

UNIVERZITET U NOVOM SADU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Milena Jančić, dipl. ing. master

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA BILJNU PROIZVODNJU

-Doktorska disertacija-

Novi Sad, 2015.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Ključna dokumentacijska informacija

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Doktorska disertacija

Autor:

AU

Milena Jančić, dipl. ing. master

Mentor:

MN

Dr Branislava Lalić, vanredni profesor,
Poljoprivredni fakultet Novi Sad

Naslov rada:

NR

Uticaj klimatskih promena na biljnu
proizvodnju

Jezik publikacije:

JP

Srpski

Jezik izvoda:

JI

Srpski/engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

Republika Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

AP Vojvodina

Godina:

GO

2015.

Izdavač:

IZ

Autorski reprint

Mesto i adresa:

Poljoprivredni fakultet,
Trg Dositeja Obradovića 8,
21000 Novi Sad

Fizički opis rada:	8 poglavlja / 189 strana / 141 tabela / 25 grafikona/6 slika / biografija / prilozi
Naučna oblast: NO	Biotehničke nauke
Naučna disciplina: ND	Ratarstvo i agroklimatologija
Predmetna odrednica: PO	Statističko modeliranje
Ključne reči:	Klima, klimatske promene, modeli biljne proizvodnje, prinosi, pšenica, kukuruz, soja, adaptacije
UDK:	
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema

Izvod:
IZ

Kvantifikovanjem uticaja klimatskih promena na biljnu proizvodnju stiče se mogućnost obrazovanja dugoročnih planova u poljoprivrednoj proizvodnji kako bi se održao visok i stabilan prinos ključnih gajenih kultura (pšenice, kukuruz). Najpre su urađene analize klime i agroklimatskih pokazatelja za sadašnje uslove 1971-2000. i očekivane uslove za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta Republike Srbije. Tek nakon analize klime uzima se u obzir poznata činjenica da postoji međusobna interakcija između meteoroloških uslova, zemljišta i biljke. Na ovoj interakciji zasnivaju se modeli biljne proizvodnje i upotrebljavaju se u cilju kvantifikovanja uticaja klimatskih promena na biljnu proizvodnju tj. na dinamiku vegetacije i prinos.

U radu su korišćeni osmotreni dnevni meteorološki podaci sa jedanaest stanica sakupljenih u Republičkom Hidrometeorološkom Zavodu Srbije. Za buduće stanje klime korišćeni su izlazni podaci globalnih klimatskih modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i njihovom statističkom regionalizacijom Met & Roll vremenskim generatorom dobijeni su podaci o budućem stanju klime na području jedanaest izabranih lokaliteta. Podaci o zemljištu (mehaničke i hemijske osobine) preuzeti su od Agencije za zaštitu životne sredine iz Beograda. Ulazni podaci o biljnoj vrsti i njenoj agrotehnologiji, neophodni u radu sa modelom biljne proizvodnje (kalibraciji i validaciji), obezbeđeni su sa višegodišnjih oglada zasnovanih na oglednim poljima Rimskih Šančeva Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Kao metod korišćeni su modeli za određivanje agroklimatskih parametara *Agriclim* i model biljne proizvodnje *DSSAT* v. 4.2.

Analizom buduće klime, temperature vazduha i padavina, utvrđeno je da se može očekivati porast temperature vazduha na godišnjem nivou i tokom svih delova vegetacionog perioda, a količina padavina se očekuje da bude viša tokom zimskog perioda, dok u prolećnom periodu (mart – april - maj) nešto niža do 10 mm, a tokom letnjih meseci jun-jul-avgust značajno niža. Analizom rezultata DSSAT 4.2 modela biljne proizvodnje, utvrđeno je da u očekivanim klimatskim uslovima 2030. i 2050. godine pri koncentraciji CO₂ od 330 ppm prinos zrna ozime pšenice ostaje nepromenjen u većini lokaliteta izuzev Kruševcu, Somboru i Vranju gde prinos opada do 12% u 2030. i do 11% u 2050. godini. Uzrok visokih i stabilnih prinosa su povećane količine padavina i povećanje temperature vazduha u zimskom periodu, manji broj mraznih i ledenih dana. Jedan od najvažnijih faktora stabilnosti prinosa je i dovoljna količina rezerve vlage u zemljištu za prolećni period i količina padavina za prolećni period, koji je u literaturi određen kao kritični period potrebe pšenice za vodom. U budućim uslovima analizom rezultata broja dana potrebnih od setve do cvetanja i od setve do zrelosti, ustanovljeno je da se očekuje manji broj dana, tj. da će fenofaze kraće trajati do cvetanja i zrelosti što je posledica očekivanih viših temperatura vazduha i suma efektivnih temperatura. U uslovima 2030. i 2050. godine i očekivane koncentracije CO₂ po IPCC izveštaju iz 2007. godine, uticaj povišene koncentracije CO₂ na prinos zrna pšenice je pozitivan. Prinosi kod većine lokaliteta ostaju nepromenjeni dok je mali pad prinosa zrna bio primećen na lokalitetima Kruševac i Sombor, gde neznatno opada do 7% u 2030. godini i 2050. godini. U Somboru se očekuje nepromenjena količina padavina za mart – april - maj period i mnogo manja količina padavina u periodu jun – jul - avgust, a u Kruševcu nešto manja količina padavina u periodu mart – april – maj i do 40% manja količina u periodu jun – jul - avgust u 2050. godini.

Analizom rezultata prinosa zrna kukuruza za 2030. i 2050. godinu pri koncentracije CO₂ od 330 ppm dobijen je veoma značajan pad prinosa i u uslovima bez navodnjavanja i u uslovima navodnjavanja normom od 180 mm za sve lokalitete. U 2030. i 2050. godini u uslovima povišene koncentracije CO₂ uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna kukuruza simulacijama ocenjen je kao negativan, jer je dobijeni prinos zrna kukuruza bio još niži nego pri koncentraciji CO₂ od 330 ppm.

Veoma značajan pad prinosa posledica je viših temperatura vazduha u JJA periodu, povećanja fiziološkog stresa kod biljaka usled povećanja broja letnjih i tropskih dana, značajno smanjenje količine padavina, posebno u periodu jun – jul – avgust i povećanje broja sušnih dana tokom istog perioda. Analizom dužine trajanja vegetativne sezone za oba režima uzgajanja kukuruza moglo se zapaziti da se u budućim uslovima očekuje skraćanje perioda vegetacije zbog viših temperatura vazduha i sume temperatura. Analizom rezultata simulacije prinosa zrna soje za 2030. i 2050. godinu pri koncentraciji CO₂ od 330 ppm, očekuje se nepromenjen prinos zrna u lokalitetima Čuprija, Niš, Vranje i Prizren, ili neznatno viši do 9 % u lokalitetima Kraljevo, Kruševac, Novi Sad, Sombor i Zaječar. Samo u istočnom lokalitetu Dimitrovgrad i centralnom Požega se očekuje značajno viši prinos do 14% u 2030. godini i do 23% u 2050. godini. U 2030. i 2050. godini pri povišenoj koncentracije CO₂ po IPCC izveštaju iz 2007. godine očekuje se veoma značajno viši prinos u svim lokalitetima, a posebno je naglašeno u lokalitetima Dimitrovgrad i Požega gde su dobijene najniže srednje temperature vazduha za AMJ i JJA period, najmanji broj letnjih i tropskih dana. Nakon dobijenih rezultata prinosa zrna za izabrane biljne kulture, rezultati prinosa zrna kukuruza ukazivali su na potrebu definisanja i uvođenja mera adaptacija u dosadašnju agrotehnologiju. DSSAT model biljne proizvodnje je izabran u istraživanju i kvantifikovanju mera adaptacija, jer se potrebe i fiziološke reakcije biljke u simulacijama mogu pratiti na dnevnom nivou (Wang *et al.*, 2011). Kao mere adaptacije analizirane su adaptacija roka setve i navodnjavanje. Adaptacija roka setve urađena je za kukuruz u uslovima bez navodnjavanja, da bi se ocenio isključivo uticaj primene ranijeg roka setve na prinos, a ne i navodnjavanje. Na osnovu analize

rezultata relativne promene prinosa za sve lokalitete, pokazalo se da se u uslovima ranijeg roka setve očekuju viši prinosi nego u uslovima uobičajenog datuma setve. Međutim, u svim lokalitetima i dalje se očekuje veoma značajan pad prinosa, izuzev u Dimitrovgradu, Vranju i Prizrenu, gde se očekuje značajan porast u odnosu na prinose perioda 1971-2000. godina.

Na osnovu analize rezultata simuliranih prinosa za ozimu pšenicu, kukuruz i soju, konstatovano je da se pšenica može proizvoditi u uslovima bez navodnjavanja, a prolećni usevi kukuruz i soja bi morali da se navodnjavaju zbog očekivanog velikog smanjenja količine padavina u letnjem periodu. Da bi se procenila adekvatna norma navodnjavanja u proizvodnji kukuruza u simulacijama u DSSAT modelu biljne proizvodnje izabrana je opcija 50 % dostupne vode biljci. Simulacije proizvodnje kukuruza u uslovima 50% dostupne vode biljci dale su pozitivne rezultate prinosa. Prinosi su bili nepromenjeni u lokalitetima Čuprija, Kruševac, Kraljevo, Niš, Novi Sad, Sombor, Vranje, Zaječar u 2030. godini i 2050. godini izuzev u Kraljevu gde je prinos bio niži do 17% u 2050. godini. U lokalitetima Dimitrovgrad, Požega i Prizren prinos je bio viši oko 9% u 2030. godini i nepromenjen u 2050. godini. Uvećanje norme navodnjavanja je bilo veoma značajno na većini lokaliteta od 20% do 30% sa maksimumom u Požegi do 45% u 2030. i 84% u 2050. godini. Lokalitet Požega imao je zemljište tipa ilovasti fluvisol i izmeren visok procenat peska, iznad 50% u svom mehaničkom sastavu, što je uslovalo i veću propusnost vode, njeno kraće zadržavanje u profilu zemljišta i potrebu za većom količinom vode u navodnjavanju. Simulacije prinosa soje odmah su urađene u uslovima navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci, jer je opcija u uslovima bez navodnjavanja davala jako niske prinose, a opcija 50% dostupne vode je davala takve norme navodnjavanja koje su bile slične u našim uslovima na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Pri takvoj opciji navodnjavanja u svim lokalitetima norma navodnjavanja je u budućim uslovima veoma značajno rasla od 10 do 40% u 2030. godini i od 13 do 110% u 2050. godini, a rezultati relativne promene prinosa ukazivali su na veoma značajno povećanje prinosa u budućim uslovima.

Datum prihvatanja teme
od strane NN veća:
DP

19.05.2011.

Datum odbrane:
DO

Članovi komisije:
KO

Dr Branislava Lalić, vanredni profesor,
NO Meteorologija, Fizika i Biofizika
Poljoprivredni fakultet Novi Sad, mentor

Dr Ljiljana Nešić, redovni profesor,
NO Pedologija i Agrohemija,
Poljoprivredni fakultet Novi Sad, član

Dr Borivoj Pejić, vanredni profesor ,
NO Ratarstvo i povrtarstvo,
Poljoprivredni fakultet Novi Sad, član

Dr Miloš Vidić, viši naučni savetnik,
NO Oplemenjivanje biljaka – fitopatologija
Institut za ratarstvo i povrtarstvo
Novi Sad, član

Dr Ana Vuković, docent,
NO Meteorologija
Poljoprivredni fakultet Beograd, član

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF AGRICULTURE

Key word documentation

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph documentation

Type of record:

TR

Textual printed material

Contents code:

CC

PhD thesis

Author:

AU

Milena Jančić, Master

Mentor:

MN

Branislava Lalić, PhD, associate professor
Faculty of Agriculture Novi Sad

Title:

TI

Climate change impact on crop production

Language of text:

LT

Serbian

Language of abstract:

LA

Serbian/English

Country of publication:

CP

Republic of Serbia

Locality of publication:

LP

Province of Vojvodina

Publication year:

PY

2015

Publisher:

PU

Author's reprint

Publication place:

PP

Faculty of Agriculture,
Sq. Dositej Obradović 8, 21000 Novi Sad

Physical description: PD	8 chapters/ 189 pages/ 141 tables/ 25 graphs/6 images/ biography/attachments
Scientific field: SC	Biotechnical sciences
Scientific discipline: SD	Field crops, agroclimatology
Subject, Key words: SKW	Climate, climate changes, crop model, yield, winter wheat, maize, soybean, CO ₂ fertilization, adaptation
UDC:	
Holding data:	Library of the Faculty of Agriculture, University of Novi Sad
Note: N	None

Abstract:
AB

DSSAT 4.0 is a crop model commonly used to quantify the climate change impact on agriculture production. The model predictions are very important for long term planning in agriculture to keep high and stable yield production. At the first, the climate was analysed for 1971-2000 period, 2030 and 2050 year. After these analyses the crop model was run. Crop model is based on interaction between climate, soil and plant. Simulations were predicted the yield and dynamic in vegetation for 2030 and 2050 climate conditions. As input parameters were used observed daily weather data from eleven weather stations for 1971-2000 period. For 2030 and 2050, the data were used from global climatology models ECHAM5, HadCM3 and NCAR-PCM for two scenarios A1B and A2. Before crop simulations, the out results from global climatology models had to be regionalised and downscaled with Met & Roll weather generator. The soil input data were assumed from Agency for Environmental Safety from Belgrade. The data were consist of mechanical and chemical characteristics of soil which were chosen near the weather station. The crop input data were collected from the literature and personal communication of Institute of Field and Vegetable Crops and their long term period experiments. A current and future agroclimatic indices were calculated with Agriclim model. As a crop model, DSSAT v. 4.2. was chosen for crop simulations of major field crops: winter wheat, maize and soybean.

The results of climate shown that the air temperature should be higher in all vegetation phases, and precipitation should be higher during winter months, lower for 10 mm in spring and significantly lower in summer months June- July-August.

In 2030 and 2050 year (CO₂=330 ppm) simulations shown that winter wheat yield might be the same as in 1971-2000 period in most locations except in Krusevac, Sombor and Vranje where yield might be lower for 12% in 2030 year and lower for 11% in 2050 year. It is a consequence of expected higher precipitation and higher air temperatures during winter period, less frosty and frozen days, higher precipitation during spring, which is a critical period for winter wheat production. It was analysed the dinamyc in vegetation in future

conditions. The results showed the shorter vegetation, less number of days from seeding to anthesis and seeding to maturity. These changes in vegetation duration were caused by expected higher air temperatures and higher effective temperatures.

The yield results were also analysed for expected conditions under future CO₂ concentration from IPCC report 2007, and shown that winter wheat yields were not changed for most locations except in Krusevac and Sombor in 2030 and 2050 year.

The maize yield results for 2030 and 2050 under CO₂ concentration of 330 ppm shown a significant decrease in yield in non irrigated condition and irrigated conditions with 180 mm water added per vegetation season. Also, the results given under expected CO₂ concentration from IPCC Report 2007, shown great decrease in 2030 and 2050 and lower yield than under CO₂ was set on 330 ppm. The significant decrease in yield was caused by expected higher temperatures in JJA period, higher physiological stress caused by more days with extreme high temperatures (summer and tropical days) and very significant decrease in precipitation during JJA period. The results showed the shorter vegetation, less number of days from seeding to anthesis and seeding to maturity. These changes in vegetation duration were caused by expected higher air temperatures and higher effective temperatures.

The soybean yield analyses for 2030 and 2050 under CO₂ concentration of 330 ppm shown no changes in yield for Cuprija, Nis, Vranje and Prizren, a little higher to 10% in Kraljevo, Krusevac, Novi Sad, Sombor, Zajecar and up to 24% higher in Dimitrovgrad and Pozega. In 2030 and 2050 under future CO₂ concentrations from IPCC Report 2007, it is expected a significantly higher yield in all locations especially for Dimitrovgrad and Pozega, where the air temperatures were lowest in AMJ and JJA period. The results showed the shorter vegetation in soybean production, less number of days from seeding to anthesis and seeding to maturity. These changes in vegetation duration were caused by expected higher air temperatures and higher effective temperatures. After all simulations for winter wheat, maize and soybean, it is concluded that maize production need some adaptation measures for future conditions. As an adaptation measure it were chosen two measures: the shift in sowing date and irrigation quantity. The adaptation in sowing date was set for maize under non irrigated conditions, to analyse only the time of sowing not irrigation. The sowing date was set 15 days earlier, on the 5th of April. The yield results shown less decrease than results given at usual sowing date (20th of April), but in all locations the predicted yield decreased except in DM, VR and PR where the yield shown significant increase in a comparison with 1971-2000 yield. The change in irrigation quantity was more efficient for yield. It was done for maize production and soybean, because winter wheat irrigation was estimated as non economic. The irrigation method was set on 50% available water for plant. The maize yield was stable in Čuprija, Kruševac, Kraljevo, Niš, Novi Sad, Sombor, Vranje, Zaječar in 2030 and 2050 year except in Kraljevo where the yield decreased up to 17% in 2050 year. In Dimitrovgrad, Požega and Prizren the yield was higher for 9% in 2030 year and not chaged in 2050 year. The water requirements had significantly higher values than in 1971-2000 period up to 20-30% in 2030 year with maximum in Požega up t 45% in 2030 year and 84% in 2050 year. The location Požega has soil with a high percent of sand in structure, above 50%, what caused quick water filtration and more water in irrigation. The soybean simulations were done in irrigation option of 50% available water at the begining, because the non irrigated method did not gave the satisfied yield results in crop model. The 50% irrigation method gave adequate yield and water requirements as in experiments on Institute. The water requirements had significantly higher values in 2030 year from 10-40% and from 13% to 110% in 2050 year than in 1971-2000 period.

Key words: climate change, CO₂ fertilization, DSSAT v. 4.2. crop model, effective irrigation, maize yield, soybean yield, vegetation, winter wheat yield.

Accepted by
the Scientific Board on:
ASB
Defended:
DE

May 19th 2011.

Thesis Defended Board:
DB

Branislava Lalić, PhD, associate professor,
Meteorology, Physics and Biophysics,
Faculty of Agriculture Novi Sad,
mentor

Ljiljana Nešić, PhD, full professor,
Pedology and Agrochemistry,
Faculty of Agriculture Novi Sad,
member

Borivoj Pejić, PhD, associate professor,
Field and vegetable crops,
Faculty of Agriculture Novi Sad,
member

Miloš Vidić, PhD, scientific adviser,
Genetics and Plant Protection,
Institute of Field and Vegetable Crops, Novi
Sad,
member

Ana Vuković, PhD, assistant professor,
Meteorology,
Faculty of Agriculture, Belgrade,
member

Skraćenice korišćene u disertaciji:

NS	Novi Sad
SO	Sombor
PO	Požega
KR	Kraljevo
KU	Kruševac
CU	Čuprija
NI	Niš
ZA	Zaječar
DM	Dimitrovgrad
VR	Vranje
PR	Prizren
Tmin	minimalna temperatura
Tmax	maksimalna temperatura
O-M	period oktobar – mart
DJF	period decembar, januar, februar
A-S	period april-septembar
MAM	period mart, april, maj
AMJ	period april, maj, jun
JJA	period jun, jul, avgust
P1V	broj dana sa optimalnom temperaturom potrebnih za završetak faze vernalizacije
P3	dužina trajanja faze nalivanja zrna
P1D	procenat usporenja u brzini razvoja za fotoperiod kraći od 10 sati u odnosu na brzinu razvoja u optimalnim uslovima
G1	broj zrna po jedinici mase biljke u fazi cvetanja
G2	uobičajena masa zrna u optimalnim uslovima
G3	uobičajena, suva masa (ukupna, uključujući zrno) jednog klasa u fazi zrelosti
PHINT	vremenski interval između do pojave prvog pravog lista
P1	suma efektivnih temperatura iznad 8 °C od nicanja do kraja faze „11 - 15 listova“
P2	produženje vegetativnog razvoja za svaki sat više iznad optimuma maksimalno dugog fotoperioda (12,5 časova), pri kome je rast i razvoj maksimalne brzine
P5	suma efektivnih temperatura od svilanja do fiziološke zrelosti
G2	maksimalan broj zrna po biljci;
G3	brzina nalivanja zrna u optimalnim uslovima
CSDL	kritična dužina dana ispod koje razvoj reproduktivnih organa ne zavisi od dužine dana (za biljke kratkog dana)
PPSEN	koeficijent uticaja fotoperioda na razvoj biljke
R1	period između nicanja i pojave prvog cveta
R3	period između pojave prvog cveta i prve mahune
R5	period između prvog cveta i prvog semena
R7	period između prvog semena i fiziološke zrelosti
RR1	period između prvog cveta i kraja formiranja lisne mase
ET	stvarna evapotranspiracija
ET0	referentne evapotranspiracije
DSSAT	Decision Support System crop model

SADRŽAJ

1. UVOD.....	13
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	16
3. PREGLED LITERATURE	17
4. RADNA HIPOTEZA.....	31
5. MATERIJAL I METODE RADA	32
5.1.MATERIJAL.....	32
5.1.1. Geografski položaj i klimatski uslovi Republike Srbije.....	32
5.1.2. Meteorološke stanice – lokaliteti.....	32
5.1.3. Zemljišne karakteristike izabranih lokaliteta	34
5.1.4. Ogledi.....	41
5.1.4.1. Ogled pšenice.....	41
5.1.4.2. Ogled kukuruza.....	42
5.1.4.3. Ogled soje.....	44
5.2. METOD.....	46
5.2.1.AGRICLIM-model za izračunavanje agroklimatskih indeksa.....	46
5.2.2.DSSAT 4.2 - model biljne proizvodnje.....	47
5.2.2.1. CERES – modul za simulaciju rasta i razvoja pšenice i kukuruza.....	49
5.2.2.2. SOYGRO – modul za simulaciju rasta i razvoja soje.....	49
5.3. Kvantifikovanje uticaja koncentracije CO ₂ na izabrane biljne vrste.....	50
5.4. DSSAT 4.2 u funkciji kvantifikovanja mera adaptacija.....	50
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	52
6.1. Klima Srbije za period 1971-2000 i očekivane promene klime za 2030. i 2050. godinu...	52
6.2. Rezultati simulacija DSSAT modela biljne proizvodnje.....	64
6.2.1. PŠENICA.....	64
6.2.1.1. Kalibracija i validacija.....	64
6.2.1.2. Simulacija prinosa zrna i dinamika vegetacije za period 1971-2000.....	66
6.2.1.3. Rezultati relativne promene prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050.godine (CO ₂ = 330 ppm).....	68
6.2.1.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO ₂ na prinos zrna i dinamiku vegetacije.	70
6.2.2. KUKURUZ.....	72
6.2.2.1. Kalibracija i validacija.....	72
6.2.2.2. Simulacija prinosa zrna za period 1971-2000.....	75
6.2.2.3. Rezultati relativne promene prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050. godine (CO ₂ =330 ppm).....	77
6.2.2.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO ₂ na prinos zrna	82
6.2.3. SOJA.....	86
6.2.3.1. Kalibracija i validacija.....	86
6.2.3.2. Simulacija prinosa zrna za period 1971-2000.....	87
6.2.3.3. Rezultati relativne promene prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050. godine	88
6.2.3.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO ₂ na prinos zrna	90
6.3. ADAPTACIONE MERE	91
6.3.1. Datum setve-rokovi	91
6.3.2. Uvođenje kontrolisanog navodnjavanja.....	93
7. DISKUSIJA.....	95
8. ZAKLJUČAK.....	104
LITERATURA	
DODATAK	
BIOGRAFIJA	

1. UVOD

Klima predstavlja skup vremenskih pojava, odnosno atmosferskih procesa, koji daju opis srednjeg fizičkog stanja atmosfere iznad manjeg ili većeg predela zemljine površine. Srednje fizičko stanje atmosfere karakteriše se dugogodišnjim nizom osmatranih vrednosti meteoroloških elemenata i pojava. Podaci se statistički obrađuju u cilju dobijanja srednjih vrednosti meteoroloških elemenata i pojava za dugi niz godina, a analizom podataka utvrđuju se normale, odstupanja, ekstremi i frekvencija pojava (Milosavljević, 1990).

Po navodima Filandera iz 1998. godine (Philander, 1998), krajem 19. veka švedski hemičar Svante August Arrhenius upozorio je svetsku javnost da industrijska aktivnost čoveka prouzrokuje povećanje koncentracije gasova staklene bašte (GHG), što bi moglo imati velikog uticaja na globalnu klimu. U tom trenutku bilo je nemoguće dokazati naučnikovu tvrdnju, usled nedostatka instrumenata kojima bi se izmerila koncentracija gasova. U 20. veku konstatovano je da ne raste značajno samo koncentracija CO₂ već i koncentracija ostalih gasova staklene bašte¹ kao posledica industrijske revolucije (Arrhenius, 1896). Tada je u naučnoj zajednici generalno zasnovano mišljenje o mogućnosti postojanja klimatskih promena (Croll, 1875, Arrhenius, 1896; Revelle i Suess, 1957, WMO, 1986, WMO, 1989, Manabe i Wetherald, 1975, National Res. Council, 1979, Houghton, 1996). Klimatske promene su definisane kao promene statističkih karakteristika klimatskog sistema tokom dužeg niza godina (najmanje 30 godina, bez obzira na uzroke ovih promena (Houghton, 1996). Klimatske promene su neminovna posledica prirodnih i antropogenih promena u klimatskom sistemu. Prirodni uzroci mogu biti promene u orbiti Zemlje, promene u sunčevom sjaju, u sastavu Zemljine atmosfere, u topografiji, odnosu kopno-more, vulkanskoj aktivnosti, unutrašnje promene u sistemu atmosfera-ocean. Od antropogenih uzročnika najznačajnije su ljudske aktivnosti koje povišavaju koncentraciju gasova staklene bašte, promene u koncentraciji ozona i povećana koncentracija aerosola.

Razvoj globalnih klimatskih modela (GCM - Global Climate Change Models) pružio je mogućnost procene klimatskih promena na globalnom nivou (Rosenzweig *et al.*, 1994; Harrison *et al.*, 1995; Wolf *et al.*, 1995; Watson *et al.*, 1996; Downing *et al.*, 2000; Sathaye *et al.*, 1997; Sirotenko *et al.*, 1997). Visoka rezolucija fizičkih procesa u sistemu atmosfera-ocean-zemlja zahteva visoku mrežnu rezoluciju klimatskih modela. Ukoliko ona izostane dobijeni rezultati nemaju dovoljno mali prostorni razmer za ocenu promena klime na regionalnom i lokalnom nivou koji je neophodan za sprovođenje različitih studija osetljivosti. Izlazni rezultati GCM se iz tih razloga regionalizuju statističkim ili dinamičkim tehnikama da bi se definisao i ocenio intenzitet i karakter klimatskih promena na regionalnom nivou (Alexandrov *et al.*, 2002; Lalic *et al.*, 2012; Vučetić, 2011).

U radu su prikazani rezultati globalnih klimatskih modela ECHAM, HadCM i NCAR PCM, regionalizovani Met & Roll vremenskim generatorom. Met & Roll model statističkom tehnikom regionalizacije generiše vrednosti meteoroloških elemenata za izabrane lokalitete na osnovu stvarne klimatologije i rezultata klimatskih simulacija. Rezultati regionalnih klimatskih modela su neophodni u oceni uticaja klimatskih promena na poljoprivrednu proizvodnju. Oni se koriste kao ulazni podaci u agroklimatskim modelima, koji daju projekciju agroklimatskih indeksa za buduće stanje klime. Poređenjem ovako izračunatih indeksa sa njihovim vrednostima dobijenim na osnovu izmerenih vrednosti meteoroloških elemenata (1971-2000) ocenjuju se moguće promene agroklimatskih indeksa, a time i uticaj

¹ Molekuli gasova staklene bašte vrše apsorpciju dugotalasnog zračenja i na taj način utiču na „zarobljavanje” toplotnog dugotalasnog zračenja u nižim slojevima atmosfere. Predstavljeni efekat staklene bašte, u meteorologiji često nazivan i atmosferski efekat, doprinosi porastu globalne temperature

budućeg stanja klime na gajene kulture, njihovu dinamiku vegetacije i konačan prinos. Izlazni rezultati regionalnih klimatskih modela koriste se i kao ulazni podaci za modele biljne proizvodnje (crop model), čiji je zadatak da omogućе ocenu uticaja klime na biološki i ekonomski prinos poljoprivrednih kultura i dinamiku vegetacije. Ovi modeli takođe pružaju mogućnost sagledavanja uticaja različitih metoda navodnjavanja i đubrenja na prinos. Iz tog razloga je u istraživanjima prikazanim u ovom doktoratu korišćen model DSSAT v. 4.2 (Tsuij *et al.*, 1998). Ovaj model koristi kao ulazne meteorološke podatke izmerene vrednosti na dnevnom nivou i iz tog razloga ima izuzetnu prednost u odnosu na ostale modele u oceni uticaja mera adaptacija na poljoprivrednu proizvodnju u očekivanim uslovima, te i rezultati mogu da se sagledaju na dnevnom nivou, kao i za ceo vegetacioni period.

Opravdanost istraživanja

Pšenica, kukuruz i soja su poljoprivredne kulture koje su od strateškog značaja za svaku državu u prehrambenom i ekonomskom smislu. Svaka promena u vremenskim prilikama tokom vegetacione sezone, utiče na promenu u dinamici vegetacije, usvajanje vode i hraniva, a time i kvalitativno i kvantitativno na konačan prinos.

Na osnovu projekcija regionalnih klimatskih modela za buduće stanje klime, mogu da se urade simulacije dinamike vegetacije i prinosa pomoću modela biljne proizvodnje. Rezultati modela biljne proizvodnje pokazuju očekivane promene prinosa. Na osnovu analiza tih promena, agroklimatskih uslova i primenjene agrotehnike, moguće je odrediti odgovarajuće mere adaptacije adekvatne za buduće uslove.

Analiziran je uticaj budućeg stanja klime na prinos pšenice, kukuruza i soje iz literature za zemlje Centralne i Jugoistočne Evrope.

