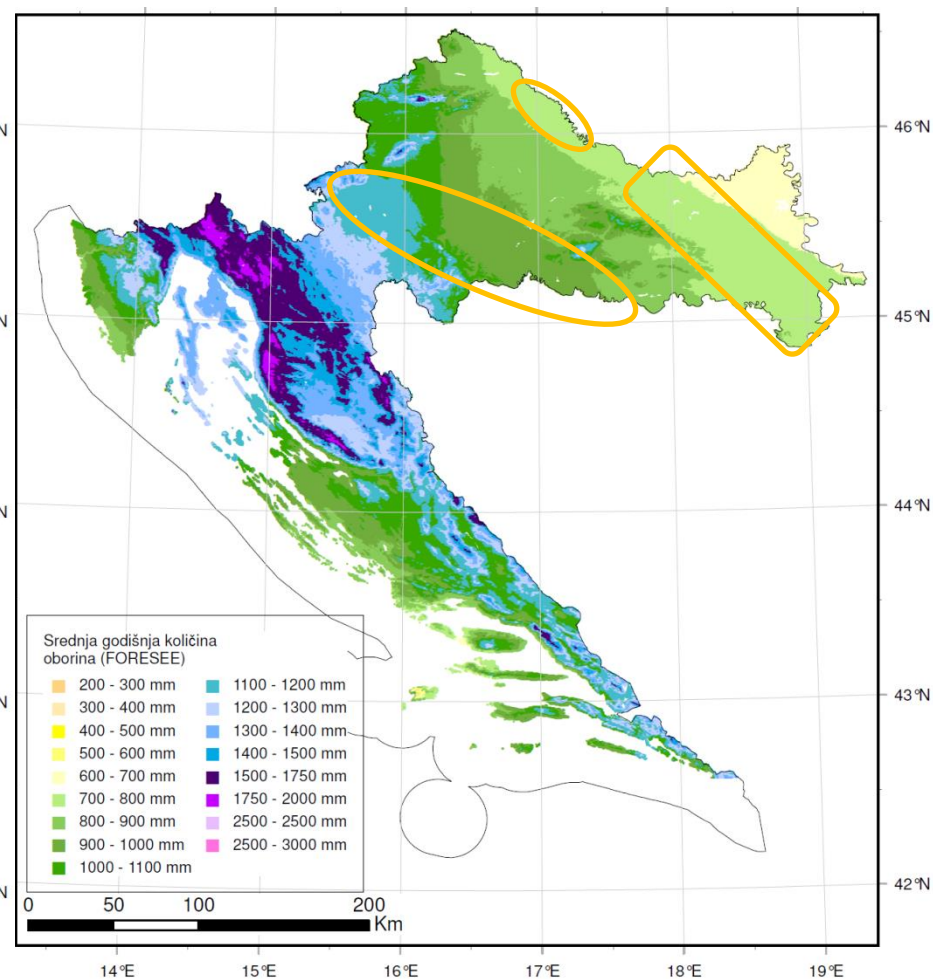
Izvor: Hrvatske šume d.o.o.