U zemljama Centralne i Jugoistočne Evrope prevlađuje umereno kontinentalna i kontinentalna klima, uz prisustvo planinske na višljim nadmorskim visinama i sredozemne i okeanske klime u priobalnim područjima. Najrasprostranjeniji tip zemljišta centralne i jugoistočne Evrope je eutrično smeđe zemljište, lesivirano zemljište, deo regiona je pod černozeom, a uz slivove reka su fluvijalna zemljišta. Za ove regione Evrope, uočene su i analizirane očekivane promene klime: povećanje minimalne i maksimalne temperature vazduha i smanjenje količine padavina (Vučetić, 2011; CECILIA, 2006). Ovakve očekivane promene klime uticaće i na promene u dinamici vegetacije i prinosu poljoprivrednih kultura. Analiza prinosa i dinamike vegetacije fundamentalnih žitarica (pšenice, kukuruza) i soje urađena je za nekoliko zemalja Centralne i Jugoistočne Evrope da bi se ocenio uticaj očekivane klime na prinos i dinamiku vegetacije na regionalnom nivou i od regionalnog značaja. Simulacije prinosa i dinamike vegetacije pšenice, kukuruza i soje urađene su pomoću DSSAT modela biljne proizvodnje. Analiza rezultata je obuhvatala sledeće zemlje: Austriju, Bugarsku, Češku, Slovačku i Rumuniju. Lokaliteti u Austriji, Bugarskoj, Češkoj i Slovačkoj su imali zemljište tipa černozeo, a Slovačka smeđe-mrko, po mehaničkom sastavu ilovasto-glinovito zemljište. Na lokalitetima su praćeni prinosi pšenice i kukuruza u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ i u uslovima povišene koncentracije CO₂. U uslovima nepromenjene koncentracije CO₂, na lokalitetima Austrije uočeno je smanjenje prinosa ozime pšenice do 20%, na lokalitetima Bugarske prinos je rastao do 20%, u Češkoj je simuliran pad prinosa do 25%, a u Slovačkoj je zabeležen značajan pad. U uslovima povišene koncentracije CO₂ prinos pšenice je u Austriji porastao do 15%, a u Bugarskoj je rastao do 37%. U Češkoj je bio 25% viši nego u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂, i u Slovačkoj je zabeležen manji pad u odnosu na prinos u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂. Prinos kukuruza u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije imao je pad oko 10% u Bugarskoj, u Rumuniji do 24%, a u Češkoj i Slovačkoj je značajno opao. U uslovima pri povišenoj koncentraciji CO₂ u Slovačkoj je simulirani prinos imao nešto manji pad u odnosu na prinos dobijen u uslovima

nepromenjene CO₂ koncentracije, u Bugarskoj je prinos značajno opao, do 37%, a u Češkoj je simuliran prinos bio viši za 25% nego u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije. Simulacije prinosa soja na lokalitetima u Austriji bili su pokazali značajno povećanje prinosa soje posebno u uslovima povišene koncentracije CO₂, a jedino smanjenje prinosa soje može da se očekuje u uslovima bez navodnjavanja i na lakom zemljištu. Na svim lokalitetima očekuje se povećanje temperature vazduha, smanjenje količine padavina tokom prolećnog i letnjeg dela vegetacije i skraćenje dužine trajanja vegetacione sezone za pšenicu, kukuruz i soju, a time skraćenje faze nalivanja zrna i smanjenje prinosa (CECILIA, 2006).

Nakon analize literaturnih podataka, postavljen je zadatak i cilj doktorske teze da se izvrše istraživanja za 11 lokaliteta Republike Srbije, kako bi se analizirali agroklimatski indeksi koji opisuju sadašnju i buduću klimu, uticaj očekivanih klimatskih promena na prinos i dinamiku vegetacije pšenice, kukuruza i soje. Na osnovu ovih rezultata bilo bi moguće predložiti optimalne mere adaptacije i njihovu pravovremenu primenu.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Ciljevi istraživanja sa naglaskom na rezultate koji se očekuju:

- (a) Prikupljanje i analiza relevantnih podataka za utvrđivanje jasnog okvira za optimalne agroklimatske uslove za gajenje izabranih biljnih vrsta;
- (b) Sagledavanje postojećih i očekivanih promena agroklimatskih uslova kao i efekata ovih promena na biljnu proizvodnju;
- (v) Izračunavanje uticaja klimatskih promena na relativnu promenu prinosa izabranih biljnih vrsta;
- (g) Određivanje agroklimatskog parametra čija promena ima najveći uticaj na prinos
- (d) Sagledanje optimalnih mera adaptacije na klimatske promene.

Ostvarivanje gore navedenih ciljeva pružilo bi dragocene informacije: (1) o uticaju klimatskih promena na raspodelu proizvodnih regiona u Srbiji, (2) o najosetljivijim (najranjivijim) biljnim vrstama i regionima sa stanovišta klimatskih promena i (3) o očekivanoj promeni prinosa i merama kojima bi ove štete mogle da budu umanjene. Takođe, dobijeni rezultati, naročito sa metodološkog stanovišta, bili bi značajna polazna tačka za buduće studije vezane za uticaj klimatskih promena na poljoprivrednu proizvodnju, ali i na pojavu biljnih bolesti i štetočina što je nedovoljno istraženo u našoj zemlji.

3. PREGLED LITERATURE

Još je 1988. godine, osnivanjem Međuvladinog panela za promenu klime (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), od strane Svetske meteorološke organizacije (World Meteorological Organization - WMO) i Programa Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (United Nations Environment Programme - UNEP), potvrđen značaj potencijalnih promena klime. Neminovno je nametnuta potreba, uz dnevno praćenje vrednosti meteoroloških elemenata i pojava, tako i poznavanje projekcije meteoroloških elemenata i pojava, koje bi dale opis budućeg stanja klime, kao i njen uticaj na poljoprivrednu proizvodnju.

Klimatski sistem obuhvata procese koji se dešavaju u atmosferi, hidrosferi, biosferi, površinskom sloju zemljišta i ledenog pokrivača, kao i njihovu međusobnu interakciju. Zbog kompleksnosti obuhvaćenih procesa, za simulaciju klimatskog sistema i njegove evolucije razvijeni su klimatski modeli. Ovakvi modeli su razvijeni iz modela za prognozu vremena i numerički rešavaju prognostičke jednačine klimatskog sistema. Koriste se u svrhe boljeg razumevanja procesa i interakcija komponenti klimatskog sistema, kao i predviđanja njegove evolucije u budućnosti. Za razliku od modela za prognozu, simulacije klimatskih modela su za znatno duže periode zbog čega zahtevaju znatno veće kompjuterske resurse. Prostorna rezolucija numeričkih modela zavisi od raspoloživih kompjuterskih resursa. Povećanjem prostorne rezolucije povećava se i vremenska rezolucija modela, tj. vremenski korak, zbog čega je za duplo veću horizontalnu rezoluciju modela potrebno osam puta više računskog vremena. U zavisnosti od raspoloživosti kompjuterskih resursa i cilja istraživanja koriste se modeli različitih rezolucija i domena.

Osnovni ulazni parametri neophodni za simulacije klimatskim modelima su topografija, tip tla i tip vegetacije, raspodela kopna, mora i ledenog pokrivača, kao i osmotreno stanje klimatskog sistema. Ostali ulazni parametri zavise od cilja istraživanja i arhitekture samog modela.

Svaki model da bi obavljao svoju funkciju, mora da prođe kroz tri faze: Verifikacija, validacija i kalibracija. To su standardne procedure kroz koje model prolazi. Verifikacija je prvi korak u proveru rada modela. Pod njom se podrazumeva ispitivanje tačnosti rešenih jednačina fizičkog dela paketa modela. Ovom prilikom nema poređenja izračunatih vrednosti sa «tačnim» već se samo proveru numerički deo modela. Validacija (potvrda) je drugi korak u kome se proverava da li model verno prikazuje realnost. Ovom metodom izračunate vrednosti se porede sa izmerenim pod približno istim uslovima i neophodno je da te vrednosti budu približno iste. Kalibracija je treći korak i podrazumeva podešavanje parametara modela da bi se što bolje slagale vrednosti simuliranih i izmerenih pojedinih elemenata.

Tek nakon ova tri koraka izvršena je provera modela i ako je testiranje pozitivno, mogu se obaviti dalje simulacije. Za potrebe analize budućeg stanja klime na teritoriji Srbije u radu su korišćeni rezultati simulacija globalnih klimatskih modela široko korišćenih u naučnoj javnosti. Oni se koriste za ocenu interakcije između procesa klimatskog sistema, simulaciju njene evolucije i omogućuje projekciju budućeg stanja klime (Lupo i Kininmonth, 2009). Klimatski modeli se koriste za projekciju budućeg stanja klime uzimajući u obzir različite scenarije rastuće koncentracije CO₂. Središte GCM čini atmosferski klimatski model, koji simulira cirkulaciju atmosfere uključujući mnoge procese koji regulišu transport i razmenu energije i mase u atmosferi. Atmosferski model opšte cirkulacije atmosfere su u okviru klimatskog modela integrisani sa modelom opšte cirkulacije okeana koji čini tzv. okeansku komponentu modela, simulirajući procese u okeanu. U radu su korišćena tri GCM: HadCM3 (Gordon *et al.*, 2000) razvijen u Velikoj Britaniji u Hadli centru za klimatske projekcije i istraživanja (Hadley Centre for Climate Prediction and Research), ECHAM 5 razvijen u Maks Plank Institutu za meteorologiju (Max Plank Institute for Meteorology) (Roeckner *et al.*,

2003) i NCAR-PCM razvijen u Nacionalnom centru za atmosferska istraživanja (The National Center for Atmospheric Research) (Washington *et al.*, 2000). Konstatovano je da zbog složenosti klimatskog sistema, svi klimatski modeli u sebi nose određeni stepen aproksimacije fizičkih procesa, zbog kojih rezultati modela daju i određeni nivo greške ili odstupanja (bias) u odnosu na izmerene uslove (Đurđević, 2010). Uočeno je da klimatski modeli daju pozitivan BIAS, posebno za područje Panonske nizije, gde je lociran severni deo Srbije. Ovaj problem je poznat kao “Summer Drying Problem” u zemljama Jugoistočne Evrope (Hagemann *et al.*, 2004). Ova odstupanja modela uočena su nakon simulacije za sadašnje klimatske uslove perioda 1961-1990. Primećena su odstupanja u osnovnim veličinama i u vrednostima pojedinih izvedenih indeksa. Klimatski model je imao najveće odstupanje srednjih temperatura vazduha za letnje mesece, kada model ima pozitivno odstupanje, u odnosu na osmatranja, odnosno tzv. pozitivni bias. Simulirana temperatura vazduha je bila približno viša za oko 2-3 °C u odnosu na izmerene vrednosti u velikom delu centralne Evrope sa maksimumom u jugoistočnom delu. Simulirane padavine imale su negativno odstupanje u odnosu na izmerene vrednosti, i bile su oko 30-50% niže nego izmerene, tzv. negativan bias. Ukoliko se zanemare odstupanja modela, godišnji ciklus je dobro reprodukovano od strane modela. Nakon statističke korekcije sirovih rezultata modela, uočilo se da je odstupanje modelskih rezultata značajno smanjeno i u slučaju temperature i u slučaju padavina. Statistička korekcija se vrši uz pomoć izmerenih podataka za određeni period. Korekcionni faktori se izvode iz razlike kumulativnih funkcija gustine dva niza podataka, izmerenog i modelskog, tako da posle primene korekcionnih faktora na modelski niz, korigovani i izmereni niz imaju približno iste gustine raspodele. Iste korekcije bi bile primenjene i za simulacije buduće klime čime bi se eliminisalo odstupanje modela i u ovom nizu. Nakon statističke korekcije sirovih rezultata modela vidimo da je odstupanje modelskih rezultata značajno smanjeno i u slučaju temperature i u slučaju padavina (Hagemann *et al.*, 2004).

Klimatski modeli koriste u simulacijama socioekonomske scenarije, koji omogućuju uvid u projekcije o budućim koncentracijama gasova staklene bašte (GHG) i procenu buduće osetljivosti na klimatske promene (Carter *et al.*, 2007). Stvaranje ovakvih scenarija zahteva ocenu očekivane brojnosti populacije, ekonomske aktivnosti, strukture upravljanja, društvenih vrednosti i moguće tehnološke promene. Poseban izveštaj o scenarijima emisija (SRES) je izveštaj Međuvladinog panela o klimatskim promenama (IPCC) koji je objavljen 2000. godine. Scenariji emisija gasova staklene bašte koji su opisani u izveštaju su korišćeni da bi se kreirale projekcije moguće buduće promene klime. SRES scenariji, kako se najčešće nazivaju, su korišćeni u Trećem Izveštaju IPCC (TAR) objavljenom 2001. god. i u Izveštaju IPCC (AR4) objavljenom 2007. godine.

U radu su korišćeni rezultati klimatskih simulacija koje su uključivale dva scenarija: A1B i A2.

A1 grupa scenarija daje opis budućeg sveta u veoma brzom ekonomskom razvoju, brzo uvođenje nove i efikasnije tehnologije. Po ovom scenariju globalna populacija dostiže vrh sredinom XXI veka i nakon toga opada. Glavne i naglašene teme su povezivanje među regionima i izgradnja kapaciteta i rastuće kulturne i socijalne interakcije. U projekciji ovog scenarija očekuje se značajno smanjenje razlika u prihodu stanovnika na regionalnom nivou. A1 scenario se razvija u tri podgrupe koje opisuju moguće pravce tehnoloških promena u korišćenju energetskog sistema. Ove grupe se razlikuju po svom tehnološkom naglasku: na intenzivnu upotrebu fosilnih goriva (A1FI), na upotrebu ne-fosilnih izvora energije (A1T), ili uravnoteženo korišćenje svih izvora (A1B) (gde je ravnoteža definisana tako da se čovečanstvo ne oslanja previše samo na jedan određeni izvor energije, pod pretpostavkom da se slične stope poboljšanja odnose na svo snabdevanje energijom i krajnju upotrebu tehnologije (IPCC, 2007).

A2 grupa scenarija opisuje veoma heterogen svet. Osnovna tema je oslonac na samopouzdanje i očuvanje lokalnog identiteta. Modeli nataliteta širom regiona konvergiraju veoma sporo, što za rezultat ima kontinuiran porast stanovništva. Ekonomski razvoj je primarno regionalno orijentisan, a rast dohotka po glavi stanovnika i tehnološke promene su više fragmentisane i sporije nego kod ostalih grupa scenarija (<http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/>).

Regionalizacija izlaza iz klimatskog modela

Modeli opšte cirkulacije atmosfere (GCMs) su korišćeni za simulacije klime velikih rezolucija, ali nisu bili adekvatni za izračunavanje meteoroloških elemenata (temperature na 2 m, brzine vetra,...) na regionalnom i lokalnom nivou (Grotch i Mac Cracken, 1991; Gates *et al.*, 1996), koje su neophodne za ocenu uticaja klimatskih promena. Regionalni klimatski modeli predstavljaju osnovni alat za skaliranje (eng. downscaling) rezultata globalnih klimatskih modela ili procenu budućih klimatskih promena uslovljenih povećanjem koncentracije gasova staklene bašte u zemljinoj atmosferi (Djurđević, 2010).

U praksi se koriste dve metode skaliranja dinamičko i statističko. Dinamička tehnika podrazumeva simulaciju klime regionalnim dinamičkim klimatskim modelima veće rezolucije, koji početne i granične uslove tokom simulacije uzimaju od globalnih modela, a u radu je korišćena statistička metoda vremenski generator. Postoje tri statističke metode: metode zasnovane na vremenskim “šemama”, vremenski generatori i regresione metode. Svaki od navedenih načina ima svoju metodiku, prednosti i nedostatke.

Regresione metode predstavljaju linearne ili nelinearne veze između parametara i veličina koji opisuju meteorološke elemente na podmrežnim razmerama i odgovarajućih veličina na velikim mrežnim razmerama (Wilby, 2004). Tehnike koje se koriste su višestruke regresije (Murphy, 1999), kanonička korelaciona analiza (iCCA) (von Storch *et al.*, 1993) i veštačke neuronske mreže koje su srodne nelinearnoj regresiji (Crane i Hewiston, 1998). Jedna od najjednostavnijih je tehnika interpolacije koja se zasniva na interpolaciji izlaza iz GCM modela na izabranom elementu mreže. Mogućnost ove tehnike je da ublaži oštre granice između pojedinih područja i razlika u vrednostima pojedinih veličina na ovim granicama. Prednost ovog metoda je što se prevazilazi problem diskontinuiteta izabranih promenljivih u razmeni između susednih tačaka u različitim elementima mreže, relativno je jednostavan za primenu, uključuje mnoge parametre i lako je dostupan. Nedostatak je što se unosi značajna greška u izračunavanju koja je geografske prirode jer ovaj metod ne prepoznaje reljef u modelu, slaba prezentacija ekstremnih pojava i varijanse izmerenih podataka (Wilby, 2004).

Metode zasnovane na vremenskim “šemama” su regresione metode zasnovane na utvrđivanju vremenskih tipova i obrazaca prema sinoptičkoj sličnosti, a u osnovi polaze od veze između ponavljanja određenog tipa vremena (vremenske šeme) i klimatskih karakteristika nekog područja (Wilby, 2004). Kod regionalizacije klimatskih modela, to znači da se na osnovu atmosferske cirkulacije koju na velikim razmerama predviđi globalni klimatski model, donosi zaključak o očekivanim (preovlađujućim) tipovima vremena na nekom manjem području. Na ovaj način se uspostavlja veza između vremena i klime. Prednost ove metode je i mogućnost analize ekstremnih pojava, svestranost primene, mogućnost primene na klimu, kvalitet vazduha, poplave i erozije. Slabost modela je dodatni zahtev za klasifikaciju vremenskih uslova (Wilby, 2004).

Stohastički vremenski generatori (weather generator - WG) se koriste u generisanju sintetičkih vremenskih serija za posmatranu promenljivu koja poseduje istu stohastičku strukturu kao izmerene vremenske serije te promenljive. Oni prave repliku statističkih karakteristika lokalnih klimatskih parametara (kao što su srednja vrednost i varijansa), na osnovu izmerenih veličina (Wilks i Wilbey, 1999). Modeli su zasnovani na prezentaciji pojave

padavina na osnovu Markovljevih procesa. Sekundarni parametri, kao što su broj humidnih dana i sunčevo zračenje mogu da se modeliraju na osnovu padavina. Glavna funkcija modela je: (a) interpolacija unutar postojeće vremenske serije, (b) sinteza vremenskih serija za lokalitete koji su između dva lokaliteta na kojima su merenja obavljena i (c) sinteza vremenskih serija ekstrapolisanih u vremenu (i/ili prostoru) na osnovu rezultata klimatskih modela za posmatrani lokalitet (regionalizacija).

U novije vreme, WG namenjeni za primenu na više lokacija (od kojih za neke ne postoje izmereni podaci) povezani su sa modelima zasnovanim na vremenskim obrascima, kako bi na osnovu očekivanog vremenskog tipa i različitih (prostornih) interpolacionih tehnika obezbeđene kvalitetne vremenske serije za izabrane lokalitete.

Met&Roll je vremenski generator koji ima funkciju da generiše sintetičke vremenske serije, koje su neophodne za simulacije pomoću modela biljne proizvodnje kao što su CERES, DSSAT, ... (Dubrovský, 1997). To je model sa ulaznim podacima o dnevnoj sumi globalnog sunčevog zračenja, sumi padavina, i maksimalnoj i minimalnoj dnevnoj temperaturi. Pojava padavina se Markovljevima lancima modelira prvog reda, količina dnevnih padavina gama distribucijom, a standardne vrednosti zračenja i vrednosti ekstremnih temperatura uz pomoć matrica prvog reda autoregresionim modelom (Wilks, 1992).

Zavisnost varijabilnosti prinosa gajenih biljaka od vremenskih uslova, ogleda se u uticaju na rast i razviće i konačno na visinu prinosa (Chmielewski i Potts, 1995; Mearns *et al.*, 1992). Varijabilnost meteoroloških elemenata direktno utiče na fenologiju, fotosintezu i ostale fiziološke procese u biljci. Indirektni uticaji na biljke manifestuju se preko dostupnosti hranljivih materija, pojave korova, štetočina i bolesti (Southworth *et al.*, 2002). Da bi se ocenio uticaj klimatskih promena na promene agroklimatskih uslova koji su značajni za biljnu proizvodnju, u radu je upotrebljen Agriklim (eng. Agriclim) model (Trnka 2008). Na osnovu izmerenih i generisanih dnevnih vrednosti meteoroloških elemenata, Agriklim nudi vrednosti agroklimatskih parametara za aktuelnu klimu i očekivano buduće stanje klime. Na osnovu analize dobijenih rezultata, moguće je sagledati uticaj očekivanih agroklimatskih uslova na biljnu proizvodnju, tj. njenih potreba za optimalnim uslovima.

Nakon analize uslova sredine, mogu se primeniti različite kvantitativne metode predviđanja prinosa. One se mogu podeliti u nekoliko kategorija, prema relativnom učešću procene, statistike, modeliranja i vrste podataka koji se koriste u procesu. Armstrong (2001) je predstavio 11 metoda, koje se sve mogu grupisati kao: a) procenjujuće koje su zasnovane na „namerama“ zainteresovanih strana ili na mišljenjima i namerama prognozera ili drugih eksperata, b) statističke metode, uključujući univarijantne (ili ekstrapolacione), multivarijantne („statistički modeli“) i teorijski zasnovane metode, kojoj pripada većina agrometeoroloških predviđanja, c) metode koje uključuju ekspertske sisteme (u osnovi varijanta ekstrapolacije sa nekim primesama stručnih mišljenja) i analogije, koje Armstrong razvrstava između stručnih mišljenja i ekstrapolacionih modela.

Pod statističkim modelima se podrazumevaju oni koji pokušavaju da prikažu i kvantifikuju posledične veze između prinosa i faktora životne sredine - uglavnom vremenskih uslova i primenjene tehnologije agrotehnike. Oni u suštini uključuju simulacione modele biljne proizvodnje (takođe poznate kao „procesno orijentisane“ modele) i statističke (regresione) „modele“, koji dovode u vezu prinos useva sa pretpostavljenim uticajnim faktorima. Uticaj klimatskih uslova na prinos i dinamiku vegetacije ratarskih i povrtarskih kultura u poslednje vreme se najčešće određuje korišćenjem dinamičkih, procesno orijentisanih modela biljne proizvodnje (crop model), od kojih su najupotrebljeniji modeli iz familija Wageningen-WOFOST (van Diepen *et al.*, 1989; Supit *et al.*, 1994; Hijmans *et al.*, 1994), Hawai-CERES (Ritchie and Otter, 1985; Hoogenboom *et al.*, 2004), EPIC (Mitchell *et al.*, 1995), CropSyst (Stöckle *et al.*, 1992; Stöckle, 1994), Sirius (Jamieson *et al.*, 1998; APSIM DSS (Asseng *et al.*, 2002), GPFARM DSS (Ascough *et al.*, 2007; McMaster *et al.*,

2003; Shaffer *et al.*, 2004), Cropping System Model-CSM; software DSSAT (Jones *et al.*, 2003) i drugi.

Na osnovu: meteoroloških podataka, karakteristika zemljišta, genetskih karakteristika i primenjenih agrotehničkih mera, ovi modeli mogu da simuliraju procese dinamike rasta i razvića biljke od trenutka setve do žetve i izračunaju prinos i delove prinosa. Na osnovu analize rezultata modela donose se strateške odluke u planiranju proizvodnje. Takođe, zbog mogućnosti praćenja rasta i razvića na dnevnom nivou, model može da se primeni i u oceni efekata mera adaptacija, selekciji, navodnjavanju i agrotehnici. Smatra se da su procesno orijentisani modeli biljne proizvodnje vrlo precizni i najprilagodljiviji u opisivanju ponašanja useva (fiziologije, razvoja i sl.) kao funkcije spoljašnjih uslova. Modeli biljne proizvodnje, međutim, ponekad nisu pogodni za operativne regionalne prognoze useva iz različitih razloga, a posebno zbog njihove kompleksnosti, čija je česta posledica zahtev za velikim brojem parametara (GAMP, 2010) ili veliki napor koji je potrebno uložiti da bi se postiglo zadovoljavajuće slaganje sa rezultatima iz oglednih eksperimenata (Olesen *et al.*, 2000). Predviđanje prinosa često se izvodi u cilju planiranja i kreiranja buduće politike za obezbeđenje hranom, cena, uvoza i izvoza, što je jako važno u strateškom i ekonomskom smislu.

Pšenica – proizvodnja i značaj

Značaj pšenice i ostalih žitarica, u ekonomskom i privrednom smislu reči, ogleda se u površinama koje zauzimaju u svetu, u ukupnoj proizvodnji zrna i učešću u svetskoj razmeni dobara. Žita imaju glavnu ulogu među ratarskim kulturama i u petogodišnjem periodu 2004-2008. godine zauzimala su ukupnu površinu od blizu 700 miliona ha što čini oko 50 % svetskih obradivih površina. Prosečan prinos svih žitarica u navedenom periodu iznosio je 3,41 t/ha, što daje ukupnu godišnju proizvodnju zrna od 2,4 milijarde tona, čime se obezbeđuje najveći deo potreba ljudske populacije u hrani. Pšenica spada među tri najvažnije vrste žita, po ukupnim površinama koje zauzimaju u svetu sa oko 219 miliona ha, a slede je pirinač (156 miliona ha) i kukuruz (155 miliona ha) (www.faostat.fao.org).

U Srbiji, u periodu 2008-2010. pšenica je gajena na površini od oko 517 hiljada ha, sa prosečnim prinosom od 3,66 t/ha i ukupnom godišnjom proizvodnjom od oko 482 792 tona. Od toga, najveće površine nalaze se u Vojvodini, na oko 266 hiljada ha godišnje (Tab. 1), sa prosečnim prinosom od 4,17 t/ha (Tab. 2). U ostalim regionima Srbije najveće površine su u južnom i istočnom delu (136000 ha), zatim Šumadiji (87000 ha) i na kraju Beogradskom regionu (27000 ha), sa ukupnom proizvodnjom od blizu 1090150 tona godišnje (Tab. 3). Po visini ostvarenih prinosa Srbija se nalazi među boljim proizvođačima u svetskim razmerama (32 mesto od 124 zemlje), međutim, u odnosu na zemlje Evrope (rang 22/38) prinosi pšenice u Srbiji mogu se okarakterisati kao niski. Uzimajući u obzir zavidan geografski položaj i agroekološke uslove (naročito Vojvodine), neminovno se nameće pitanje uzroka niskih prinosa (STAT.YEARB.SERB. 2011).

Tabela 1. Zasejane površine pšenice (hilj. ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	26	244	84	134	-
2009	29	302	95	143	-
2010	26	252	84	131	-
Prosečna vrednost	27	266	87,7	136	-

Tabela 2. Prinos pšenice (t/ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	4,4	4,8	3,8	3,7	-
2009	3,7	4,0	3,5	3,1	-
2010	3,3	3,7	3,0	2,9	-
Prosečna vrednost	3,8	4,2	3,4	3,2	-

Tabela 3. Proizvodnja pšenice (t) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	111455	1174972	318485	490491	-
2009	106655	1191440	327942	441518	-
2010	86837	904037	254733	384939	-
Prosečna vrednost	101649	1090150	300386,7	438982,7	-

U našoj zemlji uočeno je i veliko međugodišnje variranje prinosa pšenice, što ukazuje da su prinosi, a time i proizvodnja, još uvek u velikoj zavisnosti od vremenskih uslova tokom godine (Malešević *i sar.*, 2008; Denčić *i sar.*, 2009). Da bi se ocenio uticaj klimatskih promena u daljem radu analiziraće se biološke osobine i potrebni uslovi za izabrane gajene kulture.

Pšenica - biološke osobine

Pšenica je C3 vrsta sa veoma širokim arealom rasprostiranja, iako se smatra vrstom hladnije i umerene klime. Najviše je koncentrisana u oblastima između 30° i 60° severne i 25° i 40° južne geografske širine (Briggle i Curtis, 1987). Pšenice se dele na dva osnovna tipa ozime i jare. Ozima pšenica zahteva blaže klimatske uslove i umerenije zime, dok jara bolje podnosi surovije uslove, visoke temperature i sušu i ima kraći vegetacioni period. U doktoratu je korišćena ozima pšenica u ogledu.

Pšenica prolazi kroz nekoliko faza rasta i razvića (Kirby i Appleyard, 1984; Simmons, 1987; McMaster, 1997). Fenološke faze kroz koje pšenica prolazi u svom životnom ciklusu su klijanje, nicanje, ukorenjavanje, bokorenje, vlatanje, klanje, cvetanje i oplodnja, formiranje, nalivanje i sazrevanje zrna.

Dužina trajanja fenoloških faza pšenice zavisi od genetskih karakteristika i uslova spoljašnje sredine. U optimalnim uslovima faza setva – klijanje traje 10 do 15 dana, faza nicanja od polovine novembra do polovine decembra, bokorenje od 30. oktobra do polovine decembra. Jarovizacija (vernalizacija) i svetlosni stadijum (fotoperiod) su stadijumi koji su veoma bitni, pri čemu u prvom biljke imaju izražene zahteve prema nižim temperaturama od 0 do 12 °C u trajanju od 10 do 60 dana, zavisno od sorte, a u drugom prema svetlosti sa više od 14 h osvetljenosti u toku dana. Oba faktora daju biljkama fiziološki nadražaj za prelazak u generativnu fazu razvića (Evans *et al.*, 1975; Evans, 1987; Major i Kiniry, 1991; Molnar, 1981; 1995). U proleće se odvija vlatanje, u optimalnim agroklimatskim uslovima, od 8. do 30. aprila, i faza od početka vlatanja do klasanja uobičajeno traje 20 do 45 dana. Faza od klasanja do sazrevanja u optimalnim uslovima traje od 45 do 50 dana i nakon nekoliko dana je biljka u fazi tehnološke zrelosti i spremna je za žetvu.

Svaka od ovih faza manifestuje se vidljivim morfološkim promenama (rast), ali se u biljkama istovremeno dešavaju i bitne unutrašnje promene (razviće), od kojih zavisi ekspresija potencijala za prinos. Faze razvića generativnih organa označavaju se kao etape organogeneze i prate se kao promene na vegetativnoj kupi. Poznavanje faza rasta i razvića pšenice takođe je važno pri identifikovanju perioda većeg rizika (kritični periodi) od nepovoljnih klimatskih uslova ili u pogledu primenjene agrotehnike.

Biološka suma temperatura vazduha za period setva – voštana zrelost za ozimu pšenicu je od 1400 do 1500 °C. Pod biološkom sumom se podrazumeva suma srednjih dnevnih temperatura vazduha u vegetacionom periodu određene kulture od početka rasta do sazrevanja (Otorepec, 1980).