FORESEE (500m) srednjaci i areal hrasta lužnjaka u Hrvatskoj

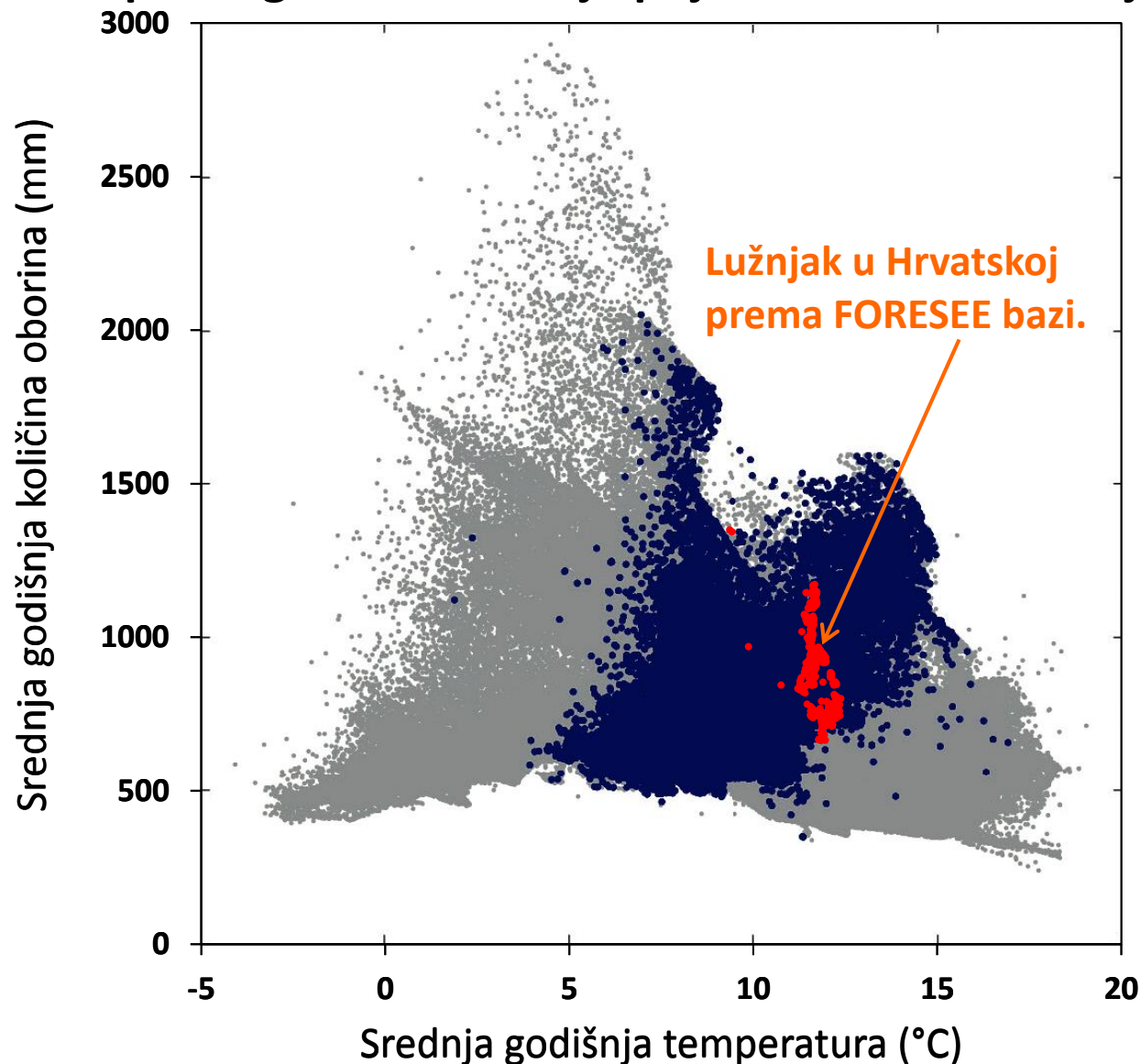
FORESEE (500 m) – srednja temperatura



FORESEE (500 m) – srednja količina oborina



Termo-pluviogram za lokacije pojavnosti hrasta lužnjaka



Eaton, E., Caudullo, G., Oliveira, S., de Rigo, D., 2016. *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01c6dfcal

OK ... znači sada možemo započeti s modeliranjem?

Da, mogli bi, ali ipak još nećemo ...

Naime, ostalo je najvažnije pitanje na koje treba odgovoriti prije modeliranja:

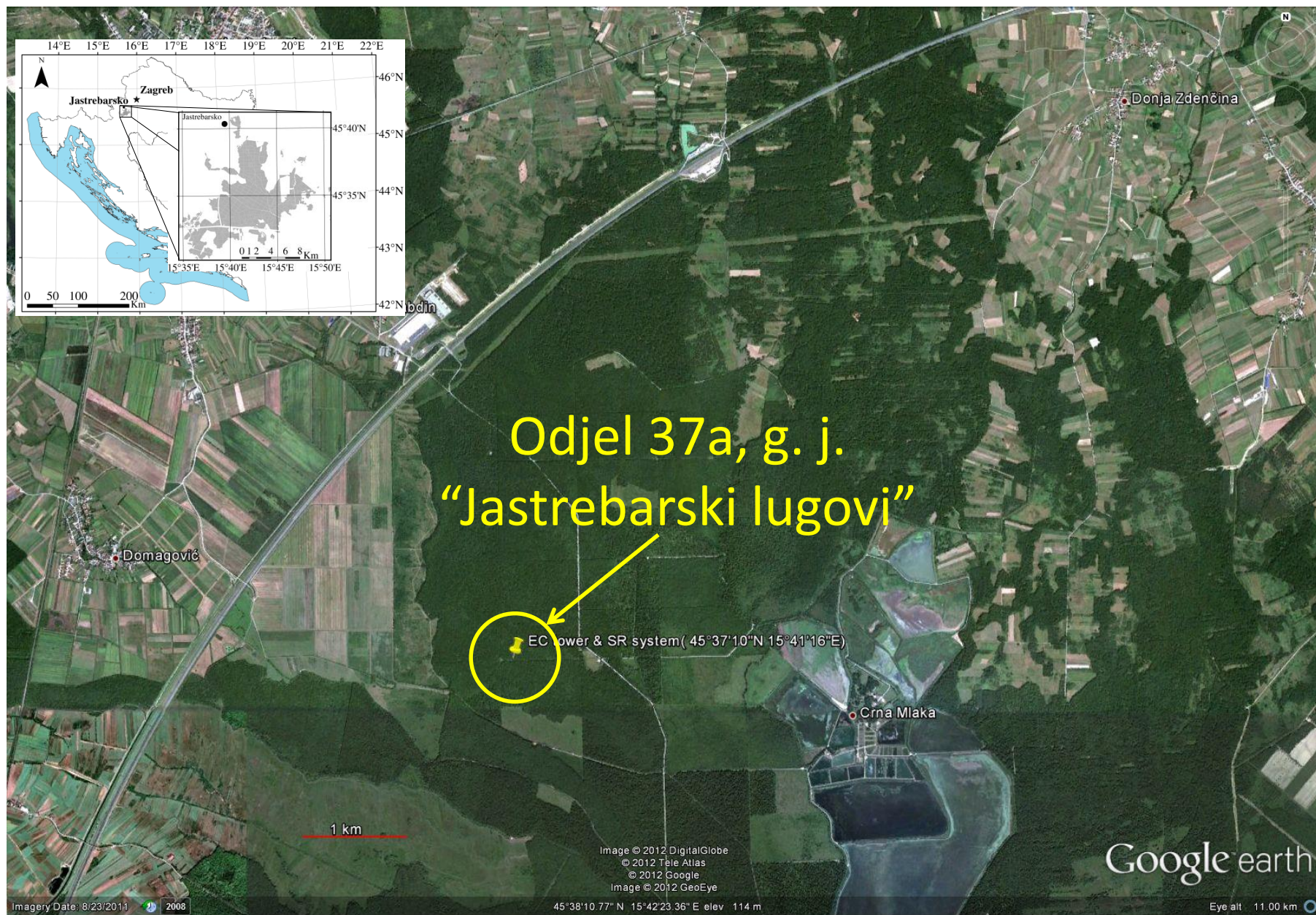
Hoćemo li se moći pouzdati (i u kojoj mjeri) u dobivene rezultate!?

Drugim riječima: **Kako i s čime validirati rezultate našeg modeliranja?**

Validacija rezultata modeliranja

- Rezultati procesnih modela su dnevni tokovi i zalihe energije i materije.
- Isključivo takva mjerenja (tokova i zaliha) mogu koristiti u istinskoj validaciji.
- Osigurati podatke za validaciju je zahtjevno.
- Jedina metoda koja to omogućuje kvalitetne rezultate tokova za validaciju (na razini šumske sastojine) jest metoda kovarijance turbulentnih vrtloženja (engl. *Eddy Covariance*).
- Uz to, potreban je cijeli niz dodatnih terenskih izmjera (produkcija listinca, drvne biomase, korijena, respiracija tla, brzina dekompozicije mrtve organske tvari, razina podzemne vode, ...)