Da bi se lakše procenile dužine trajanja pojedinih fenofaza ili ukupnog vegetacionog perioda koriste se i takozvane sume efektivnih temperatura koje predstavljaju zbir razlika između dnevnih temperatura viših od biološkog minimuma i biološkog minimuma u periodu vegetacije. Biološki minimum je specifičan za svaku biljnu vrstu i predstavlja donju granicu temperature pri kojoj biljke ulaze u određenu fazu razvića (Otorepec, 1980).

Pšenica - biološki minimum i ekstremne temperature po fenofazama

Pšenica je poreklom sa Bliskog Istoka i smatra se vrstom hladnije i umerene klime. Poznato je da su temperature i neravnomerni raspored padavina glavni faktori varijabilnosti prinosa pšenice u našem agroekološkom području (Jevtić i Labat, 1985; Malešević, 1989; Denčić *et al.*, 2000). Celokupna životna aktivnost biljaka tesno je vezana s temperaturom okružujuće sredine, pri čemu je ona jedan od najznačajnijih faktora za regulaciju brzine razvića i proticanje faza životnog ciklusa biljaka (McMaster, 1997; Jaćimović, 2012).

Fenološka faza klijanja odvija se sredinom oktobra meseca na optimalnoj temperaturi od 15-20 °C. Minimalna temperatura za ovu fazu je 1-2 °C, proizvodni optimum 6-12 °C, a maksimalna temperatura koju pšenica može da izdrži prilikom klijanja iznosi 35 °C. Pri niskim temperaturama, kada je temperatura niža od 0 °C seme neće klijati, a na minimalnoj temperaturi nižoj od -20 °C će izmrznuti. Nicanje se odvija od kraja oktobra pa sve do polovine decembra meseca. Biološki minimum u ovoj fazi je 4-5 °C, a proizvodni optimum iznosi 6-12 °C. Ako se temperature spuste ispod 5 °C nicanje se odlaže do proleća. U agroekološkim uslovima Vojvodine optimalni uslovi su obično ostvareni od kraja oktobra do prvih dana decembra, ali ovaj period može i da se produži u slučaju da su decembarske temperature ispod 6 °C. Ispod ove temperature bokorenje se vrlo usporeno odvija. Optimalna temperatura na kojoj se ujednačeno i brzo odvija ova faza je 10-15 °C, a maksimalna 20 °C. Bokorenje prestaje na temperaturi višoj od 20 °C.

Ekstremne temperature. U toku zimskog dela vegetacije većina ozimih sorti pšenice izdržava jake mrazeve (od -15 do -20 °C) bez snega, ako golomrazica ne traje duže od

nekoliko dana. Pod snegom većina sorti izdržava do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ozima pšenica je osetljiva na pozne prolećne mrazeve. Retko se dešava da nastupe u fazi cvetanja i tada stradaju cvetovi. Da bi biljke prešle iz vegetativne u generativnu fazu, moraju proći stadijum sniženih temperatura, odnosno stadijum jarovizacije i ući u svetlosni stadijum. Jarovizacija kod ozime pšenice protiče na temperaturama $0 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i traje 10 do 35 dana. Prolećni deo vegetacije počinje fazom vlatanja, osmatranjem fenologije u našim uslovima prosečno se javlja u prvoj dekadi aprila i traje naredne tri nedelje. Period od početka vlatanja do klasanja karakteriše se najintenzivnijim porastom, stvaranjem velike vegetativne mase i formiranjem generativnih organa. Ovaj period jeste i kritični period.

Prosečna dužina trajanja perioda od vlatanja do klasanja iznosi od 20 do 45 dana. U periodu cvetanja, oprašivanja i oplodnje, koje se odvija odmah nakon klasanja, maksimalna temperatura koju biljka može da izdrži je do $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Fenološka faza cvetanje prosečno traje od 6 do 7 dana. Osmatranjem, prosečno trajanje naredne faze, od klasanja do pune zrelosti traje od 45 do 50 dana. U ovom periodu visoke temperature, od 25 do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, niska vlažnost vazduha i suša prilikom formiranja i nalivanja zrna, skraćuju fazu na svega 25 do 28 dana. Relativno niže temperature, od $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ produžavaju period nakupljanja suve materije, što povoljno utiče na povećanje prinosa. Puno padavina u ovom periodu prouzrokuje lošiji prinos, jači napad bolesti i poleganje.

Potrebe pšenice za vodom

Učešće vode neophodno je u svim životnim funkcijama biljaka i bez nje ne može da se odvija sinteza organskih materija. U nedostatku vode usporava se ili prestaje rast, ishrana biljke je takođe ograničenija, sa kojom je vezana ukupna masa biljaka i prinos. Sva strna žita su veliki potrošači vode, naročito pšenica i ovas (Malešević *i sar.*, 2008). Ona može da se uzgaja u gotovo svim sredinama, gde količine padavina iznose od 250 do 1750 mm, pod uslovom da imaju ravnomeran raspored (Briggle i Curtis, 1987). Za visoke prinose transpiracioni koeficijent iznosi 450 do 600 mm, u zavisnosti od klimatskih uslova i dužine vegetacionog perioda (Komljenović i Todorović, 1998). Transpiracioni koeficijent je količina vode koju biljka usvoji da bi se stvorio 1 kg suve materije (Komljenović i Todorović, 1998).

Pšenica usvaja vlagu skoro isključivo iz zemljišta. Stoga nakupljanje dovoljnih količina i čuvanje (konzervacija) vlage u zemljištu predstavlja odlučujući faktor u snabdevanju biljaka vodom (Marinković *i sar.*, 2003; 2006; Su *et al.*, 2007). Količine padavina u predsetvenom periodu i mesecu setve, u našim uslovima septembru i oktobru, vrlo često imaju presudni značaj za formiranje prinosa ozime pšenice (Malešević, 1989).

Svaka poljoprivredna kultura ima različite potrebe za vodom u određenim fazama rasta i razvića, te je smanjenje prinosa usled nedostatka vode određeno time u kojoj fazi razvitka se suša pojavi. Ako se nedostatak vlage u zemljištu javi na kraju faze bokorenja, kada se završava formiranje klasaka pšenice, to će se ispoljiti u umanjenoj dužini klasa i manjem broju plodnih klasaka. Nedostatak vlage u fazi vlatanja (intenzivni porast) je kritičan ne samo usled znatnije potrošnje vode, već i zbog toga što se u ovoj fazi remeti odnos između lisne površine i aktivno upijajuće površine korena (Malešević *i sar.*, 2008). U vreme klasanja i cvetanja još više se uvećava broj neplodnih klasaka, a smanjuje broj klasova po biljci, njihova dužina i broj zrna po klasu. Period od cvetanja do sazrevanja je takođe kritičan za prinos i kvalitet zrna pšenice. Vodni deficit u periodu formiranja i nalivanja zrna ima za posledicu manju masu zrna, a topli, suvi i jaki vetrovi uz pojavu deficita vode u ovom periodu izazivaju pojavu šturih zrna (Doorenbos *et al.*, 1979). U fenološkim fazama: klasanje, cvetanje i fiziološka zrelost, nedostatak vode dovodi do ranijih pojava ovih faza, za čak 16 dana i skraćivanje trajanja ovih faza, što se neminovno odražava na smanjenje prinosa zrna. Kritični periodi za pojavu suše

tokom vegetacije, su periodi setve i nicanja, kraj bokorenja i početak izduživanja stabla - vlatanja, zatim klasanje i formiranje i nalivanje zrna.

Kukuruz - proizvodnja i značaj

Značaj kukuruza u svetu ogleda se preko površina, proizvodnje i učešća u budžetu države. Prema podacima FAO, požnjene površine kukuruza u 2012. godini iznosile su 177379507 ha, uz proizvodnju od 872066770 t.

U Srbiji, u periodu 2008-2010. kukuruz je gajen na površini od oko 1241,3 hiljada ha, sa prosečnim prinosom od 4,87 t/ha i ukupnom godišnjom proizvodnjom od oko 6587191,667 tona. Od toga, najveće površine nalaze se u Vojvodini oko 701 hiljada ha godišnje (Tab. 4), sa prosečnim prinosom od 6 t/ha (Tab. 5) i ukupnom proizvodnjom od blizu 4216107,333 tona godišnje (Tab. 6). U ostalim regionima Srbije najveće površine su u Šumadiji (264000 ha), zatim južnom i istočnom delu (220000 ha) i na kraju Beogradski region (55000 ha) (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

Tabela 4. Zasejane površine kukuruzom (hilj. ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	59	722	271	226	-
2009	54	680	261	216	-
2010	53	703	260	219	-
Prosečna vrednost	55	702	264	220	-

Tabela 5. Prinos kukuruza (t/ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	4,3	5,5	4,2	3,6	-
2009	5,0	5,9	4,8	4,0	-
2010	5,0	6,7	5,0	4,4	-
Prosečna vrednost	4,8	6,0	4,7	4,0	-

Tabela 6. Proizvodnja kukuruza (t) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	249120	3959261	1132064	817677	-
2009	272342	4000283	1257937	865700	-
2010	259374	4688778	1306929	952110	-
Prosečna vrednost	260279	4216107	1232310	878496	-

Kukuruz - biološke osobine

Kukuruz je C4 biljka sa širokim arealom rasprostranjenosti. Na severnoj hemisferi proteže se od ekvatora do 50-60° severne geografske širine (Kanada, Severna Europa, sever Rusije), a na južnoj hemisferi proteže se do 38-42° južne geografske širine (Argentina, Novi Zeland). Proširenje područja uzgajanja kukuruza rezultat je rada na selekciji ove kulture, pre svega u stvaranju hibrida kraće vegetacije, budući da kukuruz mora početi i završiti vegetaciju u bezmraznom razdoblju (Kotorac, 2014).

Kukuruz je jednogodišnja biljka vrlo različite dužine vegetacije u zavisnosti od hibrida i uslova spoljašnje sredine (od 55 do 65 dana kod sorata poreklom sa severa do 230 i više dana kod tropskih hibrida). Kod kukuruza se razlikuju sledeće fenofaze razvoja: klijanje, nicanje, pojava 3 do 5 lista, bokorenje ili pojava bočnih izdanaka, pojava 7, 9 i 11 lista, vlatanje ili porast stabla, metličanje, cvetanje metlice ili prašenje polena, cvetanje klipa ili svilanje, mlečna, voštana i puna zrelost (Poljoprivredni fakultet Osijek, 2004)

U optimalnim uslovima setva se izvodi sredinom aprila meseca, a fenološka faza setva – nicanje u našim uslovima prosečno traje 10 do 15 dana. Vegetativni porast kukuruza, pri optimalni uslovima, u proseku protiče od početka maja do sredine jula, a cvetanje i oplodnja od sredine jula do početka avgusta. Faza od početka nalivanja zrna do sazrevanja uobičajeno protiče od početka avgusta do kraja septembra u zavisnosti od ranostasnosti hibrida kukuruza. Biološka suma temperatura za kukuruz od setve do voštane zrelosti iznosi 2100 do 2900 °C (Otorepec, 1980).

Kukuruz - Biološki minimum i ekstremne temperature po fenofazama

Kukuruz potiče iz tropskih predela. Za klijanje i nicanje, rast i razvoj zahteva visoke vrednosti sume temperatura i zato se kukuruz ubraja u termofilne biljke. Kukuruz se najviše uzgaja u ravničarskim krajevima do oko 400 m nadmorske visine. Za pojedine fenološke faze kukuruza izmerene su minimalne, maksimalne i optimalne temperature. Minimalna temperatura za klijanje semena iznosi 8 °C, pri kojoj je klijanje vrlo sporo, pa se sa setvom počinje kada se zemljište u setvenom sloju zagreje na optimalnu temperaturu od 10 °C. Kukuruz raste ako je temperatura zemljišta iznad 10 °C, a vazduha iznad 13 °C. U kišnim i hladnim prolećima, kada su temperature vazduha niže od 10 °C, nakon nicanja kukuruza uz smanjeno osvetljenje kukuruz prestaje sa rastom. Da bi se smanjio negativan uticaj niskih temperatura na brzinu nicanja, potrebno je da se kukuruz seje na lakim zemljištima 6-8 cm dubine, na teškim 3-5 cm, te na tresetnim 6-10 cm. U glavnim područjima uzgajanja kukuruza bezmrazni period mora biti duži od 5,5 meseci, što je jedan od osnovnih uslova za njegovo uzgajanje. Temperature niže od -1 °C redovno dovode do propadanja biljaka. Bolja otpornost kukuruza na niske temperature postiže se prihranom kalijumom i fosforom. Ponekad temperature i do -3 °C ne oštete vegetativni vrh nego samo lisnu površinu, pa se takve biljke mogu oporaviti. Međutim, ako tako niske temperature duže potraju, i do nekoliko dana, biljke propadaju. Niske temperature, a posebno mrazovi u jesenjem razdoblju mogu usporiti sazrevanje, prekinuti vegetaciju ili čak oštetiti klijavost zrna, što je vrlo opasno u proizvodnji semenskog kukuruza.

Tokom faze nicanje-metličanje uticaj temperature na intenzivni porast biljke je od velikog značaja. Da bi kukuruz počeo intenzivnije rasti, temperatura vazduha mora biti viša od 13 °C. Prema dosadašnjim saznanjima, optimalna temperatura vazduha za većinu naših hibrida može se smatrati 10 °C, a za neke hibride i 12 °C. Što je biljka mlađa, a trajanje niskih temperatura duže, te je tlo vlažnije iznad optimuma, to su oštećenja mlade biljke veće. U ovoj fazi kukuruz može podneti i kratkotrajne mrazeve (-2 do -3 °C) uz delimično ili potpuno oštećenje vidljive lisne mase. Ukoliko nije oštećen vegetacioni vrh (konus rasta), takve biljke

se uz zastoj u rastu i oporavljaju. Isto tako i previsoke temperature u ovoj fazi deluju štetno na brzinu razvoja. Najintenzivniji razvoj korenove mase je kod temperature tla od 24 °C. Za intenzivniji rast nadzemnih delova biljke u ranoj fazi vegetativnog rasta, optimalna temperatura zemljišta je oko 20 °C, a u fazi brzog vegetativnog porasta je oko 28 °C.

U fazi metličanje-svilanje, nakon formiranja metlice, uticaj temperature na rast biljke nije od većeg značaja, kao u prethodnoj fazi. Kukuruz je tada dosta otporan na visoke temperature. Ipak temperature od 30 do 35 °C, u fazama svilanja i oplodnje deluju na sušenje svile i abortivnost polena, što rezultira slabijom oplodnjom i nedovoljno razvijenim zrnom (manja masa 1000 zrna).

Prvi period faze oplodnje-sazrevanje čini brzi porast omotača klipa, oklaska i zrna, te se može nazvati fazom formiranja zrna. Fotosinteza u ovoj fazi vrši se uobičajeno, izuzev u slučaju suše ili nedostatka hraniva. Vremenski uslovi su glavni faktor uticaja na brzinu sušenja, odnosno gubitak vode iz zrna i stabljike. Niske temperature i mrazovi pri kraju dozrevanja mogu prouzrokovati izvesne štete, posebno kod semenskog kukuruza (Poljoprivredni fakultet Osijek, 2004).

Potrebe kukuruza za vodom

Kukuruz ima nizak transpiracioni koeficijent (250-300) (Komljenović i Todorović, 1998), dobro razvijen korenov sistem, kojim usvaja vodu iz dubljih slojeva zemljišta, i posebno građene listove, kojim sakuplja i najmanju količinu vode. U slučaju pojave suše, listovi se uvijaju i tako smanjuju gubljenje vode. Sve navedene fiziološke karakteristike govore u prilog činjenici da kukuruz u sušnijim krajevima navodnjavanjem može postići vrlo visoke prinose. U fazi klijanja seme kukuruza treba da upije oko 45% vode. Najveće potrebe za vodom za srednje kasne i kasne hibride su upravo u fazi predmetličanje, svilanje i fazi formiranja zrna, što je u skladu sa spoznajom većine autora koji su došli do sličnih zaključaka za kritičnu fazu. Robins i Domingo (1953) ističu da se u slučaju smanjenja vlage u zemljištu pojavljuje uvenuće biljke u vreme metličanja i svilanja i može doći do znatnog smanjenja prinosa. Ako takav manjak potraje svega dan ili dva, prinos se smanjuje i do 22%, a ako potraje 6-8 dana prinos se može smanjiti i do 50%. U periodu od oplodnje do zrenja odvija se porast suve materije zrna. Vremenski uslovi u ovoj fazi utiču na brzinu sušenja, odnosno gubitka vode iz zrna i stabljike. Niske temperature i mrazovi pri kraju dozrevanja mogu izazvati veće štete. Visoke temperature skraćuju period nalivanja zrna i prinos uvek bude niži.

Najveće potrebe biljaka za vodom su kalendarski uočeni i zabeleženi u mesecima jun, jul i avgust, koji i predstavljaju kritične periode u proizvodnji kukuruza. U ovom periodu najveća osetljivost biljke uz nedostatak vode je posledica i visokih temperatura i niske relativne vlažnosti vazduha. Na osetljivost utiče takođe i mehanički sastav zemljišta. Ekstremno suvi uslovi najčešće se javljaju na laganim peskovitim zemljištima. Kad se vlažnost zemljišta smanji ispod 10% od maksimalnog vodnog kapaciteta, kukuruz prestaje sa rastom. Prosečna optimalna vlažnost za rast i razvoj kukuruza iznosi 50% od dostupne vode biljci (Hoogenboom, 2004).

Soja – proizvodnja i značaj

Značaj soje u svetu ogleda se preko površina, proizvodnje i učešća u budžetu države. Prema podacima (www.faostat.fao.org), požnjevene površine soje u 2012. godini iznosile su 104997253 ha, uz proizvodnju od 241841416 t.

U Srbiji, u periodu 2008-2010. soja je gajena na površini od oko 153 hiljada ha, sa prosečnim prinosom od 2,54 t/ha i ukupnom godišnjom proizvodnjom od oko 411544,7 tona. Od toga, najveće površine nalaze se u Vojvodini oko 142 hiljada ha godišnje (Tab. 7), sa prosečnim

prinosom od 2,7 t/ha (Tab. 8) i ukupnom proizvodnjom od blizu 385044 tona godišnje (Tab. 9). U ostalim regionima Srbije najveće površine su u Šumadiji (6000 ha), zatim Beogradskom regionu (4000 ha) i južnom i istočnom delu (1000 ha) (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

Tabela 7. Zasejane površine sojom (hilj. ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	4	133	6	1	-
2009	4	135	6	1	-
2010	5	159	7	1	-
Prosečna vrednost	4	142	6	1	-

Tabela 8. Prinos soje (t/ha) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	2,6	2,5	2,0	2,1	-
2009	3,1	2,4	2,3	2,2	-
2010	3,3	3,2	2,6	2,2	-
Prosečna vrednost	3,0	2,7	2,3	2,2	-

Tabela 9. Proizvodnja soje (t) po regionima Srbije (STAT.YEARB.SERB. 2011.)

God.	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije	Region Južne i Istočne Srbije	Region Kosova i Metohije
2008	10046	326655	11964	2281	-
2009	12186	321260	13804	1943	-
2010	14050	507219	17450	2140	-
Prosečna vrednost	12094	385044	14406	2121	-

Soja - biološke osobine soje

Soja je C3 biljka, termofilna je, poreklom iz tropskih i vlažnih regiona. Po arealu rasprostiranja i dužini trajanja vegetacionog perioda, sorte soje se dele na više grupa: 000 – sorte koje se uzgajaju iznad 49° g. š. i koje su manje osetljive na fotoperiodizam, 00 – sorte čija vegetacija traje 100-110 dana, 0 – sorte čija vegetacija traje 110-120 dana, I – čija vegetacija traje 120 – 135 dana i II grupu zrenja čiji period vegetacije u optimalnim uslovima iznosi 135 – 145 dana. III grupu zrenja čine sorte koje se uzgajaju ispod 15° g.š. i najviše su osetljive na fotoperiodizam (Miladinović *i sar.*, 2008).

Razvoj soje se deli na vegetativnu i generativnu fazu. Vegetativni razvoj soje započinje iznošenjem kotiledona na površinu zemljišta, odnosno nicanjem. Broj dana od setve do nicanja može varirati između 5 do 15 dana. Glavni faktor koji utiče na vegetativni razvoj je temperatura. Niske temperature usporavaju, a visoke ubrzavaju klijanje semena i razvoj listova. Ubrzo posle nicanja, nakon 3 do 10 dana, iznad kotiledona se razvija prvi par prostih listova. List se smatra razvijenim, kada se list na gornjoj nodiji odmotao dovoljno da se rubovi

liski ne dodiruju. Prva nodija koja se broji je nodija prostih listova. Dalji vegetativni stadijumi razvića označavaju se brojem koji označava broj nodija koje imaju potpuno razvijen list. Za prelazak biljke u naredni stadijum od V2 nadalje obično treba od 3 do 8 dana. Sorte kod nas imaju indeterminantni tip rasta stabla, što znači da vegetativna faza razvića teče do kraja vegetacije. Od pojave prvog cveta, vegetativno i reproduktivno razviće biljke teku paralelno. Prvi cvet se, u zavisnosti od grupe zrenja i uslova spoljašnje sredine, pojavljuje u fazi V4 do V6. Reproductivni stadijum čine cvetanje, razvoj mahuna i zrna i dozrevanje biljke. Visoke temperature i kratki dani ubrzavaju razvoj, dok niske temperature i dugi dani usporavaju reproduktivni razvoj. Jedan otvoren cvet, na bilo kojoj nodiji, predstavlja početak cvetanja. Puno cvetanje se smatra kad je jedan otvoren cvet na jednoj od dve najviše nodije s potpuno razvijenim listovima. Stadijum punog cvetanja može trajati od 5 do 15 dana. Biljka je u stadijumu početka formiranja mahuna kada formira mahunu dužine 5 mm na jednoj od 4 nodije s potpuno razvijenim listovima. Stadijum traje 5 do 15 dana. Pun razvoj mahuna je kad se formira mahuna dužine 2 cm. U zavisnosti od vremenskih uslova i grupe zrenja ovaj stadijum traje od 4 do 16 dana. Početak formiranja zrna je kada se u mahuni na jednoj od 4 najviše nodije s potpuno razvijenim listovima formira zrno dužine 3 mm. Početak zrenja je stadijum u kojoj jedna normalno formirana mahuna dostigne boju zrelosti i traje od 7 do 18 dana. Kada 95% mahuna dostigne boju zrelosti, biljka je u stadijumu punog zrenja. Za postizanje zrelosti pogodne za žetvu (tehnološke zrelosti), zrno treba da sadrži 15% vlage i potrebno je još nekoliko dana suvog vremena (Miladinović *i sar.*, 2008).

Soja - biološki minimum i ekstremne temperature po fenofazama

Optimalni biološki uslovi za soju se sreću u područjima u kojima su prosečne letnje temperature 19 °C, a noćne iznad 13 °C. Prema mnogim autorima za uspevanje soje potrebna je suma temperature vazduha od 1600 °C do 3200 °C, što zavisi od sorte i njene otpornosti prema niskim temperaturama (Miladinović *i sar.*, 2008)

Potrebe soje za toplotom nisu iste tokom celog vegetacionog perioda i one rastu idući od faze klijanja i nicanja pa sve do faze cvetanja i obrazovanja mahune i semena. U fazi nicanja i klijanja soja poseduje dobru otpornost na niske temperature. Mlade biljke su sposobne da podnesu kratkotrajno sniženje temperature od -2 do -4 °C. Minimalne temperature pri kojima seme može da klija su 6-7 °C, a optimalne oko 20-24 °C. U periodu od setve i tokom nicanja minimalne temperature su 8-10 °C a optimalne 20-22 °C. Tokom formiranja reproduktivnih organa optimalne temperature su 21-23 °C, a minimalne 16-17 °C. Ako u fazi cvetanja temperatura padne ispod 14 °C prestaje rast biljke, a ako se dogodi da u toj fazi temperatura padne do -1 °C, onda dolazi do izmrzavanja cvetova. Kod visokih temperatura preko 32 °C sa nedovoljnom vlagom biljke slabije cvetaju, slabije obrazuju mahune, dolazi do opadanja cvetova i mahuna, u mahunama se obrazuje manje zrna kao i manja masa 1000 zrna, što sve skupa uslovljava smanjenje prinosa. Optimalne temperature u fazi cvetanja su 20-25 °C, a u toku formiranja zrna 21-23 °C, odnosno tokom zrenja 19-20 °C.

Potrebe soje za vodom

Soja nema velike zahteve za vodom i dobro podnosi sušu sve do faze cvetanja. Ukoliko se suša produži na kasnije periode, ona daje vrlo niske prinose. Soja se formirala u uslovima klime sa kišnim i toplim letom, te ima visoke vrednosti transpiracionog koeficijenta od 520 do 1000 (Komljenović i Todorović, 1998). Ukoliko je vlažnost zemljišta optimalna u prvim fazama do maksimalnog cvetanja, soja razvija bujnu vegetativnu masu i formira veliki broj mahuna. Za soju je kritično da u periodu formiranih mahuna ume često da nastupi suša do kraja vegetacije. U tom slučaju biljkama opadaju mahune u većem broju i prinos se značajno

može umanjiti. Ukoliko je nedostatak vode izražen do završetka cvetanja, oplodi se manji broj cvetova. Ako se kasnije poboljša snabdevanje vodom, ostvaruje se znatno veći prinos, nego kada je suša u fazi porasta mahuna i nalivanja zrna. Prema rezultatima Molnara *i sar.* (1981) prinos soje značajno više zavisi od vlažnosti zemljišta, nego od relativne vlažnosti vazduha. Najveće potrebe za vlagom su u fazi cvetanja oko šezdesetog dana vegetacije i tokom nalivanja zrna. U prvom delu vegetacionog perioda soja je dosta otporna na sušu, dok u fazi formiranja generativnih organa, a pogotovo u cvetanju, suša joj nanosi veliku štetu. Relativna vlažnost vazduha u periodu od formiranja cvetova do formiranja mahune i semena treba da iznosi 70 – 80 % od PVK (Miladinović *i sar.*, 2008).

4. RADNA HIPOTEZA

Postavljena je hipoteza da će promene u budućoj klimi uticati na promenu agroklimatskih indeksa, a time i na biljnu proizvodnju. Upotrebom DSSAT modela biljne proizvodnje može da se kvantifikuje uticaj klimatskih promena na biljnu proizvodnju. Analiza rezultata bi ukazivala na očekivanu promenu u prinosu i dinamici vegetacije pšenice, kukuruza i soje, koja bi bila od velikog nacionalnog značaja.

5. MATERIJAL I METODE RADA

5.1. MATERIJAL

5.1.1. Geografski položaj i klimatski uslovi Republike Srbije

Republika Srbija nalazi se na centralnom Balkanu, a severnim delom zahvata Panonsku niziju. Granice Republike se prostiru na severu do 46°11' 19"00", na jugu do 41°53' 20"36", na istoku do 43°11' 23"00", na zapadu do 45°55' 18"49" (STAT.YEARB.SERB. 2011). Navažniji poljoprivredno- proizvodni region Srbije čine površine Pokrajine Vojvodine, ravnice južnog dela Panonske nizije.

Klima Srbije je pretežno umereno-kontinentalna sa izraženim lokalnim karakteristikama, koje su rezultat razlika u reljefu, raspodele vazdušnog pritiska većih razmera, ekspozicije terena, prisustva rečnih sistema, vegetacije i urbanizacije određenog prostora (www.RHZ2012). Klimatski elementi i pojave zavise od geografske širine i dužine, vazdušne mase, vazdušnog pritiska, rasporeda kopna i mora, reljefa, vodenih površina i vegetacije, ekspozicije terena i naselja kao faktora urbanog elementa i njihove međusobne interakcije. Na formiranje klime Srbije značajan uticaj imaju Alpi, Sredozemno more, Đenovski zaliv, Panonska nizija, dolina reke Morave, Karpati, Rodopske planine, kao i brdoviti i planinski region i sa svojim kotlinama. Prema Kepenovoj klasifikaciji i rejonizaciji klimatskih tipova Zemljišne površine, klima Srbije spada u C i D tip klime. C tip klime označava umereno topli klimat, a D označava umereno hladni (borealni) klimat.

Prosečna godišnja temperatura vazduha, u poljoprivrednim proizvodnim regionima (ravnice i oblasti sa nadmorskom visinom do 500 m), kreće se između 11 i 12 °C (www.RHZ2012). Razlike u temperaturi vazduha postoje među pojedinim regionima Srbije, jer svaki region ima svoje lokalne karakteristike i razlike u geografskoj širini i dužini, nadmorskoj visini i udaljenosti od mora. Godišnja suma trajanja sijanja Sunca zabeleženo je da se kretala od 1500 do 2200 sati godišnje (www.RHZ2012).

Padavinski režim Srbije je bio uglavnom kontinentalnog tipa, za koji je karakteristično da su se veće količine padavina bile javljale u toplijem delu godine, izuzev u jugozapadnim krajevima, gde je najviše padavina bilo izmereno u jesen. Po merenjima RHMZ, najkišoviti je bio juni mesec, kada se u proseku desilo da je padalo 12 – 13% od ukupne sume padavina. Najmanju količinu padavina bili su imali februar i oktobar mesec.

Pojava snežnog pokrivača je od velikog značaja za poljoprivredne kulture i praćenjem RHMZ ustanovljeno je da je snežni pokrivač bio prisutan od novembra do marta. Najveći broj dana sa snežnim pokrivačem bio je izmeren u januaru mesecu.