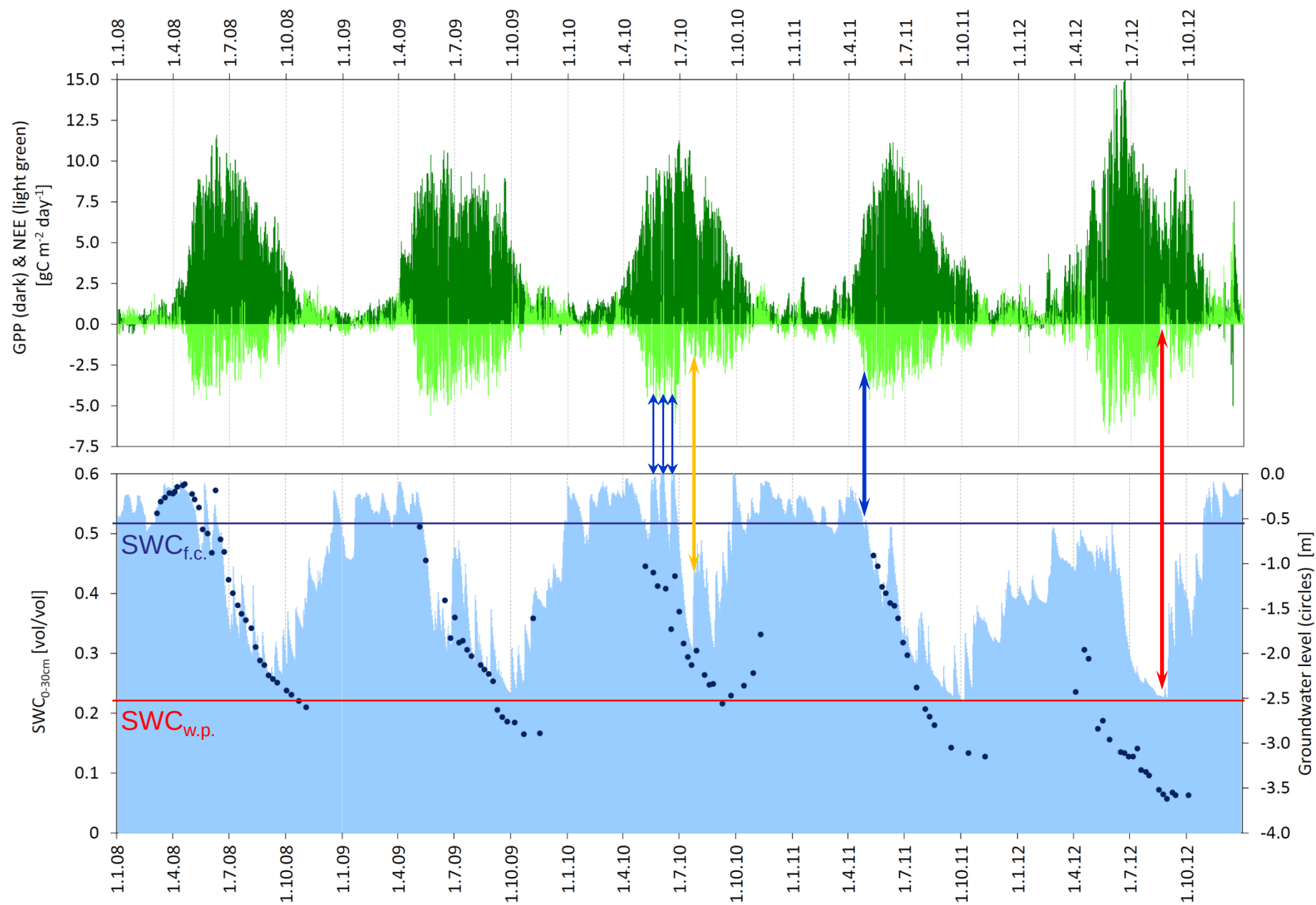
Takva mjerenja u Hrvatskoj postoji samo na jednom mjestu:



Mjerna stanica za praćenje tokova ugljika HŠI-a

U pogonu od 2007. g. - ...





Rekapitulacija:

- ✓ Procesni model s parametrima.
- ✓ Pogonske varijable u visokoj prostornoj i vremenskoj rezoluciji.
- ✓ Područje (ekosustav) koji se modelirati određeno.
- ✓ Rezultati mjerenja kojima se validiraju rezultati modela.

Dakle, sada se konačno može početi modelirati?

Da ...

... ali o tome će više dr. sc. Ostrogović Sever.

Zaključci prvog dijela izlaganja

Da bi modeliranje u svrhu prilagodbe klimatskim promjenama bilo svrhovito trebalo bi:

- Poznavati procese koji rukovode ponašanje promatranog ekosustava.
- Osigurati podatke neophodne za modeliranje.
- Izraditi različite simulacije utjecaja klimatskih promjena i kritički ih evaluirati.
- Podržati izgrađivanje i unaprjeđivanje institucionalnih kapaciteta Republike Hrvatske.
- Osigurati kontinuiranu suradnju donositelja političkih odluka, znanosti i privrede.



Hvala!