Opis prizemnih vazdušnih strujanja uslovljen je orografijom. U toplijem delu godine preovlađuju vetrovi sa severozapada i zapada. Tokom hladnijeg dela godine dominira istočni i jugoistočni vetar – košava. U planinskim oblastima na jugozapadu Srbije preovlađuju vetrovi sa jugozapada. (www.RHZ2012)

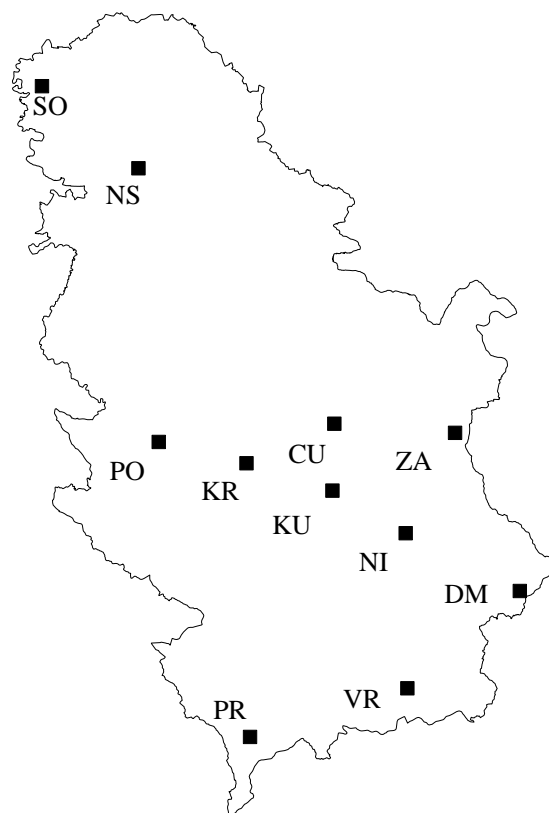
5.1.2. Meteorološke stanice - lokaliteti

Klimatski uslovi Republike Srbije bili su analizirani na osnovu izveštaja meteoroloških stanica za jedanaest lokaliteta u periodu 1971-2000. godine. Podaci su bili preuzeti od Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda Srbije (RHMZ). Meteorološki set podataka obuhvatao je izmerene vrednosti maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura, količine padavina, pritiska vodene pare i brzine vetra. Lokaliteti na kojima su bile izmerene vrednosti meteoroloških elemenata i koji su bili izabrani za simulaciju su: Novi Sad (NS), Sombor (SO),

Požega (PO), Kraljevo (KR), Kruševac (KU), Čuprija (CU), Niš (NI), Zaječar (ZA), Dimitrovgrad (DM), Vranje (VR) i Prizren (PR) (Sl. 1.; Tab. 10).

Tabela 10. Lokalizeti meteoroloških stanica

Br.	Lokalizeti meteoroloških stanica	Long	Lat	Nad. vis.
1.	NS	19.51	45.20	84
2.	SO	19.05	45.47	88
3.	PO	20.03	43.83	310
4.	KR	20.70	43.72	215
5.	KU	21.35	43.57	166
6.	CU	21.37	43.93	123
7.	NI	21.90	43.33	201
8.	ZA	22.28	44.88	144
9.	DM	22.75	43.02	450
10.	VR	21.90	42.48	432
11.	PR	20.73	42.22	402



Slika 1. Lokalizeti meteoroloških stanica

Za opis očekivane klime, bili su korišćeni rezultati tri globalna klimatska modela: HadCM3 (Gordon *et al.*, 2000) razvijen u Velikoj Britaniji u Hadli centru za klimatske projekcije i istraživanja (Hadley Centre for Climate Prediction and Research), ECHAM 5 razvijenu Maks Plank Institutu za meteorologiju (Max Plank Institute for Meteorology) (Roeckner *et al.*, 2003) i NCAR-PCM razvijen u Nacionalnom centru za atmosferska istraživanja (the National Center for Atmospheric Research) (Washington *et al.*, 2000).

U radu su prikazani rezultati globalnih klimatskih modela ECHAM, HadCM i NCAR PCM, regionalizovani Met&Roll vremenskim generatorom za 2030. i 2050. godinu. Naizgled, radi se od jednog godini, 2030. i 2050., ali ona je dobijena na osnovu statističkih karakteristika klime za period 1971-2000 (izmereni podaci) i trenda iz klimatskih modela za 30 godina do te godine (2030. i 2050). Na osnovu tih podataka je napravljeno 100 mogućih realizacija te jedne godine i njihova srednja vrednost. Ovo se smatra reprezentom klime za posmatrani period. Na preuzete podatke nije primenjena korekcija modela i moguće je da bias modela precenjuje ili podcenjuje trendove promena temperatura i padavina u većoj ili manjoj meri u zavisnosti od oblasti i sezone. Za potrebe ovog istraživanja bili su uzeti A1B i A2 scenario gasova staklene bašte za 2030. i 2050. godinu. Sve simulacije be su urađene za uslove bez izmene koncentracije CO₂ (CO₂=330 ppm) i za očekivane vrednosti koncentracije CO₂ za 2030. i 2050. godinu prema IPCC izveštaju iz 2007. Za 2030. godinu, preuzete su vrednosti

koncentracije CO₂ za A1B scenario 454 ppm i 451 ppm za A2 scenario. Za 2050. godinu 532 ppm za A1B i A2 scenario <http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/> (Tab. 11).

Očekivano stanje buduće klime bazirano je na praćenju dva ključna meteorološka elementa za razvoj i rast biljaka, temperature i sume padavina i to vrednosti na godišnjem nivou, tokom vegetacionog perioda i kritičnog perioda jun-jul-avgust za jare useve, glavnih gajenih kultura u našoj zemlji. Izračunata je promena temperature i relativna promena sume padavina na osnovu rezultata klimatskih modela za 2030. i 2050. godinu. u odnosu na referentni period 1971-2000.

Tabela 11. Koncentracije CO₂ za referentni period 1971-2000. i 2030. i 2050 godinu A1B i A2 scenario (<http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/>)

	koncentracija CO ₂ (ppm)
Referentni period (1971-2000.)	330
A1B scenario	
2030	454
2050	532
A2 scenario	
2030	451
2050	532

5.1.3. Zemljišne karakteristike izabranih lokaliteta

Topografija terena Na teritoriji Republike Srbije mogu se izdvojiti tri pedogeografska reiona:

a) Prvi pedogeografski rejon obuhvata Vojvodinu, odnosno stepsko i šumsko-stepsko područje Panonske nizije i njen obodni deo koji pokrivaju (Hadžić *i sar.*, 2002):

- fluvisoli, semiglejna zemljišta, ritska crnica, močvarnoglejna i halomorfna zemljišta.
- lesne plateau s černozemom i lesne terase na kojima se razvijaju černozemno oglejeno zemljište i slatine
- eolski pesak s tipovima: arenosoli, rendzine i černozemi
- Fruška gora i Vršačke planine: rendzine, rankeri, eutrična i distrična smeđa, lesivirana i koluvijalna zemljišta.

b) Drugi rejon se prostire na područje valovitog reljefa središnje Srbije na kome preovlađuju tercijarni jezerski sedimenti, karbonatni ili bogati bazama. Ovo područje obuhvata:

- gajnjaču, zemljište koje dominira u sekvenci: regosol – rendzina – eutrično smeđe – luvisol s monicu
- černozem, a u specifičnim klimolitogenim uslovima i pseudoglej
- u južnom delu ovog reiona, zbog izražene erozije ima i mnogo koluvijalnih zemljišta.
- na nižim rečnim terasama, kao i u svakom području su fluvisoli, semiglejna, euglejna i ritska zemljišta.

c) Treći pedogeografski rejon zauzima planinska područja zapadne i istočne Srbije. Ovo područje obuhvata:

- kalkomelanosole, a uopšteno dominiraju kalkokambisoli i luvisoli obrazovani na krečnjačko dolomitskim stenama.
- rankere, obrazovane na kiselim silikatnim stenama u višim zonama i strmijim područjima distrična smeđa zemljišta
- manje područje obuhvata zemljišta podzola i smeđih podzolastih zemljišta.

- na jako bazičnim stenama javljaju se rankeri, eutrično smeđa, lesivirana zemljišta i smonice.

Zemljišni pokrivač Srbije nije velik po površini, ali je značajan po velikom broju sistematskih jedinica, koje su nastale kao posledica raznolikosti uslova postanka i razvoja zemljišta.

Na Sl. 2. predstavljeni su tipovi zemljišta Srbije (Protić, 2005).

Gajnjače i černozem su tipovi zemljišta najrasprostranjeniji u Srbiji. Černozem je prisutan u severnom delu Srbije u Panonskoj niziji, najdominantniji je tip zemljišta zastupljen sa 43% obradivih površina u Vojvodini (Nešić *i sar.*, 2012), na lesnim platoima i terasama širom Srema, Banata i Bačke (Živković, 1972) (Tab. 12). U WRB sistemu (World Reference Base) za ovo zemljište se takođe koristi naziv černozem (Tab. 13). Nastanak i očuvanje ovih dubokih plodnih crnica u Vojvodini pomogli su klima, vegetacija, reljef i pogodna podloga – većinom les. Uz prisustvo CaCO₃ i karbonatnog humusno akumulativnog sloja, černozem ima povoljan mehanički sastav i strukturu. Ovaj tip zemljišta je najproduktivniji u Srbiji i najveći deo poljoprivredne proizvodnje je zastupljen na njemu (FAO, 2012). Černozemi su uglavnom obrazovani na tipskom ili terasnom lesu, a neznatne površine na pesku i aluvijalnim nanosima Dunava. Ovo zemljište ima tri horizonta na preseku i razlikuju se A – AC – C horizont. A - horizont je akumulativno humusni horizont, AC – horizont je prelazni horizont koji može biti formiran procesima erozije, a C – horizont predstavlja materinski supstrat, les. (Živković, 1972). Pogodan mehanički sastav, sa dovoljnim procentom čestica ilovače, gline i sitnog peska stvorio je povoljnu i stabilnu sitno mrvičastu strukturu, što doprinosi dobrom vodno vazдушnom režimu i velikoj proizvodnoj vrednosti ovih zemljišta. Hemijske osobine su ocenjene kao povoljne i utiču na visoku proizvodnost. S obzirom da se ova zemljišta intenzivno koriste u proizvodnji i da je procenat humusa time znatno smanjen, potrebno je na ovim zemljištima izvršiti postupak humizacije. Procenat humusa na ovim zemljištima je od 3,5 – 5,5%, a udeo azota se kreće od 0,18- 0,25%. Vrednost pH broja je često viša od 7,5 i 8, a nekad i skoro 8,5 u humusno akumulativnom sloju (Živković, 1972; Hadžić *i sar.*, 2002; Dugalić i Gajić, 2012).

U centralnoj Srbiji, Šumadija sa Pomoravljem, područje sliva Velike i Južne Morave, kao i istočna Srbija, zatim Mačva i Srem, najrasprostranjeniji tip zemljišta je gajnjača, kao poljoprivredno zemljište (Tab. 12). Naziv gajnjača potiče od reči gaj što znači proređena listopadna šuma. Sinonimni naziv eutrični kambisol označava bazama bogato kambično zemljište, čiji površinski horizont je preko 50% zasićen adsorbovanim bazama. U WRB sistemu (World Reference Base) za ovo zemljište se koriste nazivi: Kambisol, Eutrik Kambisol (engleski Cambisol, Eutric Cambisol) (Tab. 13). Naše gajnjače su uglavnom obrazovane na rastresitim karbonatnim podlogama, većinom dobro propusnim za vodu. Po mehaničkom sastavu najčešće spadaju u ilovače, kao što su les i lesolike ilovače aluvijalnog, deluvijalnog delom i jezerskog porekla. Po mehaničkom sastavu naše gajnjače spadaju u grupu „teških“ zemljišta. Ona se satoje iz tri horizonta: A – (B) – C profil. A – horizont pretežno predstavlja teške ilovače, a ponekad i lake glinuše. U kambičnom (B) - horizontu se sadržaj frakcije gline znatno povećava, dok C – horizont predstavlja matični supstrat. Hemijske osobine tipičnih gajnjača mogu se okarakterisati kao prilično povoljne, a u lesiviranim i jako erodiranim gajnjačama dosta nepovoljnije (Tab. 12). Reakcija u A horizontu je slabo kisela do neutralna, najčešće su pH vrednosti od 6,0 do 6,5, dok je u istom horizontu lesiviranih gajnjača i srednje kisela. Sadržaj humusa u A - horizontu dosta varira i zavisi od stepena erodiranosti i načina korišćenja zemljišta. Procenat humusa se kreće od 1,5 do 4,5%, retko preko 3% i pripada tipu blagog ili polublagog humusa, te povoljno utiče na fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta. Produktivnost zemljišta je utoliko veća, ukoliko je dublji humusni horizont i u njemu veći sadržaj humusa. Najveći deo površina naših gajnjača

koristi se za gajenje raznih poljoprivrednih kultura, najviše pšenice, kukuruza, zatim suncokreta, šećerne repe i neke krmne biljke (Dugalić i Gajić, 1963; Dugalić i Gajić, 2012).

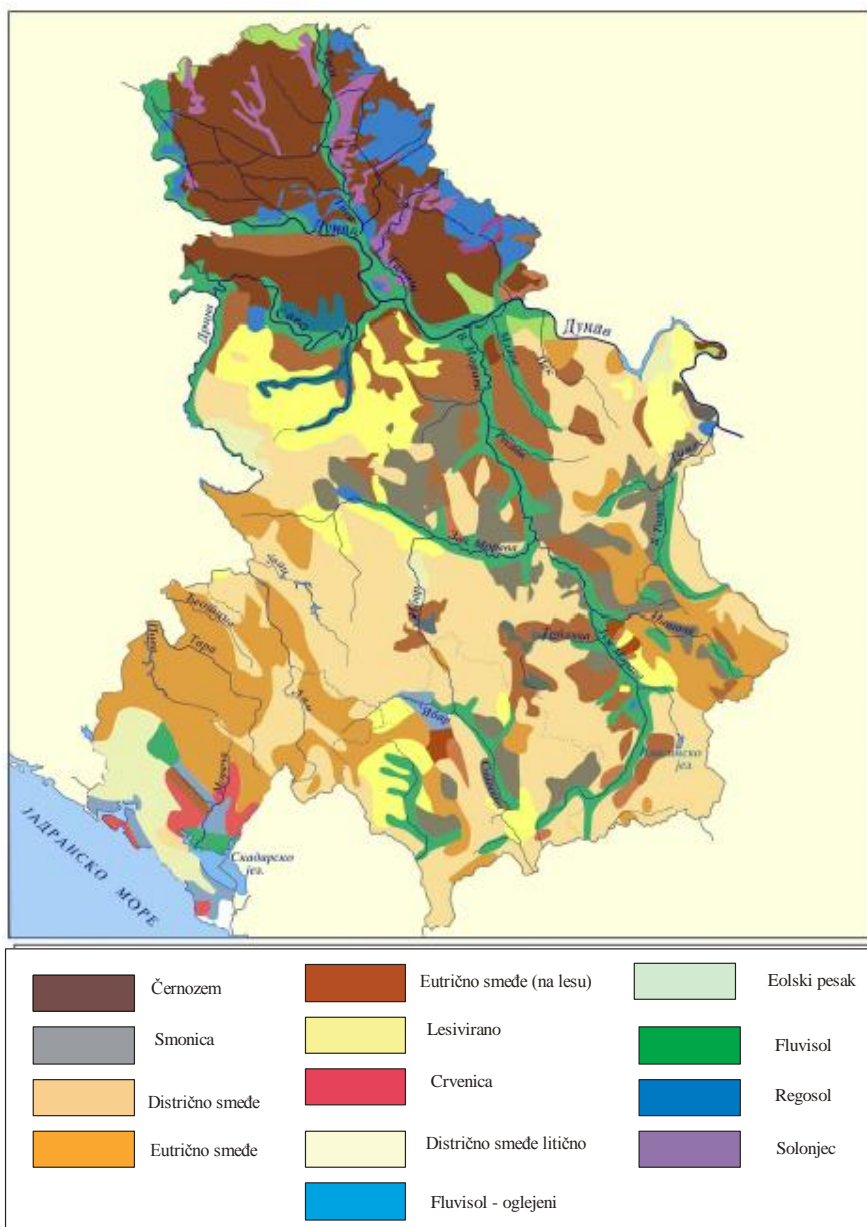
Aluvijalna zemljišta su rasprostranjena u dolinama velikih reka i njihovih pritoka. Spadaju u izuzetno produktivna zemljišta, koja su nastala od rečnih nanosa (Tab. 12). Njihov sinonim u WRB bazi je fluvisol (Tab. 13). Aluvijalna zemljišta mogu jako da se razlikuju u mehaničkom i hemijskom sastavu, a razlike zavise od nanosa reke uz koju su obrazovana ova zemljišta, uslova tokom njihovog taloženja i tipskih procesa u početnoj fazi formiranja. Zajednička osobina svih aluvijalnih zemljišta je da su slojevita na preseku. Po mehaničkom sastavu u gornjem sloju zavise od rečnog nanosa, u srednjem sloju su ova zemljišta često ritske crnice većinom lakšeg mehaničkog sastava, dok se donji sloj odlikuje dobrom sortiranošću čestica različite diperznosti i težeg mehaničkog sastava (Živković, 1972; Belić *i sar.*, 2011). Hemijske osobine zavise od vrste nanosa. Najvažniji sastojak je kalcijum karbonat čiji se procenat kreće od 10 do 25%. Količina humusa varira između 1–2,5%, a pH vrednost u vodi je neutralne do slabo alkalne reakcije. Sadržaj azota u gornjim slojevima je nizak od 0,10–0,20%. Ova zemljišta ili nemaju ograničenja u proizvodnji, mogu biti visoko produktivna zemljišta, ili imaju veoma ozbiljna ograničenja (Tab. 12).

Smonice su zemljišta rasprostranjena u uvalama Srbije (Čačansko-Kraljevačka, Toplica, Kosovo, Metohija) i na višim terenima oko reke Velika Morava i Timok u Vojvodini (www.fao.org). Sinonimni naziv za ova zemljišta u WRB bazi je vertisol (Tab. 13). Smonice nastaju na terciarnim karbonatnim sedimentima bogatim glinom. Na preseku profila sastoje se iz tri horizonta: A, AC i C – horizonta. A – horizont je humusni horizont crne boje i smolastog izgleda. Zbog prisustva većeg udela čestica gline u vreme padavina, ova zemljišta su teže propusna, jer glina ima osobinu da nabubri, a u vreme suše javljaju se pukotine i brazde. AC – horizont je obično po sastavu teška glinuša, a C – horizont čini matičnu podlogu koja su najčešće jezerski talozi po sastavu karbonatne teške ilovače i gline. Sadržaj humusa u ovim zemljištima je visok i varira od 3 do 5%, a udeo azota je relativno nizak i kreće se od 0,12 do 0,16%. Visina pH vrednosti se kreće od 6,0 do 7,4 i reakcija je neutralna do slabo kisela. Zbog nepovoljnog mehaničkog sastava, a time i vodnovazdušnog režima, ova zemljišta imaju umerena do veća ograničenja u poljoprivrednoj proizvodnji (Tab. 12).

Prema FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) klasifikaciji određeni su tipovi zemljišta za svaki od jedanaest lokaliteta (Tab. 13): Novi Sad (NS), Sombor (SO), Požega (PO), Kraljevo (KR), Kruševac (KU), Čuprija (CU), Niš (NI), Zaječar (ZA), Dimitrovgrad (DM), Vranje (VR) i Prizren (PR). Set podataka korišćen u istraživanju obuhvatao je dubinu profila, mehaničke i hemijske osobine zemljišta. Od mehaničkih karakteristika uzet je u obzir procenat sadržaja peska, praha i gline, a hemijske karakteristike su obuhvatale eksperimentalne podatke sadržaja organskog ugljenika i procenat azota. Baza podataka o karakteristikama zemljišta preuzeta je od Agencije za zaštitu životne sredine, Beograd (Tab. 14). Od vodnih karakteristika zemljišta u (Tab. 13) (Mihailović *et al.*, 2014). prikazane su vrednosti količine vode dostupne biljci, koja predstavlja razliku poljskog vodnog kapaciteta i tačke venjenja (Vučić, 1976). Prilikom analiza kultura u nenavodnjavanom režimu, ova veličina je jedan od presudnih faktora koji utiče na rast i razvoj i konačan prinos biljke. Podaci prikazuju da većina zemljišta izabranih lokaliteta pripada grupi umereno dostupne količine vode biljci i to od 142–186 mm idući od juga ka severu Srbije. U centralnom delu Srbije postoji zona u kojoj su zemljišta klasifikovana kao zemljišta niskih vodnih „mogućnosti“. U Tabeli 13. predstavljeni su tipovi zemljišta, čiji su podaci korišćeni u radu za jedanaest lokaliteta u blizini meteoroloških stanica.

Tabela 12. Glavni tipovi zemljišta (ha) i njihova ograničenja u upotrebi u poljoprivrednoj proizvodnji (Protić, 2005).

Tip zemljišta	Površina (ha)	Limiti
Černozem	1.200.000	Ne postoje ograničenja
Smonica (vertisol)	780.000	Umerena ograničenja
Smeđe šumsko (Distrični kambisol)	2.280.000	Ozbiljna do veoma ozbiljna ograničenja
Gajnjača (Eutrični kambisol)	560.000	Umerena ograničenja
Luvisol	510.000	Umereno ograničenja
Fluvisol	760.000	Nema ograničenja do veoma ozbiljna ograničenja, mogu biti visoko produktivna zemljišta
Arenosol	86.000	Ozbiljna ograničenja usled brze filtracije, siromašna i srednje produktivna zemljišta
Solonjec	233.000	Ozbiljna ograničenja



Slika 2. Mapa tipova zemljišta Srbije (Protić, 2005)

Tabela 13. Klasifikacija tipova zemljišta po mehaničkim karakteristikama i dostupnosti vode biljci

Br	Lokaliteti meteroloških stanica	Tip zemljišta (Škorić <i>i sar.</i> , 1985)	Tip zemljišta po svetskoj bazi podataka (www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2007_corr.pdf)	Količina vode dostupna biljci (mm) (Mihailović <i>et al.</i> , 2014)	Klasifikacija po dostupnosti vode biljci (Mihailović <i>et al.</i> , 2014)
1.	NS	Černozem karbonatni	Chernozem	174	umerena
2.	SO	Černozem karbonatni	Chernozem	186	umerena
3.	PO	Fluvisol ilovasti	Fluvisol	154	umerena
4.	KR	Fluvisol glinoviti	Fluvisol	180	umerena
5.	KU	Gajnjača	Cambisol	119	niska
6.	CU	Eutrično smeđe	Cambisol	119	niska
7.	NI	Eutrično smeđe	Cambisol	142	umerena
8.	ZA	Eutrično smeđe	Cambisol	142	umerena
9.	DM	Eutrično smeđe	Cambisol	142	umerena
10.	VR	Smonica	Vertisol	146	umerena
11.	PR	Gajnjača	Cambisol	119	niska

Tabela 14. Mehaničke i hemijske osobine zemljišta za jedanaest izabranih lokaliteta (Agencija za Zaštitu životne sredine, Beograd)

Br. lokaliteta	Lokaliteti meteroloških stanica	Vrh profila (cm)	Dno profila (cm)	Glina (%)	Prah (%)	Pesak (%)	Humus (%)	Zapreminska masa (g/cm ³)	%C= humus/1.7204 (%)	%N= humus* 0.05 (%)
1.	NS	0	30	27,49	35,76	36,75	2,60	1,21	1,51	0,19
		30	53	26,55	34,31	39,14	1,69	1,31	0,98	0,15
2.	SO	0	20	18,40	30,44	51,16	3,80	1,28	2,21	0,19
		20	40	21,00	28,52	50,48	3,60	1,24	2,09	0,18
3.	PO	0	20	17,20	31,40	50,40	1,86	1,45	1,08	0,09
		20	40	21,40	32,00	45,60	2,26	1,41	1,31	0,11
4.	KR	0	25	18,70	58,40	22,60	4,82	1,38	2,80	0,24
		25	40	24,20	54,30	21,00	3,82	1,34	2,22	0,19
5.	KU	0	3,5	28,6	55,20	16,2	5,07	1,31	2,95	0,25
		3,5	55	38,85	51,20	9,95	0,91	1,25	0,53	0,05
6.	CU	0	20	30,00	30,40	40,20	2,95	1,35	1,72	0,15
		20	40	26,30	28,80	44,40	2,20	1,37	1,28	0,11
7.	NI	0	23	23,50	24,30	53,20	2,07	1,41	1,20	0,10
		30	50	20,20	22,60	56,20	0,46	1,44	0,27	0,02
8.	ZA	0	10	7,80	36,50	55,70	8,98	1,58	5,22	0,45
		10	75	15,20	26,40	58,40	2,92	1,48	1,70	0,15
9.	DM	0	25	34,20	29,50	36,60	3,64	1,32	2,12	0,18
		50	70	35,50	28,80	36,20	2,66	1,31	1,55	0,13
10.	VR	0	20	47,20	26,20	26,58	2,50	1,58	1,45	0,12
		20	40	48,10	28,00	23,93	2,23	1,58	1,30	0,11
11.	PR*	0	10	5,25	34,92	59,84	3,8	1,48	2,21	0,18
		20	40	14,08	34,64	51,28	1,2	1,47	0,70	0,12

*PR – karakteristike zemljišta preuzete su iz doktorskog rada Babović, 1960 za tipični kambisol Kosovskog regiona u blizini lokaliteta meteorološke stanice.

5.1.4. Ogledi

5.1.4.1. Ogled pšenice

Za potrebe kalibracije modela biljne proizvodnje neophodni su podaci o sorti, izmerenim godišnjim prinosima, dinamici vegetacije i primenjenoj agrotehnici. U izradi ove disertacije korišćeni su podaci iz višegodišnjeg ogleda sa ozimom pšenicom, sorta Balkan, izvedeni u Zavodu za strna žita Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima. Prinosi i dinamika vegetacije praćeni su tokom dvanaestogodišnjeg perioda (Tab. 15 i 16).

Tabela 15. Izmereni prinosi (t/ha) ozime pšenice sorte Balkan u dvanaestogodišnjem ogledu 1994-2006. na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo

God.	Prinosi (t/ha)
1994	7,50
1995	8,13
1996	7,30
1997	6,56
1998	8,22
1999	5,11
2000	7,58
2001	6,34
2002	6,58
2003	2,80
2004	6,58
2005	6,62
2006	5,17

Tabela 16. Osmotrena dinamika vegetacije ozime pšenice sorte Balkan u dvanaestogodišnjem ogledu 1994-2006. na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo

God.	Datum setve	Datum cvetanja	Datum žetve	Br. dana setva-cvetanje	Br. dana cvetanje-žetva
1993	18. oktobar	-	-	204	
1994	15. oktobar	10. maj	03. jul	207	54
1995	20. oktobar	10. maj	28. jun	197	49
1996	17. oktobar	04. maj	23. jun	196	50
1997	17. oktobar	01. maj	15. jun	201	45
1998	20. oktobar	06. maj	25. jun	200	50
1999	20. oktobar	08. maj	22. jun	194	45
2000	14. oktobar	01. maj	18. jun	211	48
2001	18. oktobar	13. maj	28. jun	204	46
2002	17. oktobar	10. maj	22. jun	196	43
2003	19. oktobar	01. maj	27. jun	209	57
2004	13. oktobar	15. maj	04. jul	217	50
2005	26. oktobar	18. maj	13. jul	211	56
2006	-	25. maj	14. jul	-	50

Uočeno je da je prinos zrna pšenice tokom dvanaestogodišnjeg perioda varirao između 5,11 t/ha i 8,22 t/ha. Pšenica se na području Srbije gaji u nenavodnjavanim uslovima i na taj način nedostatak padavina se ne nadoknađuje te su prinosi neminovno niži.

Agrotehnologija. Setva je izvršena 15. oktobra 1993. godine, sa međurednim razmakom 12 cm na dubinu od 4 cm. Gustina setve je iznosila 540 biljaka/m². Usev je đubren sa 100 kg/ha azota. U proleće, usev je prihranjen ureom 46 kg/ha N. U prvoj godini oglada žetva je izvršena 03. jula 1994.

Genetski koeficijenti su jedinstveni za svaku vrstu, jer opisuju njene karakteristike. Ovim koeficijentima se određuje dužina trajanja fenofaza i vegetacione sezone i raspodela biomase. Za potrebe simulacije rasta i razvoja pšenice, u modelu DSSAT navedeno je 6 koeficijenata (Tab. 17), koji se odnose na sortu evropska ozima pšenica (eng. European Winter Wheat), a koji su po vrednostima gotovo isti za našu ozimu sortu Balkan: P1V – broj dana sa optimalnom temperaturom potrebnih za završetak faze vernalizacije (dani), P3 – dužina trajanja faze nalivanja zrna (⁰Cdan), PID – procenat usporenja u brzini razvoja za fotoperiod kraći od 10 sati u odnosu na brzinu razvoja u optimalnim uslovima (%), G1 – broj zrna po jedinici mase biljke u fazi cvetanja (broj zrna/g), G2 – uobičajena masa zrna u optimalnim uslovima (mg), G3 – uobičajena, suva masa (ukupna, uključujući zrno) jednog klasa u fazi zrelosti (g), PHINT – vremenski interval između do pojave prvog pravog lista (⁰Cdan) (Hoogenboom et al., 2003). Koeficijenti korišćeni u simulacijama dati su kao deo DSSAT v.4.0 modela za ozimu sortu. Standarde za opis koeficijenata definisao je Hunt i Tsuji, 2003 i Ritchie, 1993.

Tabela 17. Genetski koeficijenti za ozimu pšenicu sorte Balkan

Genetski koeficijenti	Vrednosti
P1V (dan)	35
P1D (%)	75
P3 (⁰ Cdan)	500
G1 (br. zrna/g)	28
G2 (mg)	35
G3 (g)	1,3
PHINT (⁰ Cdan)	90

5.1.4.2. Ogled kukuruza

Za potrebe kalibracije modela biljne proizvodnje preuzeti su podaci sa oglednog polja srednje kasnog kukuruza, hibrida NSSC 640, koje je bilo postavljeno na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo u periodu 1997-2005 (Pejić *i sar.*, 2009). U prvoj godini oglada setva je bila izvršena 20. aprila u redove, uobičajenog sklopa 5,7 biljaka/m². Međuredni razmak iznosio je 70 cm, a dubina setve 5 cm. Usev je bio đubren sa 135 kg/ha N, 135 kg/ha P i 175 kg/ha K, kako bi kukuruz imao optimalne uslove ishrane na početku vegetacije. U proleće usev je bio prihranjivan sa 46 kg/ha N ureom. Cilj oglada bazirao se na poređenju prinosa između nenavodnjavog i navodnjavanog useva (180 mm prosečno dodate vode u toku vegetacionog perioda) tokom osam uzastopnih vegetacionih sezona (Tab. 18). U prvoj godini oglada žetva je bila izvršena 15. septembra u fazi tehnološke zrelosti. Podaci o fenologiji, prosečnom datumu nastupanja faze cvetanja i zrenja hibrida NSSC 640 registrovanih opažanjima u polju su preuzeti iz rada Pejić *i sar.*, 2009 i na osnovu istih je urađena kalibracija i validacija modela za prosečne datume nastupanja faze cvetanja i zrenja za hibrid NSSC 640.

Tabela 18. Izmereni prinosi (t/ha) srednje kasnog hibrida kukuruza NSSC 640 u uslovima bez navodnjavanja i uslovima navodnjavanja u ogledu 1997-2005. godine na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo

Godina	Prinos izmereni nenavodnjavan ogled (t/ha)	Prinos izmereni navodnjavan ogled (t/ha)
1997	12,16	14,06
1998	9,17	10,26
1999	10,50	11,44
2000	8,04	13,46
2001	9,61	10,77
2002	10,21	13,60
2003	9,65	13,53
2004	10,50	12,96
2005	13,76	14,22
Srednja vrednost	10,40	12,70

Genetski koeficijenti korišćeni su kao neophodni ulazni podaci u DSSAT biljnom modelu proizvodnje. Ovim koeficijentima se određuje dužina trajanja fenofaza i vegetacione sezone i raspodela biomase. Za potrebe simulacije rasta i razvoja kukuruza, u modelu DSSAT navedeno je 6 koeficijenata (Tab. 19), koji se odnose na srednje kasni hibrid (eng. medium season maize), računanjem sume efektivnih temperatura za svaku fenofazu posebno. Suma efektivnih temperatura je veličina kojom se najbolje opisuje dužina vegetacije (Ritchie *et al.*, 1993). Vegetacioni period u simulacijama karakteriše se uz pomoć pet genetičkih koeficijenata (Tab. 17): P1 - suma efektivnih temperatura iznad 8 °C od nicanja do kraja faze „11 - 15 listova“; P2 – produženje vegetativnog razvoja za svaki sat više iznad optimuma maksimalno dugog fotoperioda (12,5 časova), pri kome je rast i razvoj maksimalne brzine; P5 – suma efektivnih temperatura od svilanja do fiziološke zrelosti; G2 - maksimalan broj zrna po biljci; G3 – brzina nalivanja zrna u optimalnim uslovima i PHINT – suma efektivnih temperatura potrebna za pojavu prvog pravog lista. Standarde koji se koriste pri određivanju genetičkih koeficijenata u modelu postavili su Hunt i Tsuji, 2003.

Tabela 19. Genetski koeficijenti za srednje kasni hibrid NSSC 640

Genetski koeficijenti i jedinice	Vrednosti
P1 (°C dan)	220,0
P2 (dan)	0,400
P5 (°C dan)	980,0
G2 (broj zrna/biljci)	800,0
G3 (mg/dan)	8,50
PHINT (°C dan)	38,90

5.1.4.3. Ogled soje

Za potrebe kalibracija i validacije modela biljne proizvodnje preuzeti su podaci i prinosi sa oglednog polja soje II grupe zrenja, koje je bilo postavljeno na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo u periodu 1981-1994. (Tab. 20), Miladinović *i sar.*, 2008.

U prvoj godini ogleda setva je bila izvršena 20. aprila 1981. godine, u redove uobičajenog sklopa 40 biljaka/m². Međuredni razmak iznosio je 45 cm, a dubina setve 4 cm. Usev je bio đubren sa 30 kg/ha N, 60 kg/ha P i 50 kg/ha K, kako bi soja imala optimalne uslove ishrane na početku vegetacije. U prvoj godini ogleda žetva je bila izvršena 15. avgusta u fazi tehnološke zrelosti, Miladinović *i sar.*, 2008. Tokom četrnaestogodišnjeg perioda izmereni prinosi su bili stabilni i visoki iznad 3 t/ha, izuzev 1985. godine 2,59 t/ha. Podaci o fenologiji (datumi nastupanja cvetanja i zrenja) dati su na uvid od strane Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo iz internih dokumenata Komisije za priznavanje sorti.

Tabela 20. Izmereni prinosi (t/ha) soje II grupe zrenja u uslovima navodnjavanja za period 1981-1994. na Rimskim Šančevima Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo

Godina	Prinos izmereni (t/ha)
1981	3,11
1982	3,48
1983	3,14
1984	3,86
1985	2,59
1986	3,37
1987	3,86
1988	3,72
1989	3,38
1990	4,16
1991	3,94
1992	4,24
1993	4,64
1994	4,84
Srednja vrednost	3,74

Vegetacioni period u simulacijama karakteriše se uz pomoć petnaest genetskih koeficijenata (Tab. 21): CSDL - kritična dužina dana ispod koje razvoj reproduktivnih organa ne zavisi od dužine dana (za biljke kratkog dana) (h); PPSEN – koeficijent uticaja fotoperioda na razvoj biljke (1 h⁻¹); R1 – period između nicanja i pojave prvog cveta (°C dan); R3 - period između pojave prvog cveta i prve mahune (°C dan); R5 - period između prvog cveta i prvog semena (°C dan); R7 - period između prvog semena i fiziološke zrelosti (°C dan); RR1 - period između prvog cveta i kraja formiranja lisne mase (°C dan); maksimalna brzina fotosinteze na 30 °C, 350 vpm CO₂ i visokoj osvetljenosti (mg CO₂/m^{2-s}); površina lista vrste u uobičajenim uslovima sredine (cm²/g), maksimalna površina razvijenog lista (trolista) (cm²); maksimalni udeo u ukupnom dnevnom porastu biljke odvojen za rast i razvoj zrna i mahune; maksimalna masa jednog zrna (g); dužina faze nalivanja zrna po mahuni u normalnim uslovima sredine (°C dan); prosečan broj semena po mahuni u normalnim uslovima gajenja (broj zrna/mahuni); vreme potrebno do formiranja poslednje mahune u optimalnim uslovima gajenja (dan).

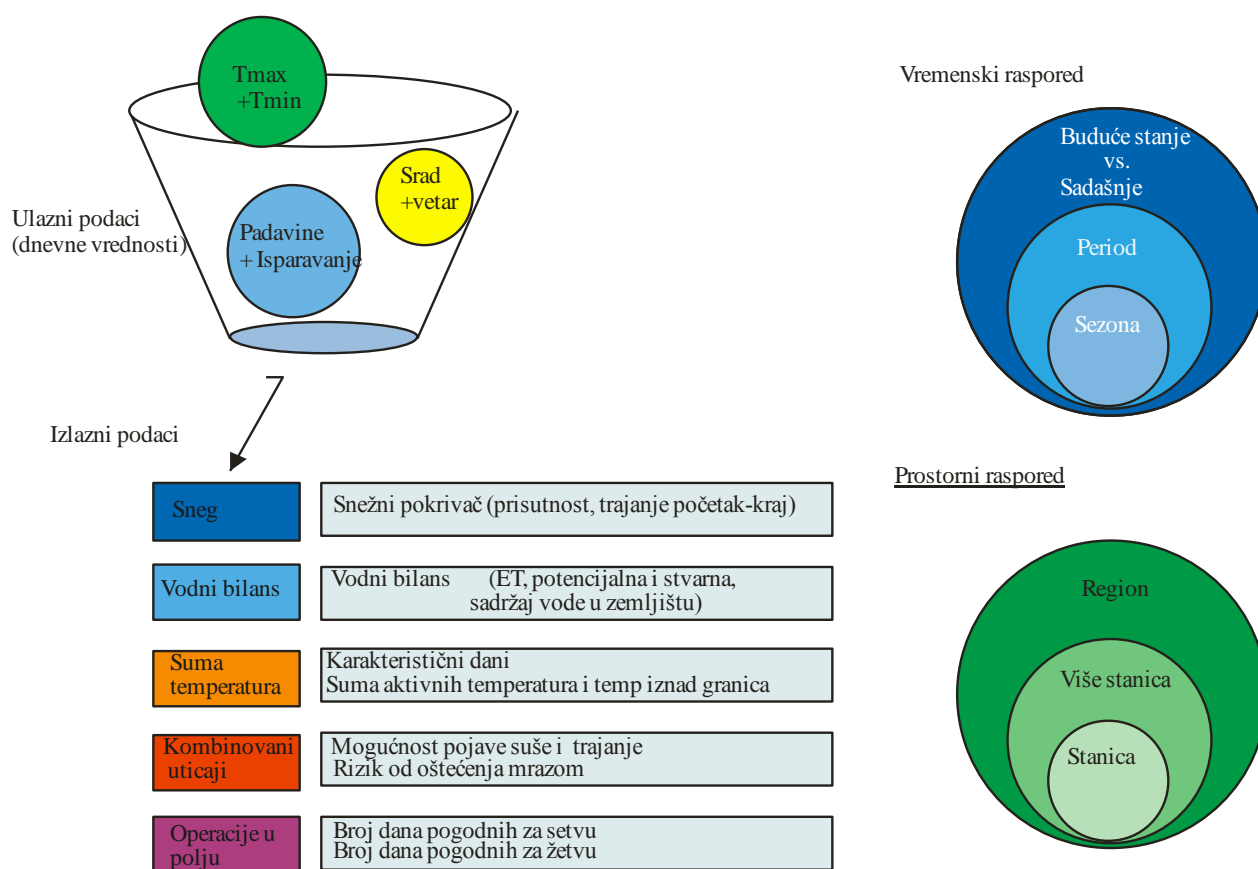
Tabela 21. Genetski koeficijenti i jedinice za soju II grupe zrenja

Genetski koeficijent	Vrednosti
CSDL (h)	13,59
PPSEN (1/h)	0,249
R1 (°C dan)	18,4
R3 (°C dan)	6,0
R5 (°C dan)	14,5
R7 (°C dan)	30,50
RR1 (°C dan)	26,00
Maksimalna brzina fotosinteze na 30 °C, 350 vpm CO ₂ i visokoj osvetljenosti (mg CO ₂ /(m/s ²))	1,030
Površina lista vrste u uobičajenim uslovima sredine (cm ² / g)	375,
Maksimalna veličina razvijenog lista (trolista) (cm ²)	180,0
Maximum fraction of daily growth that is partitioned to seed + shell	1,00
Maksimalna masa jednog semena (g)	0,19
Dužina faze nalivanja zrna po mahuni u optimalnim uslovima sredine (°C dan)	23,0
Prosečan broj semena po mahuni u normalnim uslovima gajenja (broj/mahuni)	2,20
Vreme potrebno do formiranja poslednje mahune u optimalnim uslovima (°C dan)	10,0

5.2. METOD

5.2.1. Agriclim - model za izračunavanje agroklimatskih indeksa

Uz pomoć Agriclim (*eng. Agriclim*) modela moguće je izračunavanje agroklimatskih indeksa i faktora stresa na poljoprivredne kulture u budućim klimatskim uslovima. Na osnovu ulaznih podataka koji predstavljaju dnevne vrednosti meteoroloških elemenata (maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura, sume padavina i pritiska vodene pare, sunčevog zračenja i brzine vetra) izračunavaju se vrednosti agroklimatskih indeksa. Rezultati predstavljaju datum prve i poslednje pojave snežnog pokrivača; vodni bilans, koji obuhvata potencijalnu i stvarnu evapotranspiraciju i sadržaj vode u zemljištu, dane sa ekstremnim temperaturama, sume aktivnih temperatura i temperature iznad biološkog minimuma, mogućnost pojave suše i trajanje, rizik od oštećenja mrazom, datume poslednjeg prolećnog mraza, prvog jesenjeg mraza, broj dana pogodnih za obavljanje setve i žetve Sl. 3.



Slika 3. Funkcionalna šema Agriclim modela (Trnka *et al.*, 2008)

U analizi obuhvaćeni su sledeći agroklimatski indeksi : srednja temperatura i suma padavina za: godišnji period periode koji su od značaja u toku vegetacione sezone: oktobar – mart (O – M), decembar – januar – februar (DJF), april – septembar (A-S), mart – april –maj (MAM), april – maj – jun (AMJ) i jun – jul – avgust (JJA) period. Kako bi se detaljno i celovito prikazala aktuelna i očekivana temperatura vazduha, u analizu su uključeni i rezultati izračunavanja broja mraznih ($T_{min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), ledenih ($T_{max} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$), letnjih ($T_{max} > 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) i tropskih ($T_{max} > 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$) dana. Suma aktivnih temperatura vazduha većih od 10°C i prosečni datumi nastupanja poslednjeg prolećnog i prvog jesenjeg mraza. Navedeni rezultati

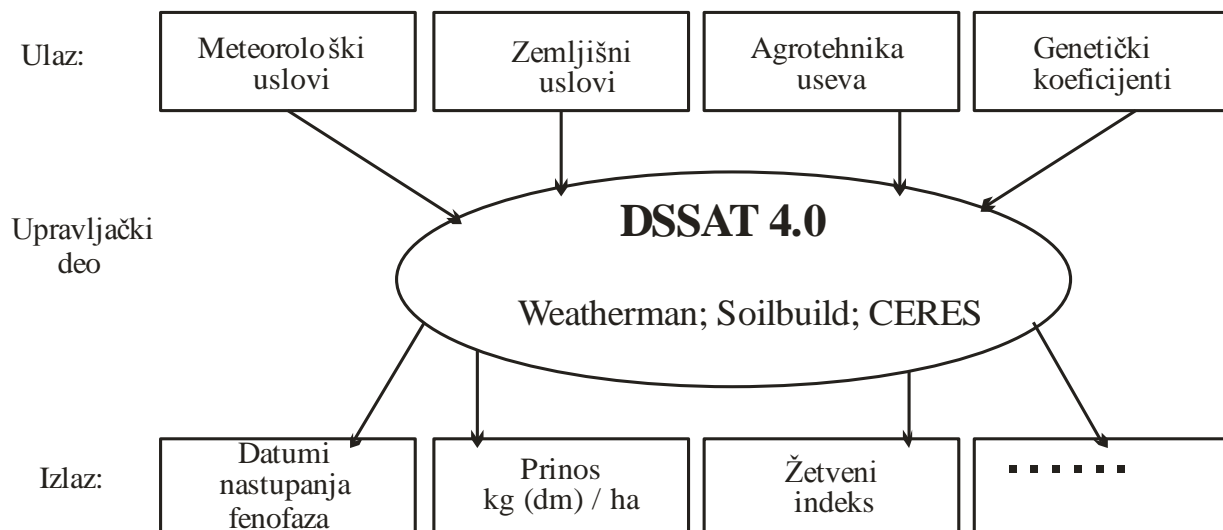
obuhvaćeni su analizom da bi se dobio uvid u promenu prosečnog broja dana tokom vegetacije sa ekstremnim temperaturnim vrednostima, koje imaju značajan uticaj na fiziološki stres u biljnoj proizvodnji i na promenu u dinamici vegetacije i prinosu. Svi agrometeorološki pokazatelji prikazani su i analizirani za jedanaest lokaliteta za period 1971– 2000. i buduće stanje klime za 2030. i 2050. godinu za tri klimatska modela ECHAM, HadCM i NCAR – PCM i dva scenarija A1B i A2. Svaki od agroklimatskih indeksa uzet je u obzir da bi se na osnovu analize navedenih pokazatelja i bioloških osobina izabranih biljnih kultura (pšenice, kukuruza, soje) ocenile mogućnosti gajenja i limita proizvodnje biljne kulture na posmatраних jedanaest lokaliteta.

Pojava poslednjeg (kasnog) prolećnog mraza ($T_{min} < -0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$) je posmatrana za period januar-jul. Na osnovu ove projekcije moguće je utvrditi da li će se bezbedan početak vegetacione sezone za jare useve, datum setve, kao i mogućnost pojave mraza, javljati u budućim uslovima ranije ili kasnije. Pojava prvog (ranog) jesenjeg mraza je posmatrana za period avgust-decembar. Pojava prvog ranog mraza utiče na prinos već postojećih kultura u vegetaciji i određivanje datuma setve sledeće kulture, kako bi se izbegle štete. Veoma je značajno u kom periodu se javlja i koliko dugo se zadržava snežni pokrivač zbog različite reakcije biljke u različitim stadijumima razvoja. Na osnovu projekcija može da se utvrdi da li će dužina trajanja snežnog pokrivača biti kraća ili duža i na osnovu tih informacija da li je usev zaštićen od mraza i da li su potrebne zaštitne mere protiv mraza. Za sumu efektivnih temperatura uzet je zbir svih srednjih dnevniх temperatura vazduha od $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ i naviše, za određeni vremenski period.

5.2.2. DSSAT 4.2. model biljne proizvodnje

DSSAT 4.0 je model biljne proizvodnje, čiji je cilj bio da se simulacijom bioloških potreba useva, najefektivnije iskoriste postojeći i budući prirodni resursi zemljišta i klime (Tsuji et al., 1998). Ovaj model obuhvata simulacije proizvodnje preko 28 gajenih biljaka. DSSAT model je „okruženje“ pod kojim funkcioniše skup submodela koji opisuju interakciju atmosfera – zemljište – biljni sklop. Submodele čine meteorološki submodel (Weatherman), zemljišni (Soilbuild) i za biljnu proizvodnju (CERES, SOYGRO, ...). Oni funkcionišu na osnovu jednačina koje su deo fizičkog paketa submodela i odgovarajućih baza ulaznih podataka.

Na Slici 4. prikazana je funkcionalna šema modela DSSAT 4.0 koji se sastoji od dela sa ulaznim podacima, upravljačkog dela i izlaznog u kojem se čuvaju izlazni podaci, tj. rezultati simulacija.



Slika 4. Funkcionalna šema modela biljne proizvodnje DSSAT 4.0

Za potrebe rada meteorološkog submodela, neophodne su izmerene dnevne vrednosti meteoroloških elemenata i pojava (maksimalne temperature, minimalne temperature, količine padavina, pritisak vodene pare i brzine vetra) izmerene na meteorološkoj stanici u tridesetogodišnjem periodu u blizini lokaliteta uzgajanja biljke. Ovi podaci su dostupni kod Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije na uvid javnosti. Format koji je submodelu prepoznatljiv jeste „notepad“ u kojem su sve dnevne vrednosti sortirane u kolone. U submodelu se ovi podaci sačuvaju pod nazivom meteorološke stanice za određen lokalitet. Za procenu budućeg stanja klime koristili su se rezultati simulacija globalnih klimatskih modela: (a) HadCM3 (Gordon *et al.*, 2000), (b) ECHAM5 (Roeckner *et al.*, 2003) i (c) NCAR-PCM (Washington *et al.*, 2000) i dva scenarija „pesimistički“ (SRES-A2) i „optimistički“ (SRES-A1B) scenario za emisiju gasova staklene bašte za 2030. i 2050. godinu. Da bi podaci dobijeni iz globalnih klimatskih modela bili upotrebljivi i na manjim prostornim i vremenskim razmerama, neophodno je uraditi regionalizaciju (eng. downscaling) klimatskih simulacija. U ovom radu su korišćeni podaci, čija je regionalizacija obavljena korišćenjem Met&Roll vremenskog generatora (Dubrovsky, 1996; 1997).

U radu je prikazan uticaj klimatskih promena u uslovima vrednosti koncentracije CO₂ od 330 ppm kako za referentni period tako i za uslove klime 2030. i 2050. godine i isto uticaj klimatskih promena u uslovima sa očekivanim vrednostima CO₂ koncentracije preuzetih iz IPCC izveštaja, 2007.

Za potrebe rada zemljišnog submodela korišćen je set podataka preuzet od Agencije za zaštitu životne sredine, Beograd (Tab. 14). Dostupni podaci obuhvatali su dubinu profila, mehaničke i hemijske osobine zemljišta. Od mehaničkih osobina dobijeni su podaci o procentu sadržaja peska, praha i gline, a od hemijskih, eksperimentalni podaci sadržaja organskog ugljenika i procenat azota. Zemljišni submodel funkcioniše tako što za unete navedene podatke definiše tip zemljišta, prikaže obezbeđenost zemljišta azotom i organskim ugljenikom i izračunaju određene vodne karakteristike zemljišta.

Da bi se sorte/hibridi jedne vrste razlikovali u modelu kao i u realnoj proizvodnji, za svaku sortu/hibrid, definišu se genetski koeficijenti. Njima su opisane genetske karakteristike sorte/hibrida tj. fenologija, prinos zrna, biomase i specifične karakteristike svojstvene za svaku sortu/hibrid. S obzirom da u domaćoj literaturi nisu pronađene vrednosti ovih koeficijenata za domaće sorte-hibride pšenice, kukuruza i soje u simulacijama su korišćene vrednosti genetskih koeficijenata koje su unapred definisane u DSSAT 4.0 modelu za odgovarajući tip sorte-hibrida uz odgovarajuću adaptaciju koeficijentata.

Submoduli za simulaciju rasta i razvoja pojedinih biljnih vrsta su raznovrsni i navode se karakteristike samo submodula korišćenih za simulacije rasta i razvoja izabrane u radu pšenice, kukuruza i soje.

5.2.2.1. CERES–modul za simulaciju rasta i razvoja pšenice i kukuruza

Model za simulaciju rasta biljke CERES ima funkciju simulacije dinamike vegetacije i prinosa kukuruza, pšenice, ječma, sirka, ovsu i pirinča (Tsuji *et al.*, 1998). Ovaj model objedinjuje sve ulazne podatke kao i informacije koje se dobijaju na izlazu iz modela za zemljište i meteorološkog modula. Tokom simulacija model izračunava fazu razvića biljke, brzinu rasta i razvića i „razdeljuje“ produkovanu biomasu na pojedine biljne organe. Ovi procesi su dinamičke prirode i na njih utiču genetički koeficijenti specifični za hibrid i uslovi životne sredine (meteorološki uslovi i zemljišni). Meteorološki uslovi se dobijaju praćenjem i osmatranjem vremenskih uslova i generisanjem vremenskih serija za buduće uslove, a zemljišne karakteristike se dobijaju sintetičkom aproksimacijom vodnog bilansa u zemljištu, dostupnosti azota i ostalih hraniva, vazdušnog režima i prostornog raspored korenovog sistema. Genetički koeficijenti se izračunavaju na osnovu sortnih/hibridnih karakteristika: produkcije biomase, brzine razvića i prinosa. Prinos je definisan kao proizvod broja zrna po biljci pomnožen sa srednjom masom zrna u toku fiziološke zrelosti. Ukupna biomasa je proizvod srednje brzine rasta i trajanja rasta (Tsuji *et al.*, 1998). Na osnovu ovih koeficijenata, uslova sredine i podataka o ogledu može da se izvrši kalibracija modela.

5.2.2.2. SOYGRO–modul za simulaciju rasta i razvoja soje

U radu je korišćen SOYGRO model (Tsuji *et al.*, 1989) za simulaciju rasta i razvoja soje. Model je fiziološki orijentisan za simulaciju rasta i razvoja leguminoza: porast suve materije, LAI i prinosa, i uticaja klimatskih promena na agrotehnologiju. SOYGRO se sastoji od komponenata koje simuliraju fenologiju, vodni bilans u zemljištu i azotni bilans biljke. Fenološka komponenta preuzima informacije iz genetskih datoteka, koji sadrže kritične temperature za vrstu, i ekotip-fajlova, koji sadrže informacije o dužini trajanja fizioloških faza. Dužina trajanja faza zavisi od temperaturnih suma potrebnih za pojedine faze i dužine dana. Usevi kao što je soja su osetljivi na dužinu dana. Kada vrednosti suma temperatura i dužina dana dostignu zadatu vrednost određenu genetičkim koeficijentom biljka prelazi iz jedne fiziološke faze u sledeću (Hoogenboom *et al.*, 2003). Komponenta modela za određivanje vodnog bilansa zemljišta simulira efektivno navodnjavanje isparavanje, transpiraciju i evapotranspiraciju. Vodni bilans je korigovani model Ritchie i Otter (1985) model, dok se potencijalna evapotranspiracija računa koristeći Priestley i Taylor (1972) koncept evapotranspiracije. Ovaj model se koristi za izračunavanje evapotranspiracije i potreba za navodnjavanjem u Sjedinjenim Američkim Državama (Hoogenboom *et al.*, 1991). Postoji i komponenta SOYGRO modela za izračunavanje nitratnog bilansa, koji podrazumeva usvajanje azota, njegovu fiksaciju i mobilizaciju, Hoogenboom *et al.*, 1990. SOYGRO ima mogućnost da adekvatno simulira direktan uticaj povišene koncentracije atmosferskog CO₂ na fotosintezu i upotrebu vode (Hoogenboom *et al.*, 1995; Siqueira *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1988). Prednost ovog modela je u tome što simulira rast i razviće na dnevnom nivou i tako se promene u fiziološkim procesima (transpiraciji, stres izazvan nedostatkom vode, ...) mogu pratiti dnevno i na taj način najlakše odrediti adaptacione mere, jer na dnevnom nivou mogu da se prate i potrebe biljke.

5.3. Kvantifikovanje uticaja koncentracije CO₂ na izabrane biljne vrste

Povišena koncentracija CO₂ različito utiče na biljke, u zavisnosti od prirode fotosintetičkog procesa. Postoje takozvane C3 i C4 biljke. C3 biljke (pšenica, soja) su mnogo osjetljivije na povišenu koncentraciju CO₂ i njegov uticaj. Povišena koncentracija CO₂ redukuje gubitke - otpuštanje ugljenika disanjem, uvećavajući na taj način produktivnost i rast biljke (Allen *et al.*, 1987), pod čime se podrazumeva da biljke proizvode više vegetativne mase. Po navodima Wittwer-a (1995), u 93% od 1000 studija praćenja efekta CO₂ koncentracija je potvrđeno da povišena koncentracija CO₂ ima uticaj na povećanje produktivnosti biljke, sa prosečnim povećanjem prinosa za 52%. U literaturi je poznato da prinos soje raste i do 30%, u slučajevima kada je CO₂ koncentracija 550 ppm, što je potvrđeno na lokalitetu države Illinois, pod uslovom da je soja bila odgovarajuće navodnjavana i prihranjena (Southworth *et al.*, 2002). Uticaj koncentracije CO₂ na C3 biljke, u radu je simuliran CERES i SOYGRO modelom za izabranu sortu pšenice i soje.

C4 biljke imaju manju korist od povišene koncentracije CO₂. Većina merenja izmene gasova su pokazala da su C4 biljke blizu saturacije fotosinteze u sadašnjim uslovima CO₂ koncentracije (Ludlow i Wilson 1971; von Caemmerer *et al.*, 1997), ali proces nije u potpunosti zasićen u sadašnjim i budućim uslovima, u odgovarajućem režimu navodnjavanja C4 biljaka (Wong, 1979; Morgan *et al.*, 1994; Watling i Press, 1997; Ziska i Bunce, 1997; Wand *et al.*, 1999; Ziska *et al.*, 1999; Ghannoum *et al.*, 2000). Uticaj koncentracije CO₂ na prinos C4 biljaka je u tesnoj vezi sa temperaturom i sumom padavina. U slučaju viših temperatura, uticaj CO₂ koncentracije je pozitivniji, ali samo u odgovarajućem režimu navodnjavanja. Utvrđeno je da viša koncentracija CO₂ može da uveća ukupnu proizvodnju biomase za useve koji se gaje radi vegetativne mase produžujući period (trajanje) vegetacione sezone u toplim regionima, ali uticaj na povećanje prinosa je mali. Na osnovu simuliranih vrednosti prinosa zrna kukuruza u doktoratu, utvrđeno je da u uslovima bez navodnjavanja i pri povišenoj koncentraciji CO₂ prinos opada, a u uslovima adekvatnog navodnjavanja prinos raste.

5.4. DSSAT 4.2 u funkciji kvantifikovanja mera adaptacija

DSSAT model biljne proizvodnje je izabran u istraživanju i kvantifikovanju mera adaptacija, jer se promene u fiziološkim procesima (transpiraciji i stres prouzrokovan usled nedostatka vode, ...) u simulacijama mogu pratiti na dnevnom nivou (Wang *et al.*, 2011), što omogućuju meteorološki ulazni podaci koji su takođe predstavljeni na dnevnom nivou. Na osnovu rezultata o relativnoj promeni prinosa pšenice, kukuruza i soje, za sve izabrane kulture i lokalitete, kod kojih je zapaženo da prinos nije stabilan i da opada, urađene su simulacije DSSAT modelom u cilju ispitivanja efekata različitih mera adaptacije proizvodnje na klimatske promene.

Kao mere adaptacije izabrane su: primena različitih rokova setve i izmena u normi navodnjavanja, predloženih u literaturi (Ventrella *et al.*, 2012; ADAGIO: Medany, 2006; Brassard i Singh, 2008) i prilagođenih našim uslovima proizvodnje.

U agrotehnici pšenice, kukuruza i soje postoje uobičajeni rokovi setve, koji su u skladu sa agrometeorološkim i zemljišnim uslovima. Izmjena roka setve kao mera adaptacije se uvodi da se izbegne negativni uticaj mraza i visokih temperatura. Preliminarni rezultati simuliranih prinosa zrna pšenice za 2030. i 2050. godinu ukazivali su da bi prinos zrna pšenice trebalo da bude nepromenjen ili da neznatno opada, a zrna soje da bude nepromenjen ili značajno viši u očekivanim uslovima u odnosu na referentni period 1971-2000. Preliminarni rezultati simulacije prinosa zrna kukuruza u nenavodnjavanim i navodnjavanim uslovima pokazali su veoma značajan pad prinosa u 2030. i 2050. godini u odnosu na referentni period 1971-2000.

Kako bi se umanjio fiziološki stres kukuruza, na očekivane toplije i sušnije letnje uslove i produžio period vegetacije nalivanja zrna, analiziran je raniji rok setve u proizvodnji kukuruza, za čije potrebe je datum setve bio podešen u modelu na 15 dana ranije, nego u uobičajenoj agrotehnici. Raniji rok setve je izabran radi izbegavanja sušnog letnjeg perioda, kako bi prinos zrna kukuruza bio viši. Isti metod izmene roka setve predložen je u projektu ADAGIO, 2006 (Eitzinger, 2009; Olesen *et al.*, 2006a, Donatelli *et al.*, 2012. i naglašeno je da ovaj metod adaptacije ne podrazumeva dodatna finansijska ulaganja. Autori ADAGIO projekta, raniji rok setve predlažu kao meru adaptacije za agroekološke uslove Austrije, Italije, Bugarske, evropski deo Rusije i Srbiju, za sve jare useve. Kasniji rok setve, oko 1. maja, nije uzet u analizi, jer bi na taj način kukuruz „ušao“ u period suše, a kraj vegetacije bi čak mogao da zahvati i prvi jesenji mraz. Izabrani su svi lokaliteti u nenavodnjavanim uslovima, kako bi se ispitao sam uticaj roka setve, a ne i norme navodnjavanja. U samom modelu rokovi setve se podešavaju na date opcije. Kada je u pitanju određen datum setve on se fiksira opcijom „zadati dan“ (eng. on reported date) i u svakoj narednoj simulaciji istog dana se izvodi setva. Sve simulacije urađene su u uslovima očekivane koncentracije CO₂ po IPCC izveštaju iz 2007. godine. Simulacije su urađene za tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B i A2).

Navodnjavanje

Navodnjavanje je mera adaptacije koja zahteva detaljnu analizu potreba useva za vodom i agrotehnioloških i zemljišnih karakteristika lokaliteta uz ekonomsku analizu isplativosti. U proizvodnim regionima Srbije od izabranih poljoprivrednih kultura pšenica je kultura koja se gaji u uslovima bez navodnjavanja. Nakon dobijenih rezultata simulacija prinosa za 2030. i 2050. godinu ocenjeno je da bi prinos trebalo da bude visok i stabilan i bez mera navodnjavanja i zaključeno da bi navodnjavanje ekonomski bilo neisplativo.

Kukuruz je biljna kultura koja se na našim prostorima, u proizvodnji, uglavnom gaji u nenavodnjavanim uslovima. Nakon dobijenih preliminarnih rezultata simuliranog prinosa zrna kukuruza, navodnjavanje je u DSSAT modelu bilo fiksirano na 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni, što je uobičajena količina u našim uslovima na oglednim poljima, a potom je navodnjavanje bilo fiksirano na 50% dostupne vode biljci, da bi se dobio visok i stabilan prinos u optimalnim vodnim uslovima, Hoogenboom *et al.*, 2012. Pri analizi rezultata prinosa zrna kukuruza posmatran je i utrošak količine vode u očekivanim klimatskim uslovima.

Soja je kultura koja bi trebalo da se navodnjava na našim prostorima. U radu je primenjen metod 50% dostupne vode biljci. Isti metod navodnjavanja predložen je i u literaturi Hoogenboom *et al.*, 2012, gde se smatra da je to mera navodnjavanja kojom se dodaje optimalna količina vode soji u toku proizvodnje. U modelu se opcija za navodnjavanje tako podesi da model automatski dodaje vodu navodnjavanjem do željene količine, kada nivo dostupne vode biljci bude ispod 50%. Svaka pojedinačna norma vode i ukupna količina vode prikazuje se nakon simulacije u izlaznim rezultatima.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. KLIMA SRBIJE ZA PERIOD 1971-2000 I OČEKIVANE PROMENE KLIME ZA 2030. I 2050. GODINU

Temperatura vazduha

Izmerene srednje vrednosti temperature vazduha za referentni period 1971–2000. i vrednosti dobijene regionalizacijom rezultata klimatskih modela za 2030. i 2050. godinu prikazane su u D. Tab. 1, 11, 21, 31, 41 i 51. Analizom su bile obuhvaćene izračunate srednje vrednosti temperatura vazduha za periode koje su značajni u toku vegetacione sezone u biljnoj proizvodnji: a) O-M, b) DJF, c) A-S, d) MAM, e) AMJ, f) JJA i srednja godišnja temperatura za 11 meteoroloških stanica. Kako bi se detaljno i celovito prikazala aktuelna i očekivana temperatura vazduha, u analizu su bili uključeni i rezultati broja mraznih ($T_{\min} < 0$ °C), ledenih ($T_{\max} < 0$ °C), letnjih ($T_{\max} > 25$ °C) i tropskih ($T_{\max} > 30$ °C) dana, suma efektivnih temperatura vazduha većih od 10°C i prosečni datumi nastupanja poslednjeg prolećnog i prvog jesenjeg mraza (D. Tab. 5-10; 15-20; 25-30; 35-40; 45-50; 55-60). Navedeni rezultati bili su obuhvaćeni analizom da bi se dobio uvid u promenu prosečnog broja dana tokom vegetacije sa ekstremnim temperaturnim vrednostima, koje imaju značajan uticaj na fiziološki stres u biljnoj proizvodnji i na promenu u dinamici vegetacije i prinosu. Nakon analize rezultata sva tri klimatska modela i dva scenarija bilo se uočilo da su rezultati dosta približni, te su u radu prikazani samo rezultati dobijeni klimatskim modelom ECHAM, A1B scenario za 2030. i A2 za 2050. godinu, a u dodatku su priloženi svi rezultati za ostale klimatske modele i scenarije.

U referentnom periodu 1971-2000. moglo se uočiti da se srednja godišnja temperatura vazduha, (D. Tab. 1), bila kretala od 11,0 do 11,4 °C u lokalitetima NS, SO, KR, KS, CU i VR, sa izuzetkom u NI (11,9°C), centralnom lokalitetu PO (10,2 °C) i istočnom delu Srbije (ZA, DM: 10,3 i 10,8 °C). Prema simulaciji klimatskog modela za 2030. godinu (Sl. 5; D. Tab. 1) očekuje se porast temperature od 1,1 do 1,5 °C u svim lokalitetima, sa minimumom u NS i maksimumom u SO. U 2050. godini (Sl. 5; D. Tab. 11) očekuje se porast srednje godišnje temperature za 2,6 °C za sve lokalitete izuzev SO (2,8 °C) i NI, VR i DM (2,7 °C), gde se očekuje najveći porast temperature vazduha i minimum u NS od 2,5 °C u odnosu na referentni period 1971-2000. Analizom rezultata srednjih vrednosti temperatura vazduha za izabrane periode vegetacije, zapazio se sličan trend u 2030. i 2050. godini (Sl. 5). Za sve lokalitete, dobijene temperature su ujednačeno rasle u 2030. godini od 1 do 1,1 °C u O-M periodu; za 1,1 do 1,2 °C u DJF; 1,1 - 1,6 °C u A-S; nešto niže 0,7 do 1,1°C u MAM; od 0,8 do 1,2°C u AMJ periodu, (D. Tab. 1). Najveće povećanje srednje temperature vazduha, od 1,3 do 1,8 °C, očekuje se tokom letnjih meseci, sa maksimumom u SO. U 2050. godini (D. Tab. 11) simulacije pokazuju porast temperature vazduha za 2,3 do 2,7 °C za srednje godišnje vrednosti i periode O-M i DJF. U prolećnim mesecima, MAM i AMJ, nešto je manji porast temperature vazduha, za 1,6 do 2,2 °C, a najveći porast procenjuje se da će biti tokom letnjih meseci, perioda JJA i A-S koji obuhvata JJA period, od 2,6 do 3,5 °C u odnosu na referentni period 1971-2000. Uočeno je da tokom letnjeg perioda vegetacije najznačajniji porast srednje temperature vazduha se očekuje u SO (1,8 °C), VR (1,6 °C) i PO (1,6 °C) u 2030. godini, a VR (3,5 °C) u 2050. godini. Najmanji porast temperature projektovan je za NS (1,3 °C) i ZA (1,4 °C) u 2030. godini i za iste lokalitete (NS, ZA: 2,9 i 3,1 °C) u 2050. godini. Mnogo značajnije od srednjih temperatura vazduha za poljoprivrednu kulturu su trenutak, učestalost i prosečan dan pojave ekstremnih temperatura. Najopasnijim pojavama se smatraju jesenji i prolećni mrazovi u slučaju da biljka nije zaštićena snežnim pokrivačem. Prema rezultatima klimatskih modela i na osnovu izmerenih podataka za referentni period 1971-2000. može da

se očekuje da se prosečan broj mraznih dana smanji za oko 15 dana u 2030. godini i za oko 30 dana u 2050. godini u odnosu na referentni period 1971–2000. (Sl. 6; D. Tab. 6 i 16).

Na osnovu rezultata prosečnog broja ledenih dana, zapaža se da prosečan broj ledenih dana treba da se smanji za oko 5 dana u 2030. godini i oko 10 dana u 2050. godini, (Sl. 7; D. Tab. 7 i 17). Analizom rezultata datuma pojave mraza, utvrđeno je da se mraz u jesen pojavljuje za oko 7 dana kasnije u 2030. godini i oko 15 dana kasnije u 2050. godini u odnosu na referentni period 1971-2000. (Tab. 22). Prema projekcijama očekuje se da se datumi pojave poslednjeg prolećnog mraza pomere ranije za 5 do 12 dana u 2030. i 9 do 16 dana ranije u 2050. godini u odnosu na referentni period 1971-2000. Pored pregleda ekstremnih niskih temperatura urađena je i analiza veoma visokih temperatura, čiji se negativni uticaj posebno odražava na jare useve, jer njihova vegetacija obuhvata letnji period. Analizom dobijenih rezultata očekuje se porast prosečnog broja letnjih dana u svim lokalitetima za 13 do 21 dan u 2030. godini i 30 do 37 dana u 2050. godini, (Sl. 8; D. Tab. 8 i 18). Najveći porast očekuje se u SO, PO, KS, DM, VR. Prosečan broj tropskih dana takođe je zadržao isti trend porasta kao i broj letnjih dana sa maksimumom porasta u SO i CU (20 dana) i VR (19 dana) u 2030. godini i u KR (38 dana) u 2050. godini, (Sl. 9; D. Tab. 9. i 19).

Za početak vegetacije i jarih i ozimih useva, potrebno je da temperatura vazduha i zemljišta bude 10 °C. U agrometeorologiji se sume aktivnih temperatura vazduha iznad 10 °C smatraju osnovnim termičkim pokazateljem mogućnosti gajenja određene biljne vrste na nekom području, ali se koriste i kao termička granica za rentabilnu proizvodnju. U analizi rezultata posmatrane su sume efektivnih temperatura, koje su predstavljale zbir svih temperatura vazduha većih od 10 °C za 1971-2000. referentni period i očekivane sume za 2030. godinu i 2050. godinu. U 2030. godini, najveći porast sume efektivnih temperatura se očekuje u SO (316,3 °C), zatim DM (289,5 °C), PO i NI (273 °C), dok se u 2050. godini najveći porast očekuje u južnom delu Srbije (VR, NI: 627,9 i 624,9 °C, redom), istočnom lokalitetu (DM: 622,8 °C) i severnom (SO: 610,5 °C) (Tab. 23; D. Tab. 10 i 20).

Padavine u periodu 1971-2000. i očekivane padavine u 2030. i 2050. godini

Prinos biljnih vrsta zavisi od interakcije biljka-zemljište-vremenski uslovi. U uslovima u kojima su karakteristike zemljišta, genetika biljne vrste, temperature vazduha, zemljišta i relativna vlažnost zemljišta i vazduha usklađene sa potrebama gajene kulture, prinos u mnogome zavisi od padavina tokom vegetacione sezone. Padavine utiču količinom, oblikom, intenzitetom i rasporedom na poljoprivredne kulture. Najviše koristi biljka ima od padavina koje su dobro raspoređene tokom vegetacije, u obliku kiše i snega, a najpovoljnije padavine za usvajanje od strane biljke imaju intenzitet 1 mm/sat.

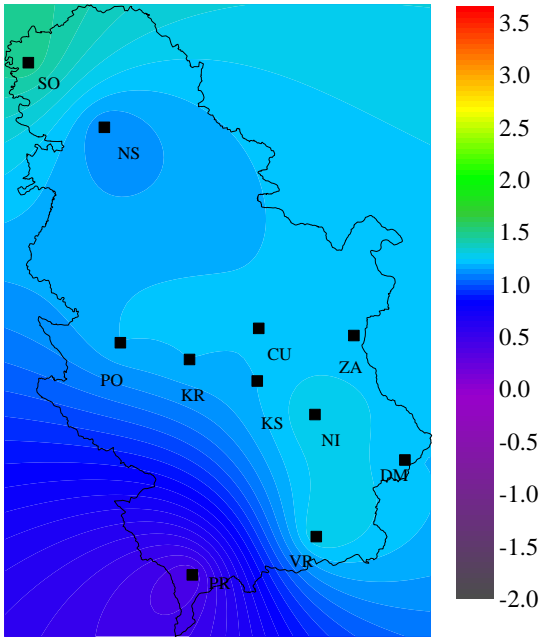
U analizi rezultata posmatrana je godišnja količina padavina i izračunata je količina padavina za periode, koji su od važnosti u toku vegetacione sezone u biljnoj proizvodnji. Za svaku biljnu vrstu koja se uzgaja, tokom vremena određene su količine vode koje su neophodne za njen optimalan razvoj i prinos, ali isto tako su u literaturi poznati periodi u kojima je biljna vrsta najosetljivija na nedostatak vode. Analize za količinu padavina obuhvatale su periodi već prethodno navedene za analizu temperature vazduha.

Na osnovu izmerenih vrednosti godišnjih količina padavina za referentni period 1971-2000. godina najveća količina padavina izmerena je u centralnom delu Srbije sa maksimumom u KR (745,93 mm) i PO (739,47 mm), a najmanja u južnom delu Srbije (VR, NI: 581,32 i 576,85 mm, redom), istočnom lokalitetu ZA (582,44 mm) i severnom lokalitetu SO (580,27 mm) (Sl. 10; D. Tab. 2). Izmerene vrednosti količine padavina za vegetacionu sezonu A-S pokazuju isti raspored količine padavina kao izmerene godišnje vrednosti. Relativna promena količine padavina za zimski period vegetacije O-M pokazuje da su najniže količine padavina izmerene za severni deo Srbije (SO i NS: 243,47 i 246,49 mm, redom). Tokom letnjeg i

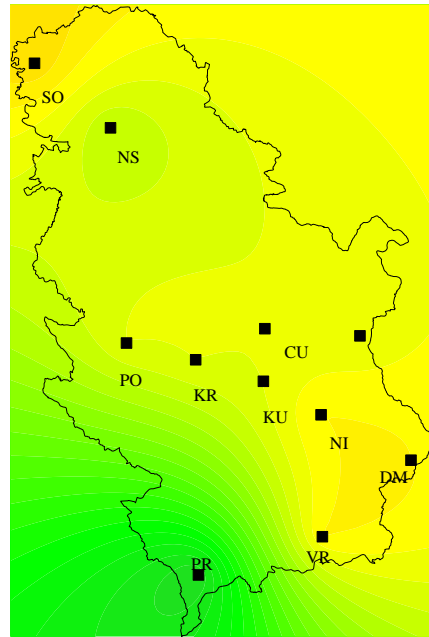
najsušnijeg dela vegetacije JJA, najmanja količina padavina izmerena je u južnom delu Srbije (VR i NI: 151,39 i 152,39 mm) i istočnom lokalitetu ZA (158,41 mm) (D. Tab. 2 i 12).

Izračunate vrednosti godišnje količine padavina za 2030. godinu (Sl. 10; Tab. 24) pokazuju da se očekuje smanjenje količine padavina za 2,7 (ZA) do 10,3% (DM). Najveće smanjenje količine padavina projektovane su za istočni lokalitet DM (10,3%) i južni lokalitet VR (9,6%). Izračunate vrednosti količine padavina za vegetativnu sezonu A-S pokazuju isti trend kao godišnje vrednosti. Analizom količina padavina za zimski period vegetacije O-M i DJF perioda očekuje se da u ovom delu godine dođe do povećanja količine padavina. Naime najveće povećanje količine padavina očekuje se u SO (10,5%), zatim NS, ZA oko 9% u O-M periodu i na istim lokalitetima oko 17% u DJF periodu sa maksimumom od 22,1% u SO. Na svim lokalitetima Srbije očekuje se pozitivan rast količine padavina u ovim periodima godine što će pozitivno uticati na ozime useve i početne rezerve zemljišne vlage za jare useve. Tokom sušnog dela vegetacije, JJA period, očekuje se najveće smanjenje količine padavina u toku godine. Maksimum smanjenja količine padavina očekuje se u SO (27,5%), PO (26,2%) i VR (25,5%). Najmanje ugrožen lokalitet sa najmanjim smanjenjem količine padavina očekuje se da bude ZA (17,3%), a u svim ostalim lokalitetima Srbije očekuje se smanjenje količine padavina iznad 20% do 27,5% (Tab. 24).

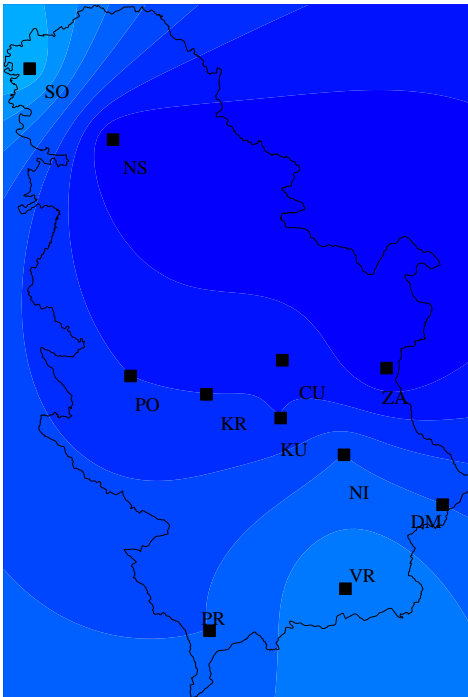
U 2050. godini (Sl. 10; Tab. 25) nastavlja se trend opadanja količine padavina, osim u priodima O-M i DJF gde se očekuje povećanje količine padavina. U analizi godišnjih količina padavina očekuje se da količina opadne za 7,7 do 21,2% sa najvećim smanjenjem u južnom delu Srbije (VR i DM: 21,2 i 21,1%) kao u simulaciji za 2030. godinu. U vegetacionoj sezoni A-S bilo je simulirano smanjenje količine padavina od 23,2% (ZA) do 37,2% (VR). Najveće smanjenje količine padavina bilo je dobijeno za iste lokalitete kao i za godišnje količine padavina. Analize rezultata za zimski deo vegetacije O-M i DJF period bile su pokazale da se očekuje pozitivan rast količine padavina za sve lokalitete u Srbiji, izuzev VR (-1,8%) za O-M period. Najveći porast očekuje se u severnom delu Srbije (SO i NS: 15,0 i 13,1% u O-M periodu; 33,1 i 28% u DJF periodu) i istočnom lokalitetu ZA (11,3% u O-M periodu ; 25,6% u DJF periodu), a najmanji u južnom lokalitetu VR (-1,8% u O-M; 7,9% u DJF) i istočnom DM (0,8% u O-M i 8,1% u DJF). U toku letnjeg JJA perioda očekuje se značajno smanjenje količine padavina i do 47,6% (PO). Na svim posmatranim lokalitetima Srbije očekuje se smanjenje količine padavina u ovom periodu iznad 40% izuzev u ZA (32,2%) i CU (38,9%) (Tab. 25).



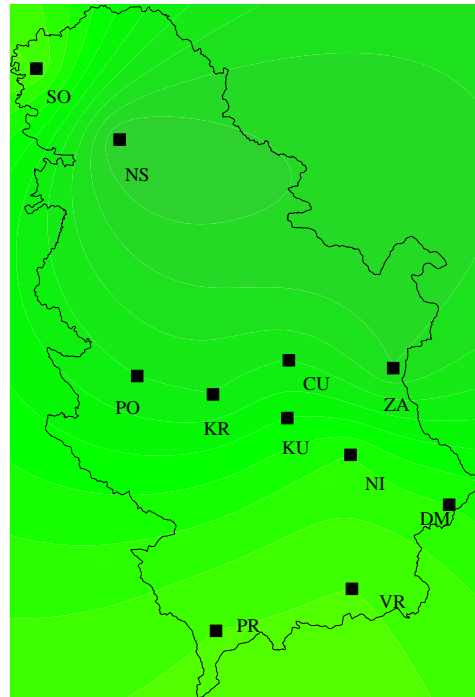
a)



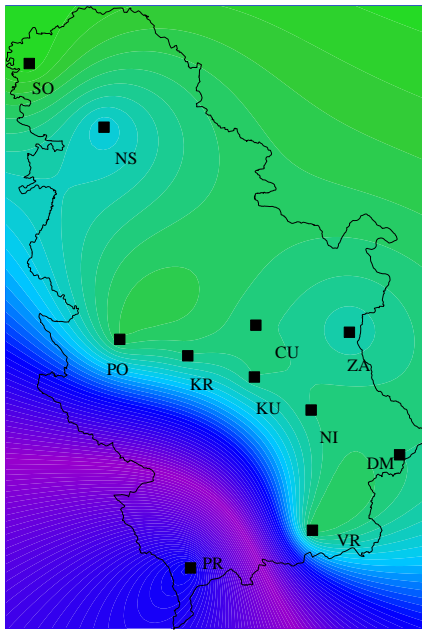
b)



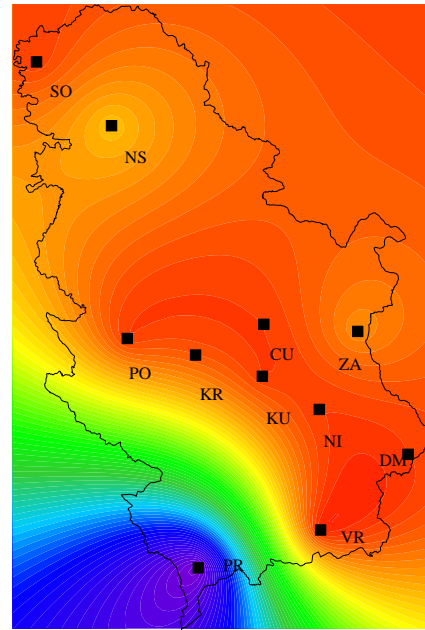
c)



d)

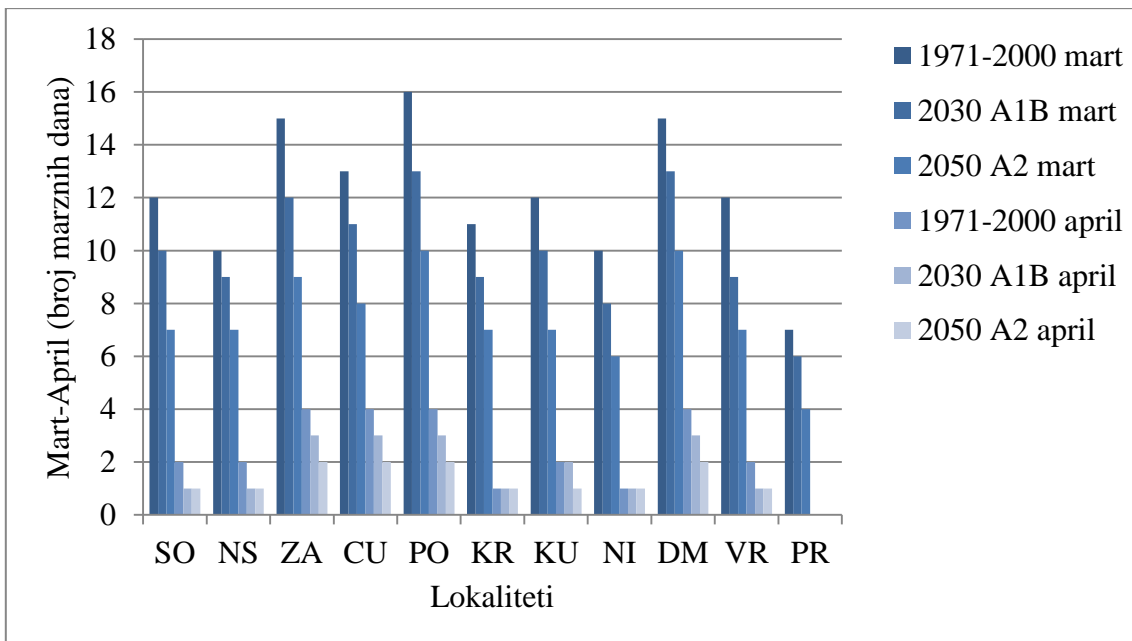


e)

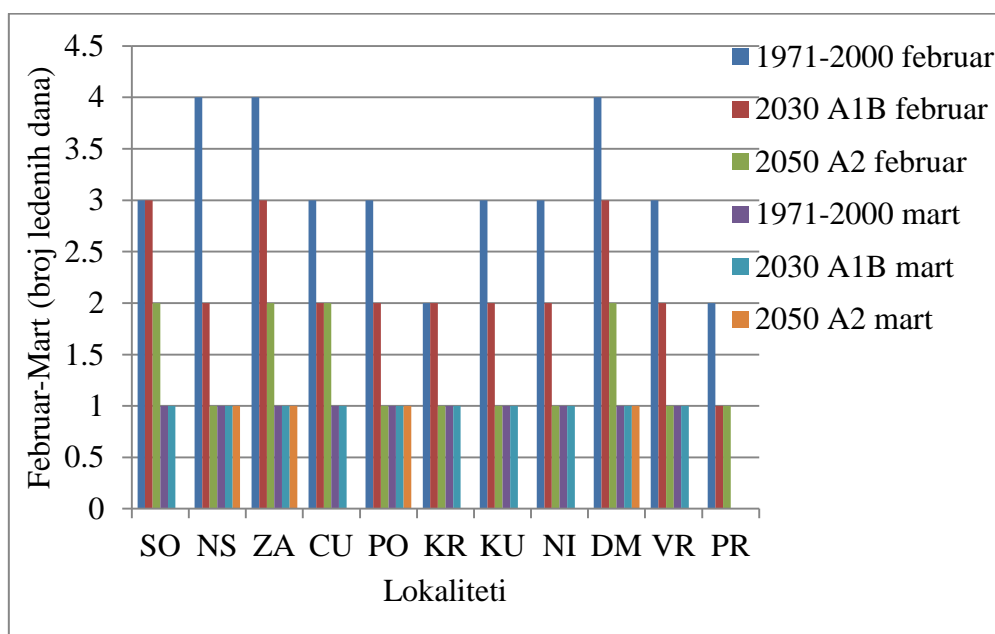


f)

Slika 5. Promena temperature vazduha ($^{\circ}\text{C}$): srednje godišnje vrednosti (a, b); period AMJ (c, d) i period JJA (e, f), za 2030. i 2050. godinu u odnosu na referentni period 1971-2000.



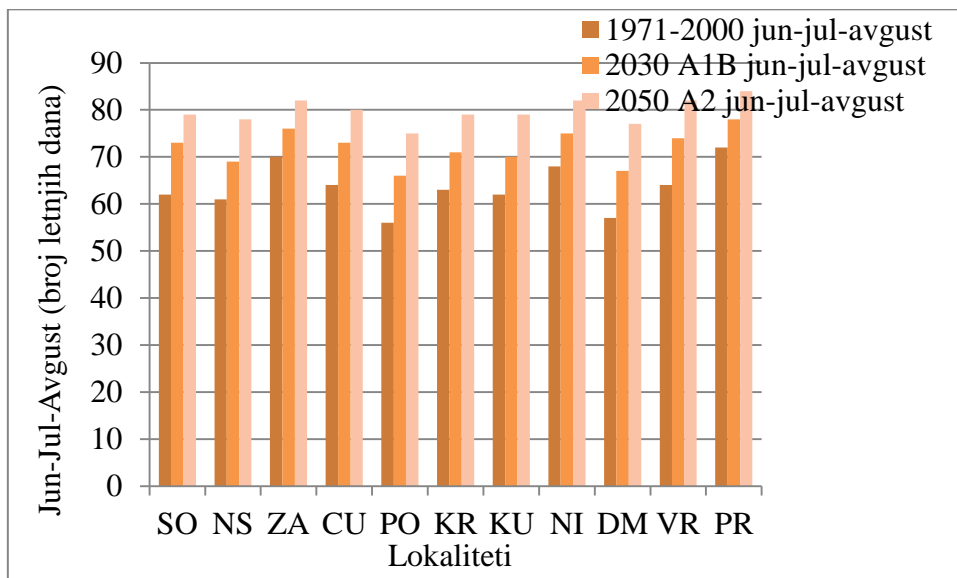
Slika 6. Prosečan broj mraznih dana za period 1971-2000., za 2030. i 2050. godinu



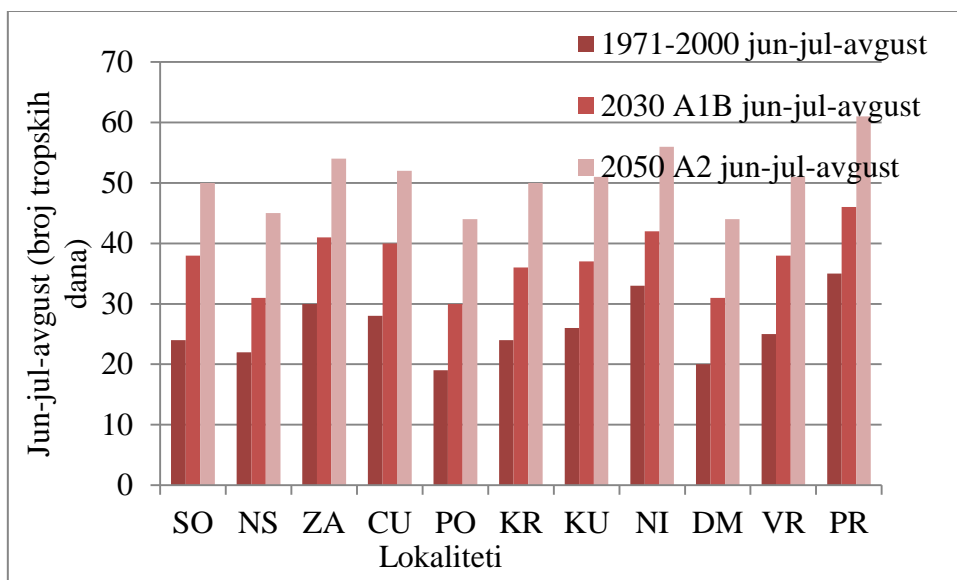
Slika 7. Prosečan broj ledenih dana za period 1971-2000., za 2030. i 2050. godinu

Tabela 22. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000., za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji.

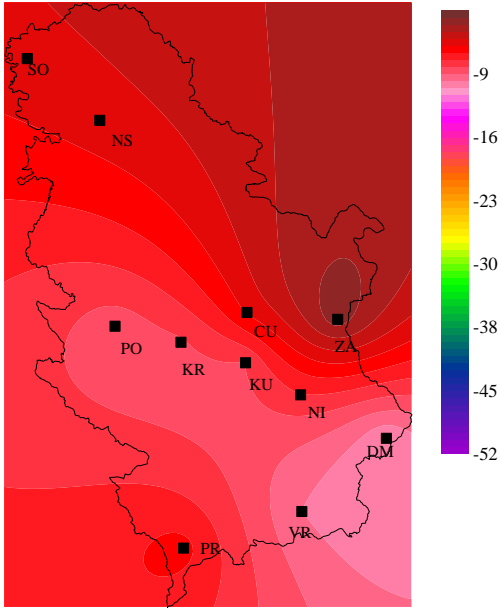
Lokalitet	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000.	07.04.	28.10.
2030. godina	01.04.	03.11.
2050. godina	27.03.	12.11.
SO		
1971-2000.	13.04.	22.10.
2030. godina	02.04.	28.10.
2050. godina	29.03.	04.11.
PO		
1971-2000.	23.04.	20.10.
2030. godina	15.04.	29.10.
2050. godina	11.04.	05.11.
KR		
1971-2000.	09.04.	23.10.
2030. godina	03.04.	31.10.
2050. godina	27.03.	08.11.
KU		
1971-2000.	17.04.	22.10.
2030. godina	05.04.	26.10.
2050. godina	02.04.	04.11.
CU		
1971-2000.	22.04.	19.10.
2030. godina	17.04.	26.10.
2050. godina	13.04.	03.11.
NI		
1971-2000.	09.04.	26.10.
2030. godina	31.03.	04.11.
2050. godina	26.03.	10.11.
ZA		
1971-2000.	22.04.	16.10.
2030. godina	15.04.	23.10.
2050. godina	09.04.	30.10.
DM		
1971-2000.	22.04.	18.10.
2030. godina	12.04.	26.10.
2050. godina	06.04.	02.11.
PR		
1971-2000.	22.03.	02.11.
2030. godina	23.03.	07.11.
2050. godina	15.03.	13.11.
VR		
1971-2000.	10.04.	21.10.
2030. godina	04.04.	31.10.
2050. godina	28.03.	07.11.



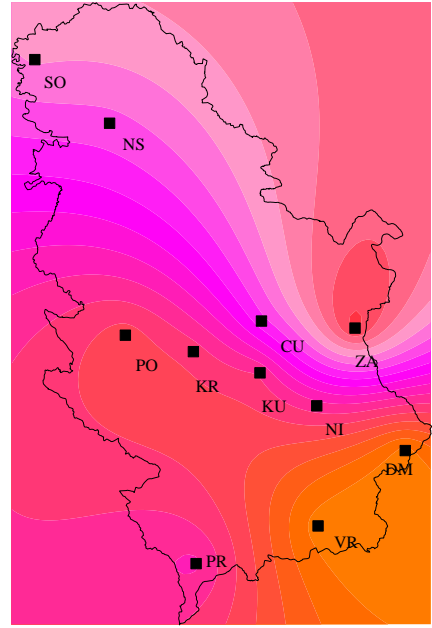
Slika 8. Prosečan broj letnjih dana za period 1971-2000., za 2030. i 2050. godinu



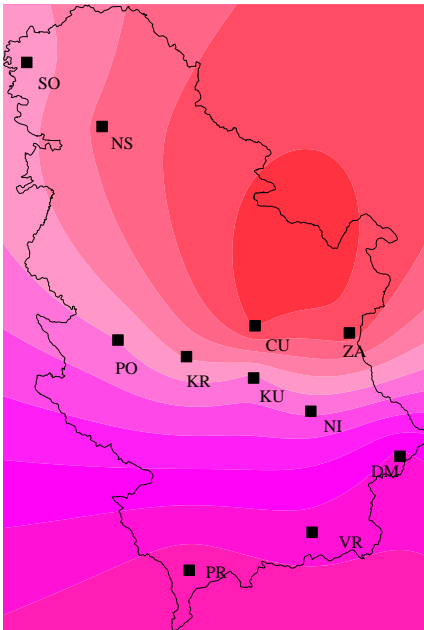
Slika 9. Prosečan broj tropskih dana za period 1971-2000., za 2030. i 2050. godinu



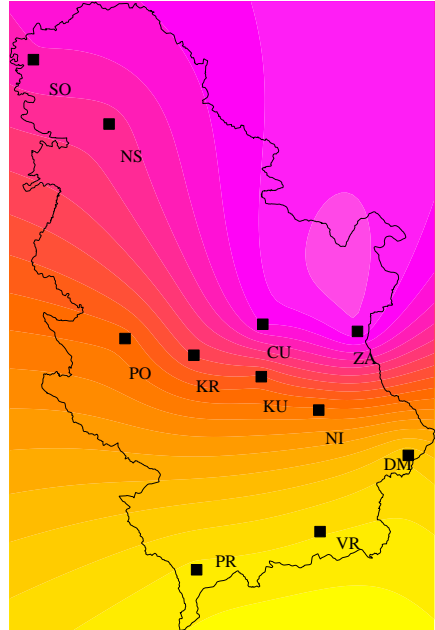
a)



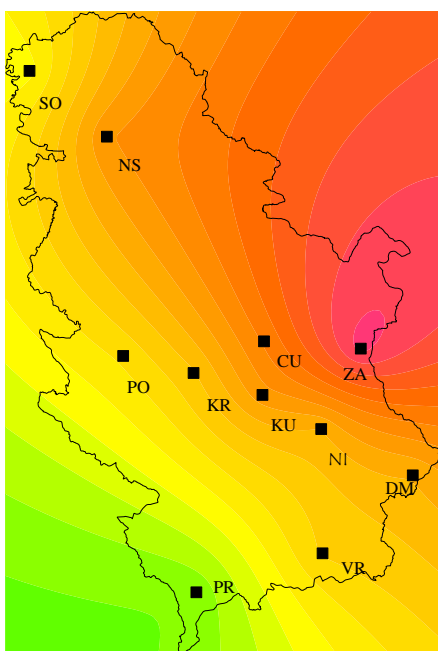
b)



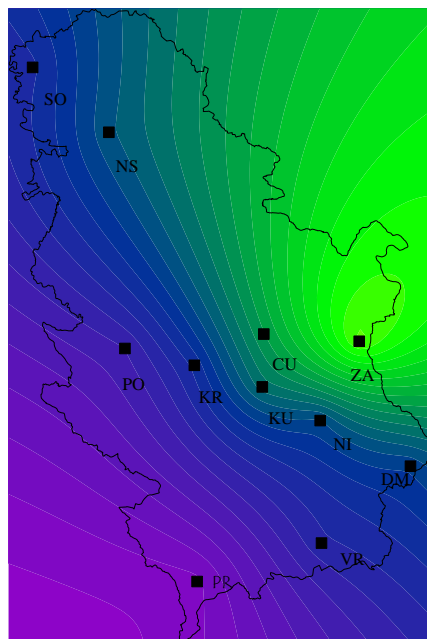
c)



d)



e)



f)

Slika 10. Relativna promena količine padavina (%): godišnje vrednosti (a, b); period AMJ (c, d) i period JJA (e, f), za 2030. i 2050. godinu u odnosu na referentni period 1971-2000.

Tabela 23. Suma efektivnih temperatura vazduha iznad 10 °C za period 1971-2000.

Lokalitet	1971-2000. (°C)	2030. godina (°C)	2050. godina (°C)
NS	1432,2	1679,3	1988,0
SO	1400,6	1716,9	2011,1
PO	1194,1	1468,7	1792,5
KR	1409,8	1662,4	2012,4
KS	1393,3	1648,4	1994,6
CU	1345,5	1606,8	1946,9
NI	1514,5	1787,5	2139,4
ZA	1359,1	1611,1	1913,7
DM	1131,0	1420,6	1753,8
PR	2097,9	1926,6	2282,6
VR	1346,8	1613,5	1974,7

Tabela 24. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	Godišnja suma	A-S	O-M	AMJ	JJA	DJF	MAM
NS	-5,2	-15,5	9,7	-9,4	-22,5	17,3	0,8
SO	-5,1	-16,6	10,5	-10,9	-27,5	22,1	1,6
PO	-8,4	-18,2	5,8	-11,2	-26,2	13,7	-2,2
KR	-8,1	-16,9	4,5	-10,3	-24,9	11,0	-1,6
KU	-8,0	-16,7	4,0	-11,4	-22,7	8,1	-3,4
CU	-5,5	-13,9	5,7	-7,9	-21,5	9,4	1,3
NI	-7,2	-17,3	5,4	-11,8	-24,0	10,1	-5,1
ZA	-2,7	-12,2	8,9	-8,4	-17,3	17,2	-3,0
DM	-10,3	-20,0	3,6	-14,6	-23,9	6,8	-6,6
PR	-6,1	-22,2	9,7	-15,7	-30,2	^{2*}	-4,9
VR	-9,6	-19,2	2,0	-14,7	-25,5	7,2	-6,6

Tabela 25. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	Godišnja suma	A-S	O-M	AMJ	JJA	DJF	MAM
NS	-12,3	-29,6	13,1	-16,4	-42,2	28	0,9
SO	-11,1	-30,0	15,0	-15,3	-45,4	33,1	2,0
PO	-18,0	-34,8	6,2	-20,4	-47,6	21,7	-5,3
KR	-17,2	-32,7	4,7	-18,3	-45,0	17,8	-4,4
KU	-16,7	-31,3	3,4	-19,3	-40,8	13,0	-6,5
CU	-13,1	-27,4	5,9	-14,3	-38,9	15,1	-0,4
NI	-16,3	-33,1	4,7	-21,0	-42,9	14,0	-10,0
ZA	-7,7	-23,2	11,3	-12,9	-32,2	25,6	-3,5
DM	-21,1	-36,6	0,8	-25,4	-43,4	8,1	-12,7
PR	-15,8	-40,3	7,9	-26,6	-51,8	^{2*}	-12,4
VR	-21,2	-37,2	-1,8	-26,3	-46,2	7,9	-14,0

Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je kompleksan fizičko-fiziološki proces pri kom biljni sklop gubi vodu usled isparavanja vode sa površine biljaka, zemljišta, kao i fiziološkim procesom transpiracije. Prema definiciji Organizacije za hranu i poljoprivredu (Food and Agriculture Organization) pod referentnom evapotranspiracijom se podrazumeva maksimalna količina vode koju bi biljni sklop mogao da izgubi pri datim vremenskim uslovima ukoliko je zemljište zasićeno vlagom do poljskog vodnog kapaciteta i ravnomerno prekriveno travom visine 0,12 m. Sa stanovišta biljke idealna situacija je ona pri kojoj je stvarna evapotranspiracija jednaka referentnoj. Svako umanjeње stvarne u odnosu na referentnu evapotranspiraciju ukazuje na činjenicu da se biljka nalazi u okruženju u kome ima manje vode nego što je njoj potrebno, tj. da je izložena vodnom stresu. U agrometeorološkoj praksi je uobičajeno da se intenzitet suše, izražava i preko odnosa stvarne (ET) i referentne (ET₀) evapotranspiracije (ET/ET₀). Ukoliko je ovaj odnos manji smatra se da je intenzitet suše veći.

² podaci za lokalitet Prizren dobijeni su za period 1971-1998

U radu su posebno analizirani rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne evapotranspiracije (ET0) za pšenicu, kukuruz i soju dobijeni DSSAT modelom biljne proizvodnje.

Tabela 26. Rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne (ET0) evapotranspiracije za ozimu pšenicu Balkan za referentni period 1971-2000. i 2030. i 2050. godinu korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija A1B i A2.

Lokalitet	Godina	2030	2050
		A1B	A2
	1971-2000.	E	E
NS	0,7	0,7	0,7
SO	0,6	0,6	0,6
PO	0,8	0,8	0,8
KR	0,9	0,9	0,9
KU	0,8	0,7	0,7
CU	0,7	0,8	0,8
NI	0,6	0,6	0,6
ZA	0,8	0,8	0,8
DM	0,8	0,8	0,8
VR	0,7	0,7	0,7
PR	0,8	0,8	0,8

Tabela 27. Rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne (ET0) evapotranspiracije za kukuruzu uslovima bez navodnjavanja za referentni period 1971-2000. i 2030. i 2050. godinu korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija A1B i A2.

Lokalitet	Godina	2030	2050
		A1B	A2
	1971-2000.	E	E
NS	0,6	0,5	0,5
SO	0,5	0,4	0,4
PO	0,7	0,6	0,5
KR	0,7	0,6	0,5
KU	0,5	0,5	0,4
CU	0,5	0,4	0,4
NI	0,4	0,4	0,3
ZA	0,5	0,5	0,4
DM	0,5	0,4	0,3
VR	0,4	0,3	0,2
PR	0,5	0,4	0,3

U Tabeli 26. prikazani su rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne evapotranspiracije (ET0) za ozimu pšenicu za referentni period 1971-2000. i buduće uslove 2030. i 2050. godinu. Rezultati su dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM za A1B i A2 scenario. Dobijene vrednosti odnosa stvarne i referentne evapotranspiracije za 2030. i 2050. godinu se ne smanjuju, jer se u budućim uslovima očekuje uvećanje količine padavina za zimski period

vegetacije i povoljniji uslovi za ozime useve u 2030. i 2050. godini u odnosu na referentni period 1971-2000

U Tabeli 27. prikazani su rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne evapotranspiracije (ET0) za kukuruz u uslovima bez navodnjavanja za referentni period 1971-2000. i buduće uslove 2030. i 2050. godinu. Rezultati su dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM za A1B i A2 scenario. Vrednosti odnosa stvarne i referentne evapotranspiracije se smanjuju jer se u budućim uslovima očekuje smanjenje količine padavina i povećanje temperature vazduha, a posebno u letnjem JJA periodu i intenzitet suše se očekuje da bude veći. U 2030. godini se očekuje da odnos stvarne i referentne evapotranspiracije skoro za sve lokalitete opadne za 0,1 a isti trend se bio dobio za 2050. godinu. Najsušniji uslovi očekuju se u lokalitetu VR (0,2) u 2050. godini.

Tabela 28. Rezultati odnosa stvarne (ET) i referentne (ET0) evapotranspiracije za soju u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci za referentni period 1971-2000. i 2030. i 2050. godinu korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija A1B i A2.

	1971-2000.	BEC3	AEC5
NOV	0,8	0,8	0,8
SOM	0,8	0,8	0,8
POZ	0,8	0,8	0,9
KRA	0,9	0,9	0,9
KRU	0,8	0,8	0,8
CUP	0,8	0,8	0,9
NIS	0,8	0,8	0,8
ZAJ	0,8	0,8	0,8
DIM	0,9	0,8	0,8
VRA	0,9	0,8	0,8
PR	0,8	0,8	0,8

U proizvodnji soje, u 2030. i 2050. godini, očekuje se da odnos stvarne i referentne evapotranspiracije ostane nepromenjen za sve lokalitete, jer su simulacije proizvodnje soje urađene u uslovima 50% dostupne vode biljci i na taj način očekivane manje količine padavina nisu imale uticaj na evapotranspiraciju.

6.2. REZULTATI SIMULACIJA DSSAT MODELA BILJNE PROIZVODNJE

6.2.1. Pšenica

6.2.1.1. Kalibracija i validacija

Prvi postupak u korišćenju modela biljne proizvodnje za simulaciju dinamike rasta i prinosa ratarskih i povrtarskih kultura je kalibracija i validacija modela. Na osnovu prikupljenih ulaznih podataka obavlja se kalibracija modela za određenu sortu ili hibrid podešavanjem odgovarajućih genetskih koeficijenata, kako bi bile dobijene vrednosti prinosa i datuma nastupanja fenoloških faza koje su bliske izmerenim vrednostima.

Kalibracija DSSAT modela za pšenicu urađena je na osnovu dvanaestogodišnjeg oglada ozime pšenice - sorte Balkan, zasnovanog 1994. godine na Rimskim Šančevima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo i izabrani su genetski koeficijenti sorte pšenice Evropske

ozime (Winter Europe) čije su vrednosti date kao sastavni deo DSSAT modela biljne proizvodnje. Vrednosti samih koeficijenta prilagođene su genetskim karakteristikama naše sorte Balkan iz navedenog oglada. Sledeći korak je validacija prinosa, (Tab. 29) i dinamike vegetacije (Tab. 30), koja podrazumeva da rezultati simuliranih datuma pojave fenoloških faza cvetanja i zrenja i prinosi budu po vrednostima što sličniji izmerenim. Ako se između simuliranih i izmerenih vrednosti dobije relativna devijacija, za +/- 10%, onda se prihvata da je validacija uspešno izvršena i model adekvatan za simulaciju prinosa i dinamike vegetacije u datim uslovima sredine (Tsuji *et al.*, 1998).

Tabela 29. Validacija prinosa zrna ozime pšenice sorte Balkan (t/ha) na Rimskim Šančevima za period 1994-2005.

Godine	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)	Relativno odstupanje (%)
1994.	7,50	6,38	14,9
1995.	8,13	7,49	7,9
1996.	7,30	5,57	23,7
1997.	6,56	4,70	28,4
1998.	8,22	6,17	24,9
1999.	5,11	5,99	17,1
2000.	7,58	2,94	61,2
2001.	6,34	8,64	36,3
2002.	6,58	5,08	22,8
2003.	2,80	2,59	7,5
2004.	6,58	9,19	39,7
2005.	2,80	4,84	72,8
Srednja vrednost	6,30	5,80	7,84

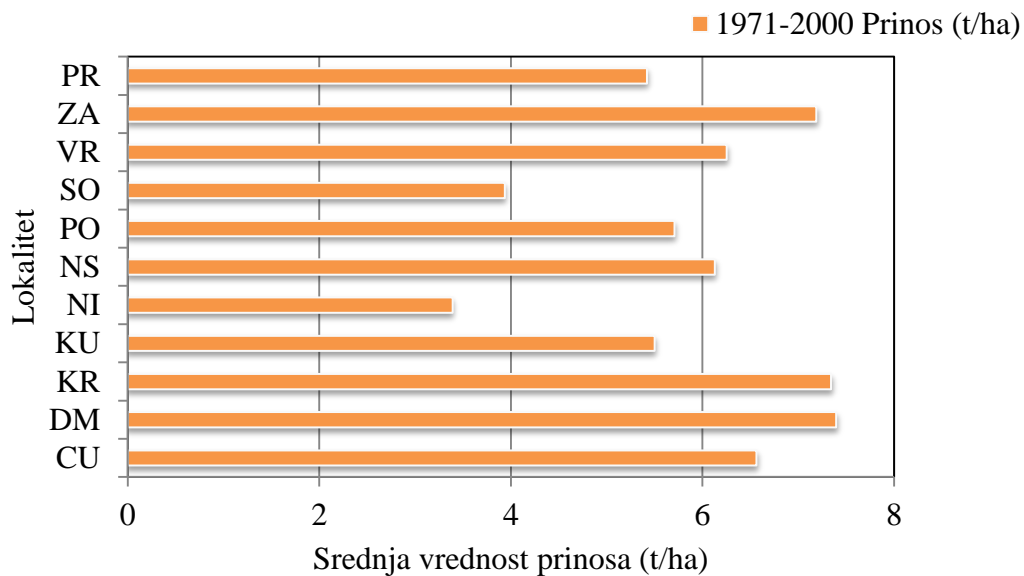
Nakon urađene validacije prinosa dobijeno je relativno odstupanje 7,84 % kojom je potvrđeno da je model korektno kalibrisan i odgovarajući za sortu pšenice Balkan i uslove spoljašnje sredine u kome je ogled bio postavljen.

Tabela 30. Validacija datuma nastupanja fenološke faze cvetanja i zrelosti ozime pšenice sorte Balkan (broj dana) na Rimskim Šančevima za period 1994-2005.

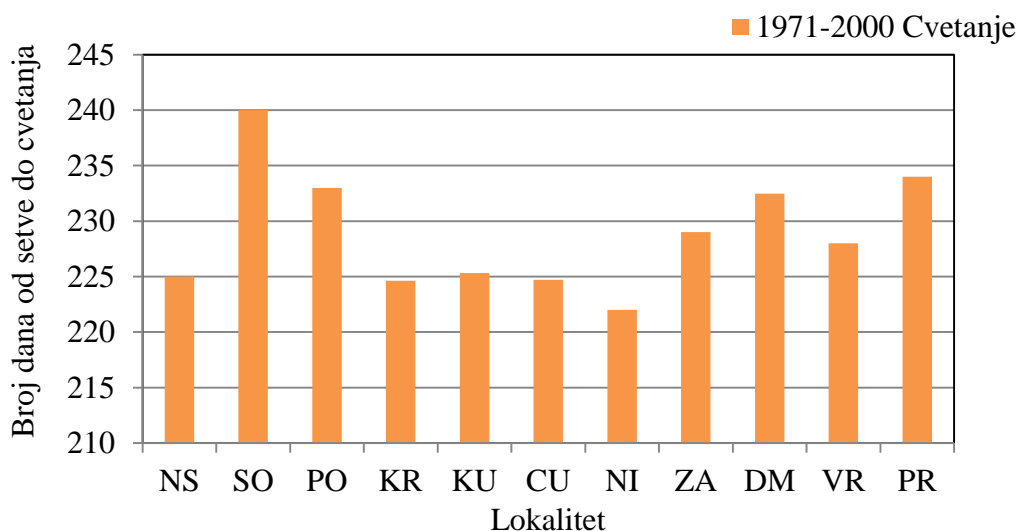
Godina	Izmereni broj dana	Izmereni broj dana	Simulirani broj dana	Simulirani broj dana	Relativno odstupanje (%)	Relativno odstupanje (%)
	Setva – Cvetanje	Setva – Zrelost	Setva – Cvetanje	Setva – Zrelost	Setva – Cvetanje	Setva – Zrelost
1994.	204	258	221	258	8,3	0
1995.	207	256	224	260	8,2	1,6
1996.	197	247	231	266	17,3	7,7
1997.	196	241	231	266	17,9	10,4
1998.	201	251	222	257	10,4	2,4
1999.	200	245	222	258	11,0	5,3
2000.	194	242	217	252	11,9	4,1
2001.	211	257	213	253	0,9	1,6
2002.	204	247	216	251	5,9	1,6
2003.	196	253	223	253	13,8	0
2004.	209	259	225	262	7,7	1,2
2005.	217	267	228	265	5,1	0,7
Sr. vred.	203	251,9	222,8	258,4	9,7	2,6

6.2.1.2. Simulacija prinosa zrna i dinamika vegetacije za period 1971-2000.

Da bi se kvantifikovao uticaj klimatskih promena na prinos i dinamiku vegetacije i izračunala relativna promena prinosa za 2030. i 2050. godinu u odnosu na period 1971-2000. najpre mora da se simulira prinos i dinamika vegetacije za referentni period 1971-2000. (Sl. 11 i 12). Simulirani prosečni prinosi kretali su se od 3,39 t/ha (NI) do 7,39 t/ha (DM). Najviši prinosi dobijeni su za lokalitete DM, KR, ZA iznad 7 t/ha, CU, VR i NS iznad 6 t/ha, dok je najniži prinos simuliran u južnom lokalitetu NI 3,39 t/ha i severnom SO 3,94 t/ha. Neophodno je napomenuti da nominalne vrednosti prinosa koje, generalno daju modeli biljne proizvodnje ponekad značajno mogu da budu veće od izmerenih i pored dobre kalibracije. Razlozi za to su brojni, ali najvažniji su: a) način na koji model obracunava prinos sa nivoa jedne biljke na nivo celog sklopa i b) nemogućnost modela da dobro simulira reakciju biljke na ekstremne vremenske prilike i nepovoljne vremenske događaje (Lalic et al., 2014).

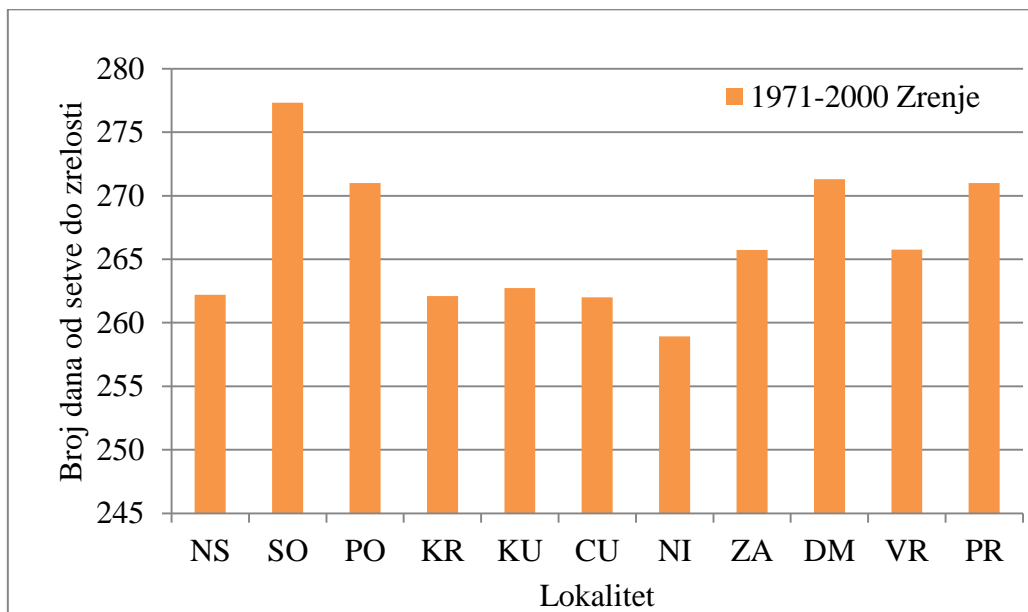


Slika 11. Simulirani prinos zrna ozime pšenice sorte Balkan (t/ha) za jedanaest lokaliteta za referentni period 1971-2000.



Slika 12. Broj dana od setve do cvetanja (dani) za jedanaest lokaliteta za referentni period 1971-2000.

Broj dana od setve do cvetanja za 11 izbranih lokaliteta (Sl. 12), kretao se od 222 do 240 dana. Najmanji broj dana dobijen je za NI 222 u kojem je suma efektivnih temperatura najveća, pa je zato i cvetanje ranije nego kod ostalih lokaliteta. Najveći broj dana dobijen je za SO 240. U lokalitetu SO je u periodu u periodu 1971-2000., izmerena srednja temperatura vazduha bila niža, a količina padavina je bila manja u odnosu na ostale posmatrane lokalitete.



Slika 13. Broj dana od setve do zrenja (dani) za jedanaest lokaliteta za referentni period 1971-2000.

Broj dana od setve do zrenja (Sl. 13) za jedanaest lokaliteta za referentni period 1971-2000. kretao se od 259 u NI do 277 dana u SO. U većini lokaliteta broj dana kretao se iznad 260 do 271 dan.

6.2.1.3. Rezultati relativne promene prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050. godine (CO₂=330 ppm)

Simulacije prinosa zrna pšenice i dinamike vegetacije za 2030. i 2050. godinu urađene su na osnovu regionalizovanih rezultata tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta. Sve simulacije urađene su prvo u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ od 330 ppm i nakon toga u uslovima očekivanih koncentracija CO₂ po IPCC izveštaju iz 2007 (D. Tab. 61 i 64). (<http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/>).

Kvantifikovanje uticaja klimatskih promena na prinos zrna pšenice i dinamiku vegetacije određeno je izračunavanjem relativne promene prinosa i dinamike vegetacije za 2030. i 2050. godinu u odnosu na prinos i dinamiku vegetacije referentnog perioda 1971–2000. Svi prinosi su analizirani za klimatski model ECHAM, scenario A1B za 2030. godinu i scenario A2 za 2050. godinu, za jedanaest lokaliteta. Očekuje se da prinos varira između –12 i +3 % u 2030. godini (Tab. 31). Izračunate vrednosti relativne promene prinosa za 2030. godinu, pokazuju da bi prinos trebalo da ostane nepromenjen u centralnom delu Srbije (CU, KR i PO) a u KU da opada do 9%. U severnom delu Srbije očekuje se da prinos neznatno opada u NS do 6%, a značajnije u SO do 12%. U istočnom delu očekuje se da prinos ostane nepromenjen (ZA, DM), a u južnom (NI, VR, PR) da neznatno opadne sa minimumom do 7% u VR.

U 2050. godini, u centralnom delu Srbije, očekuje se mali porast prinosa u KR i CU: 4 i 6% i niži prinosi u KU i PO do 10%. U istočnom delu (ZA, DM) i južnim lokalitetima (NI, PR) očekuje se nepromenjen prinos u 2050. godini. U južnom lokalitetu VR, očekuje se pad prinosa do 9%. Isti trend prinosa očekuje se i u severnom delu Srbije sa najvećim smanjenjem od 11 % koje se očekuje u SO u 2050. godini. Poređenjem rezultata klimatskih modela,

zaključeno je da nema značajnih razlika između rezultata klimatskih modela za jedan integracioni period. Takođe, ne postoje razlike između relativne promene prinosa A1B i A2 scenarija (D. Tab. 61), što se objašnjava činjenicom da se analizira proizvodnja ozime pšenice, čija vegetacija se dešava i tokom zimskog perioda kad se očekuje povećanje temperature vazduha, blaže zime, manji broj ledenih i mraznih dana i povećanje količine padavine što sve čini pogodnije uslove za proizvodnju pšenice i stabilne i visoke prinose.

Tabela 31. Relativna promena prinosa zrna pšenice Balkan (%) dobijena korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokaliteti	A1B	A2
	E	E
CU	3	6
DM	-3	-3
KR	1	4
KU	-9	-10
NI	0	0
NS	-6	-6
PO	-2	-6
SO	-12	-11
VR	-7	-9
ZA	0	3
PR	-4	1

Tabela 32. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja pšenice Balkan (broj dana) dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-8	-14
DM	-9	-16
KR	-9	-16
KS	-9	-15
NI	-9	-16
NS	-9	-15
PO	-6	-14
SO	-23	-29
VR	-9	-16
ZA	-5	-14
PR	-18	-29

Tabela 33. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja pšenice Balkan (broj dana) korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-9	-16
DM	-11	-19
KR	-10	-17
KS	-11	-18
NI	-10	-18
NS	-10	-16
PO	-7	-17
SO	-24	-31
VR	-11	-19
ZA	-6	-17
PR	-21	-31

Analizom rezultata zapaženo je da se smanjuje broj dana od setve do cvetanja (Tab. 32 i D. Tab. 62) i od setve do zrenja (Tab. 33 i D. Tab. 63). Uzrok kraćeg trajanja fenofaza su očekivane više temperature vazduha tokom vegetacionog perioda.

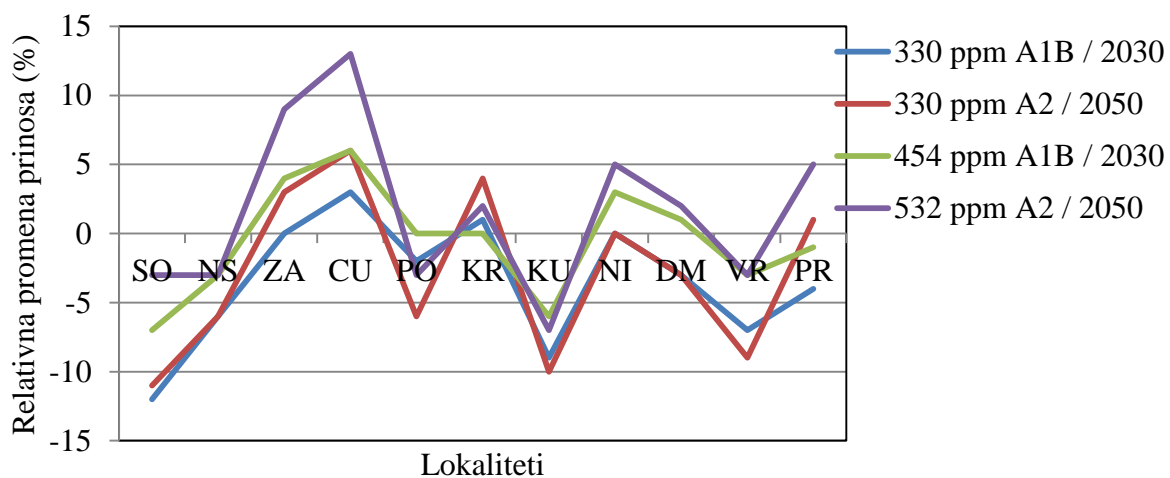
Na većini lokaliteta očekuje se smanjenje broja dana od setve do cvetanja od oko 9 dana (ECHAM, A1B) u 2030. godini, i oko 15 dana u 2050. godini (ECHAM, A2). Samo u SO i PR broj dana se značajno smanjuje do 23 dana (SO) u 2030. godini i 29 dana (SO) u 2050. godini. Broj dana od setve do zrenja očekuje se da se prosečno smanji do 11 dana u 2030. godini i 18 dana u 2050. godini na većini lokaliteta. U SO i PR je primećeno značajno smanjenje do 24 dana u 2030. godini i 31 dan u 2050. godini.

6.2.1.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna pšenice i dinamiku vegetacije

Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos kvantifikovan je izračunavanjem relativne promene prinosa za uslove 2030. i 2050. godine u odnosu na prinos referentnog perioda 1971-2000. (D. Tab. 64). Vrednosti koncentracije za CO₂ uzete su iz IPCC, 2007 (Tab. 11). Analizom rezultata, prikazanih u Tab. 34, u 2030. godini (ECHAM, A1B), očekuje se da relativna promena prinosa bude između -7 i +6% i -7 do +13% u 2050. godini. Zapaženo je da između rezultata dva scenarija nema razlike za jedan integracioni period i između klimatskih modela nema značajnih razlika u okviru jednog integracionog perioda (D. Tab. 64). Očekuje se da prinos ostane nepromenjen u KR, PO, NS, VR i DM, a raste u CU, ZA, NI i PR za oko 10%, opada u KU do 7% u 2050. godini.

Tabela 34. Relativna promena prinosa zrna pšenice Balkan (%) korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	6	13
DM	1	2
KR	0	2
KU	-6	-7
NI	3	5
NS	-3	-3
PO	0	-3
SO	-7	-3
VR	-3	-3
ZA	4	9
PR	-1	5



Slika 14. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna pšenice u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

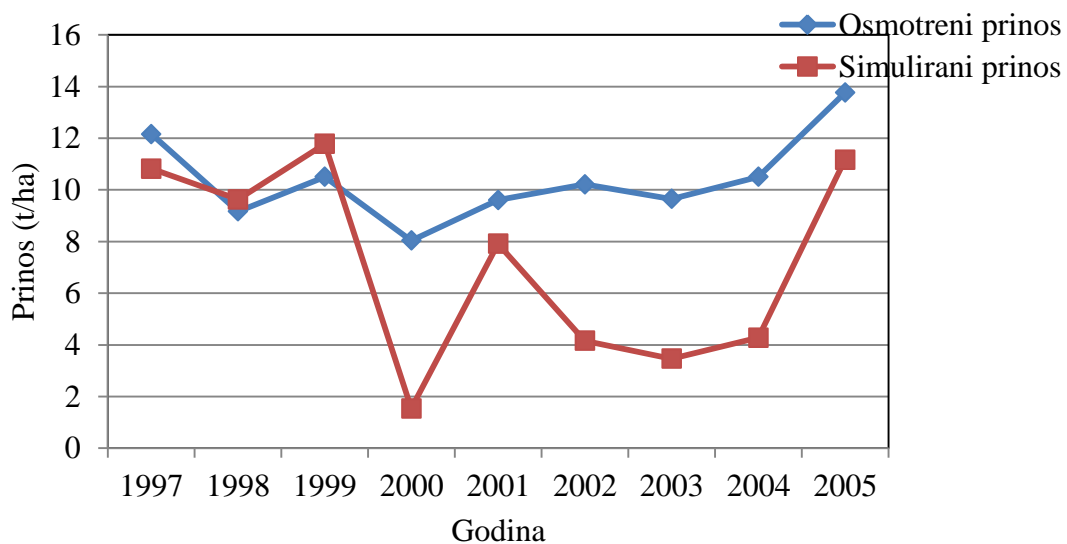
Analiza poređenja rezultata relativne promene prinosa sa povišenom koncentracijom CO₂ i koncentracijom od 330 ppm pokazala je da se očekuje da prinosi u uslovima povišene koncentracije CO₂ budu viši (Sl. 14, D. Sl. 1).

6.2.2. Kukuruz

6.2.2.1. Kalibracija i validacija

Za potrebe simulacije prinosa, kalibracija modela DSSAT obavljena je za srednje kasni hibrid kukuruza NSSC 640 u uslovima bez navodnjavanja i u uslovima navodnjavanja. Rezultati su preuzeti sa oglednog polja postavljenog u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima u Zavodu za kukuruz, tokom perioda 1997-2005. godine (Pejić *i sar.*, 2009).

Prosečno relativno odstupanje simuliranih vrednosti prinosa od izmerenih iznosilo je 35% u uslovima bez navodnjavanja (Tab. 35; Sl. 15). Najveće relativno odstupanje je dobijeno za 2000., 2002., 2003. i 2004. godinu (Sl. 15.) u kojima je tokom vegetacionog perioda broj sušnih dana bio značajno iznad proseka. Ovako velika razlika između izmerenih i simuliranih vrednosti prinosa je posledica nemogućnosti modela da u ekstremnim uslovima (veliko kolebanje dnevnih temperatura vazduha i količina padavina u kratkom vremenskom intervalu) korektno simulira reakciju biljke na stres (Lalic *et al.*, 2011; Lalic *et al.*, 2014). Ilustracije radi, kada bi iz proračuna za prosečno relativno odstupanje bili izostavljeni podaci prinosa za ekstremno sušne godine, vrednost relativnog odstupanja simuliranih vrednosti prinosa od izmerenih u uslovima bez navodnjavanja bi iznosila 4,0% (Tab. 36).



Slika 15. Validacija prinosa srednje kasnog hibrida kukuruza NSSC 640 (t/ha) na Rimskim Šančevima u uslovima bez navodnjavanja za period 1997-2005.

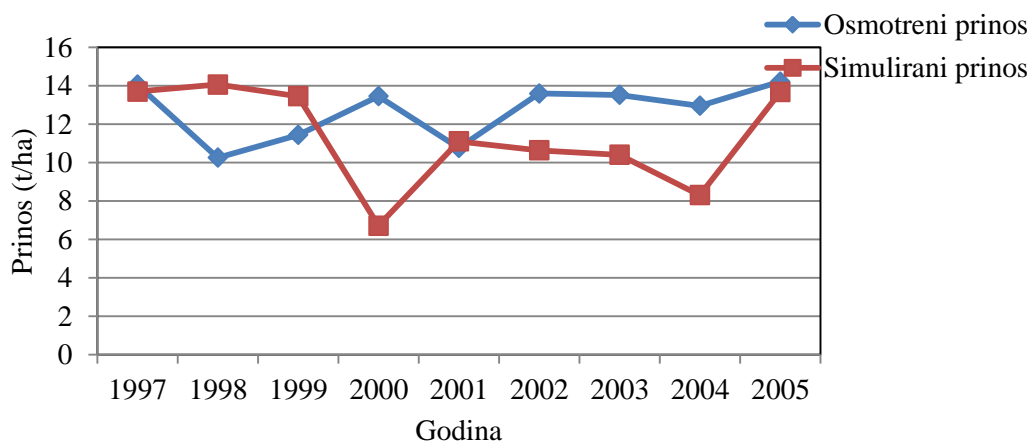
Tabela 35. Validacija prinosa zrna srednje kasnog hibrida kukuruza NSSC 640 (t/ha) na Rimskim Šančevima u uslovima bez navodnjavanja za period 1997-2005.

Godina	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)	Relativno odstupanje prinosa (%)
1997.	12,2	10,8	10,8
1998.	9,2	10,1	10,5
1999.	10,5	11,9	13,7
2000.	8,0	0,9	88,7
2001.	9,6	8,1	15,9
2002.	10,2	2,4	76,5
2003.	9,6	2,7	71,9
2004.	10,5	2,4	76,7
2005.	13,8	11,4	17,4

Tabela 36. Validacija prinosa zrna kukuruza kad se izuzmu sušne godine

Nenavodnjavan prinos	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)	Relativno odstupanje prinosa (%)
1997.	12,2	10,8	10,8
1998.	9,2	10,1	10,5
1999.	10,5	11,9	13,7
2001.	9,6	8,1	15,9
2005.	13,8	11,7	17,4

U navodnjavanim uslovima (Tab. 37) prosečno relativno odstupanje simuliranih vrednosti prinosa od izmerenih iznosi 10,67%. Najveće relativno odstupanje je dobijeno za 2000., 1998. i 2004. godinu (Sl. 16), jer su navedene godine pratile ekstremne suše. Izostavljanjem vrednosti rezultata za tri navedene godine prosečno relativno odstupanje simuliranih vrednosti prinosa od izmerenih iznosilo bi 5,1% (Tab. 38).



Slika 16. Simulirane i izmerene vrednosti prinosa kukuruza NSSC 640 (t/ha) u navodnjavanim uslovima za period 1997-2005.

Tabela 37. Validacija prinosa srednje kasnog hibrida kukuruza NSSC 640 (t/ha) na Rimskim Šančevima u navodnjavanim uslovima za period 1997-2005.

Godina	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)	Relativno odstupanje prinosa (%)
1997.	14,1	13,7	2,6
1998.	10,3	14,1	37,1
1999.	11,4	13,5	17,7
2000.	13,5	6,7	50,1
2001.	10,8	11,1	3,2
2002.	13,6	10,6	21,8
2003.	13,5	10,4	23,1
2004.	13,0	8,3	35,9
2005.	14,2	13,7	3,8

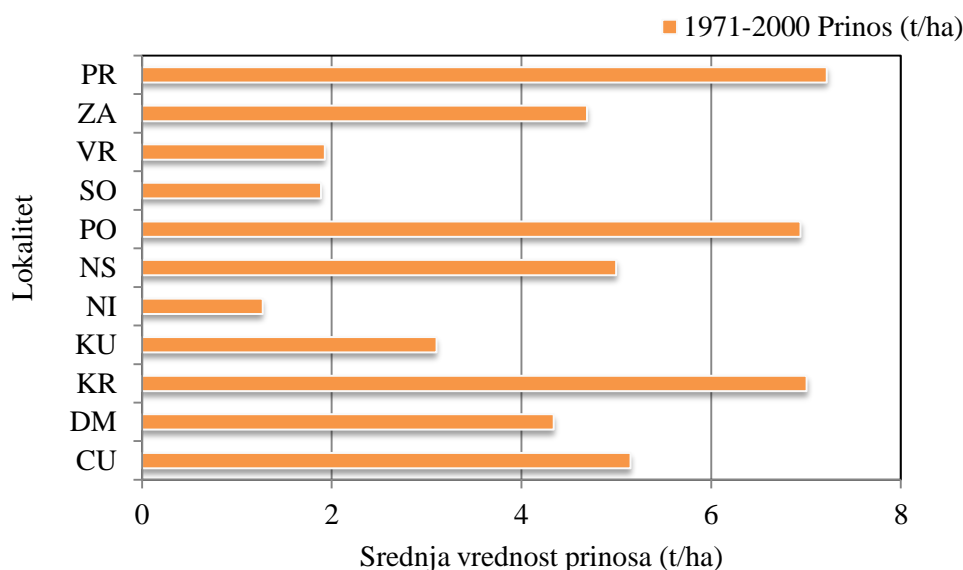
Tabela 38. Validacija prinosa zrna kukuruza kad se izuzmu sušne godine

Godina	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)	Relativno odstupanje prinosa (%)
1997.	14,06	13,70	2,56
1999.	11,44	13,46	17,66
2001.	10,77	11,11	3,16
2002.	13,60	10,64	21,76
2003.	13,53	10,41	23,06
2005.	14,22	13,68	3,80

6.2.2.2. Simulacija prinosa zrna za period 1971-2000.

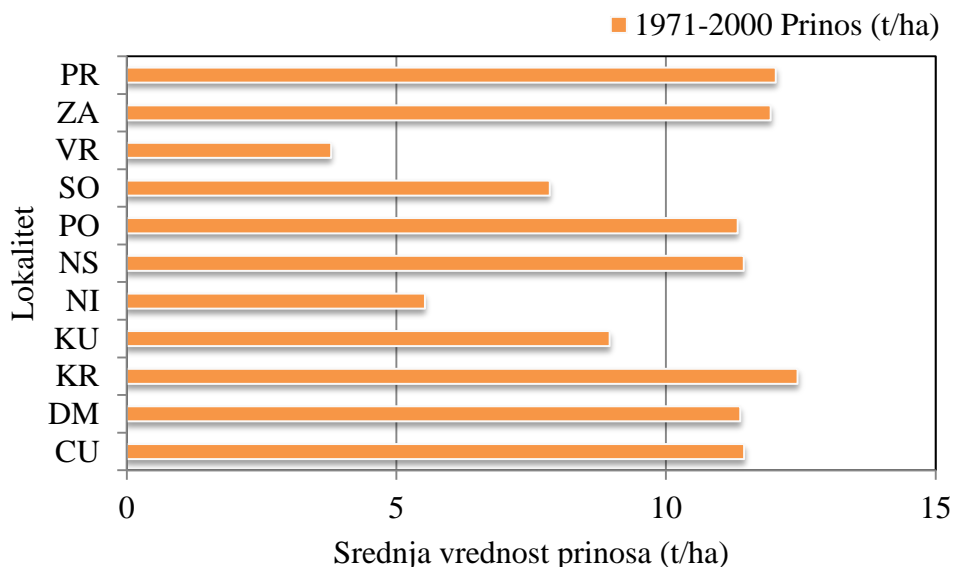
Da bi se dobila relativna promena prinosa zrna hibrida kukuruza za buduće uslove 2030. i 2050. godinu neophodno je prethodno uraditi simulaciju prinosa zrna za referentni period 1971-2000. u odnosu na koji bi se računala relativna promena. Simulacije su urađene u uslovima bez navodnjavanja i u uslovima sa navodnjavanjem.

Najpre su urađene simulacije prinosa zrna kukuruza u uslovima bez navodnjavanja. Prinosi su se kretali od 1,27 t/ha (NI) do 7,22 t/ha (PR) za 11 lokaliteta Srbije. Najniži prinosi dobijeni su za dva južna lokaliteta NI (1,27 t/ha) i VR (1,93 t/ha) i najseverniji lokalitet SO (1,89 t/ha). Viši prinosi zapaženi su u centralnoj Srbiji od 4,3 t/ha do 7 t/ha, sa izuzetkom KU od 3,1 t/ha. U istočnom delu (ZA, DM) i jednom severnom lokalitetu prinosi su bili iznad 4 t/ha (Sl. 17).



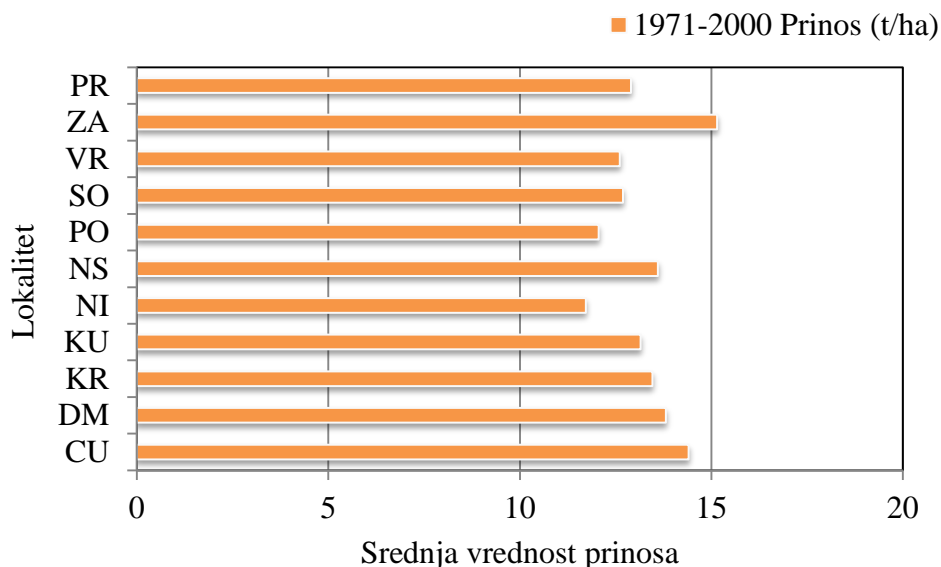
Slika 17. Simulirani prinos zrna srednje kasnog hibrida kukuruza NSSC 640 (t/ha) na Rimskim Šančevima u uslovima bez navodnjavanja za referentni period 1971-2000.

U uslovima navodnjavanja normom od 180 mm dodate vode, srednja vrednost prinosa zrna kukuruza za referentni period 1971–2000. kretao se od 3,8 t/ha (VR) do 12,4 t/ha (KR). Najniži prinosi dobijeni su za dva južna lokaliteta VR (3,8 t/ha) i NI (5,5 t/ha). Prinosi većine lokaliteta (CU, DM, KR, NS, PO, ZA, PR) su se kretali iznad 11 t/ha što se smatra visokim prinosima. Nešto niže prinose imali su samo lokaliteti KU (8,95 t/ha) i SO (7,8 t/ha) (Sl. 18).



Slika 18. Simulirani prinos zrna kukuruza hibrida NSSC 640 (t/ha) u uslovima navodnjavanja (180 mm/vegetacionoj sezoni) za referentni period 1971-2000. ($\text{CO}_2 = 330 \text{ ppm}$)

Rezultati simulirane vrednosti prinosa zrna kukuruza za referentni period 1971-2000. u uslovima 50% dostupne vode biljci pokazali su visoke prinose za sve posmatrane lokalitete. Srednje vrednosti prinosa zrna kukuruza kretale su se od 11,7 t/ha (NI) do 15,1 t/ha (ZA). U uslovima ovako kontrolisanog navodnjavanog režima svi lokaliteti su imali izuzetno visoke prinose (Sl. 19).



Slika 19. Simulirani prinos kukuruza hibrida NSSC 640 (t/ha) u uslovima 50% dostupne vode biljci za referentni period 1971-2000.

6.2.2.3. Rezultati relativne promene prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050. godine

Nakon izvršene korektne kalibracije i validacije modela, urađene su simulacije prinosa zrna hibrida kukuruza NSSC 640 za buduće uslove, za 2030. i 2050. godinu, tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta. Sve simulacije urađene su prvo u uslovima koncentracije CO₂ od 330 ppm i nakon toga u uslovima očekivanih koncentracija CO₂ po IPCC izveštaju iz 2007. godine (Tab. 11). Izračunata je relativna promena prinosa za 2030. i 2050. godinu u odnosu na prinos referentnog perioda 1971-2000. Sve simulacije prinosa zrna kukuruza urađene su za dva metoda navodnjavanja: u uslovima bez navodnjavanja, u uslovima navodnjavanja - norme navodnjavanja 180 mm dodate vode i u uslovima 50% dostupne vode biljci.

Projekcija prinosa u uslovima bez navodnjavanja ukazala je da se očekuje veoma značajno smanjenje prinosa u svim lokalitetima Srbije u 2030. i 2050. godini. U 2030. godini (ECHAM, A1B), očekuje se pad prinosa od -21 do -54% i - 42 do -73% u 2050. godini (ECHAM, A2) (Tab. 39). Upoređenjem rezultata relativne promene prinosa zapaženo je da nema značajnih razlika između rezultata tri klimatska modela u okviru jednog integracionog perioda, a takođe nema značajnih razlika između rezultata dva scenarija (D. Tab. 65).

Na svim posmatranim lokalitetima Srbije očekuje se da prinos veoma značajno opada u budućim uslovima 2030. i 2050. godine. Na osnovu dobijenih rezultata očigledno je da u budućim uslovima kukuruz ne bi mogao da se proizvodi u uslovima bez navodnjavanja.

Tabela 39. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-48	-63
DM	-34	-57
KR	-40	-61
KU	-37	-59
NI	-21	-42
NS	-43	-63
PO	-36	-66
SO	-48	-68
VR	-54	-73
ZA	-28	-45
PR	-24	-43

Tabela 40. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja kukuruza (broj dana) u uslovima bez navodnjavanja dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-3	-8
DM	-6	-13
KR	-4	-9
KU	-5	-10
NI	-4	-9
NS	-3	-9
PO	-5	-10
SO	-6	-10
VR	-13	-21
ZA	-4	-9
PR	1	-3

Tabela 41. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do zrenja kukuruza (broj dana) u uslovima bez navodnjavanja dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-23	-37
DM	-24	-48
KR	-24	-41
KU	-20	-33
NI	-14	-25
NS	-30	-45
PO	-36	-60
SO	-24	-37
VR	-32	-51
ZA	-31	-45
PR	-14	-27

Analizom rezultata dinamike vegetacije zapaženo je da se smanjuje broj dana od setve do cvetanja (Tab. 40 i D. Tab. 66) i od setve do zrenja (Tab. 41 i D. Tab. 67). Uzrok kraćeg trajanja fenofaza su očekivane više temperature vazduha tokom vegetacionog perioda.

Na većini lokaliteta očekuje se smanjenje broja dana od setve do cvetanja od 3 do 13 dana (ECHAM, A1B) u 2030. godini, i od 3 do 21 dan u 2050. godini (ECHAM, A2). Samo u južnom lokalitetu PR broj dana se produžuje za jedan u 2030. godini. Broj dana od setve do zrenja očekuje se da se prosečno smanji od 14 do 36 dana u 2030. godini i od 25 do 60 dana u 2050. godini. Najmanje smanjenje broja dana je u NI i PR od 14 dana u 2030. godini i do 27 dana u 2050. godini.

Nakon dobijenih rezultata prinosa zrna kukuruza u uslovima bez navodnjavanja, urađene su simulacije prinosa zrna kukuruza u uslovima navodnjavanja, 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni, kao što je bila praksa u ogledu na Rimskim Šančevima (D. Tab. 68).

Rezultati simulacije, (Tab. 42), pokazali su značajno opadanje prinosa, izuzev u jednom lokalitetu centralne Srbije (PO), gde se u 2030. godini (ECHAM A1B) očekuje da prinos ostane nepromenjen, ali u 2050. godini (ECHAM A2) opada i do 19%. U 2030. godini, analizom rezultata za sve lokalitete, očekuje se da prinos opadne između 12 do 43%, a u 2050. od 18% do 64%. U centralnoj Srbiji prinos značajno opada do 11% (KR) i veoma značajno do 30% (CU) u 2030. godini, a u 2050. godini se očekuje da prinos opada do 48% za tri lokaliteta centralne Srbije (CU, KR, KU). Požega je jedini lokalitet u Srbiji gde se u 2030. očekuje nepromenjen prinos, a u 2050. opada i do 19%. U severnom delu (NS, SO) prinos značajno opada od 17% (NS) i 23% (SO) u 2030. godini i 31% (NS) do 36% (SO) u 2050. godini. Najniži prinosi očekuju se u južnom lokalitetu VR i istočnom lokalitetu DM, sa minimumom od -43% u VR u 2030. godini i -64% u 2050. godini.

Tabela 42. Relativna promena prinosa (%) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni, korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-30	-44
DM	-30	-48
KR	-17	-37
KU	-28	-44
NI	-18	-18
NS	-17	-31
PO	1	-19
SO	-23	-36
VR	-43	-64
ZA	-14	-30
PR	-12	-30

Analizom rezultata zapaženo je da se smanjuje broj dana od setve do cvetanja (Tab. 43 i D. Tab. 69) i od setve do zrenja (Tab. 44 i D. Tab. 70). Uzrok kraćeg trajanja fenofaza su očekivane više temperature vazduha tokom vegetacionog perioda.

Na većini lokaliteta očekuje se smanjenje broja dana od setve do cvetanja od 3 do 10 dana (ECHAM, A1B) u 2030. godini, i od 3 do 17 dana u 2050. godini (ECHAM, A2). Samo u južnom lokalitetu PR broj dana u 2030. godini se produžuje za jedan. Broj dana od setve do zrenja očekuje se da se prosečno smanji od 14 do 28 dana u 2030. godini i od 26 do 48 dana u 2050. godini. Najmanje smanjenje broja dana je u NI i PR do 14 dana u 2030. godini i do 27 dana u 2050. godini

Tabela 43. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja kukuruza (broj dana) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-3	-8
DM	-7	-13
KR	-4	-9
KU	-5	-10
NI	-4	-9
NS	-4	-9
PO	-5	-11
SO	-6	-10
VR	-10	-17
ZA	-4	-9
PR	1	-3

Tabela 44. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do zrenja kukuruza (broj dana) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-17	-34
DM	-24	-48
KR	-24	-41
KU	-21	-37
NI	-13	-26
NS	-20	-34
PO	-23	-46
SO	-18	-33
VR	-28	-48
ZA	-20	-38
PR	-14	-27

Nakon simulacija prinosa sa definisanom normom navodnjavanja (180 mm), urađene su simulacije prinosa zrna kukuruza hibrida NSSC 640 u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci, kako bi se istražio koliko je značajan uticaj kontrolisanog navodnjavanja u proizvodnji kukuruza u budućim uslovima (D. Tab. 71).

Izračunate prosečne relativne promene prinosa zrna kukuruza (Tab. 45) pokazale su da se očekuje nepromenjen prinos u svim posmatranim lokalitetima, izuzev u KR i NS, gde prinos neznatno opada do 9% u 2030. i 2050 i KR, NS, i ZA, gde se očekuje pad prinosa od 11

do 21%. Simulacijama prinosa zrna hibrida u različitim uslovima navodnjavanja utvrđeno je da prinos u budućim uslovima u mnogome zavisi od dostupnosti vode biljci i da na većini lokaliteta prinos ostaje nepromenjen u budućim uslovima ako je biljka u kontrolisanim uslovima navodnjavanja i obezbeđena vodom tokom kritičnih perioda vegetacije.

Tabela 45. Relativna promena prinosa (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci, korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-1	-5
DM	8	3
KR	-9	-21
KU	0	-6
NI	2	-1
NS	-8	-19
PO	7	3
SO	2	-1
VR	0	-6
ZA	-2	-11
PR	1	-5

Tabela 46. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja kukuruza (broj dana) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-3	-7
DM	-6	-12
KR	-4	-9
KU	-4	-9
NI	-4	-9
NS	-4	-9
PO	-5	-10
SO	-6	-10
VR	-6	-11
ZA	-3	-8
PR	-2	-3

Tabela 47. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do zrenja kukuruza (broj dana) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-16	-34
DM	-24	-48
KR	-24	-41
KU	-24	-42
NI	-19	-33
NS	-19	-35
PO	-23	-47
SO	-28	-52
VR	-25	-54
ZA	-19	-47
PR	-14	-27

Analizom rezultata zapaženo je da se neznatno smanjuje broj dana od setve do cvetanja (Tab. 46 i D. Tab. 72) i značajno od setve do zrenja (Tab. 47 i D. Tab. 73). Uzrok kraćeg trajanja fenofaza su očekivane više temperature vazduha tokom vegetacionog perioda. Na većini lokaliteta očekuje se smanjenje broja dana od setve do cvetanja od 3 do 6 dana (ECHAM, A1B) u 2030. godini, i od 3 do 12 dana u 2050. godini (ECHAM, A2). Samo u lokalitetu PR broj dana u 2030. godini se produžuje za jedan. Broj dana od setve do zrenja očekuje se da se prosečno smanji od 14 do 28 dana u 2030. godini i od 27 do 54 dana u 2050. godini. Najmanje smanjenje broja dana je u PR i CU do 16 dana u 2030. godini i do 34 dana u 2050. godini.

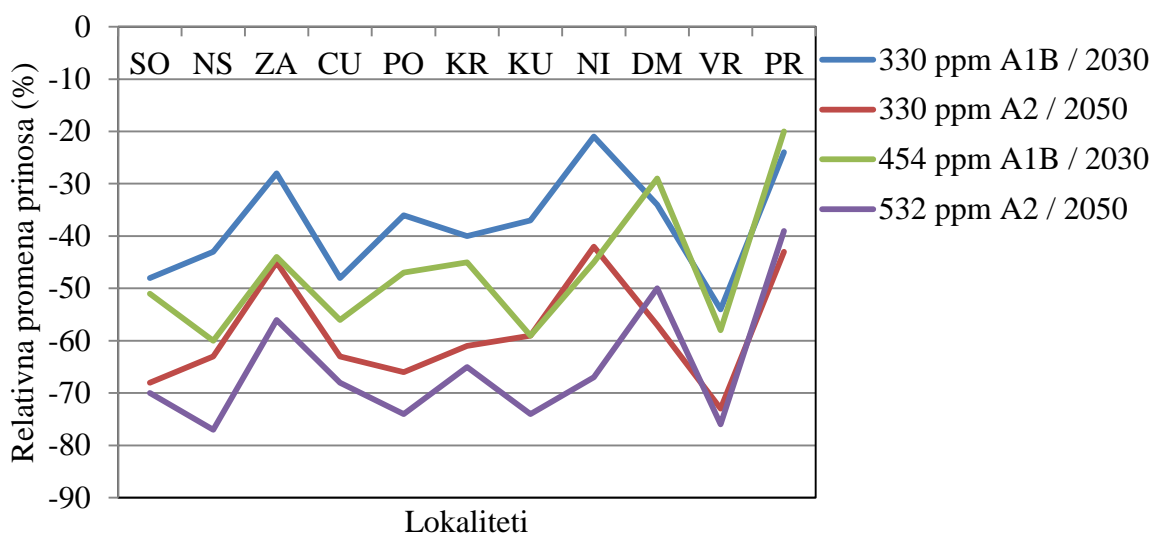
6.2.2.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna

Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna kukuruza u budućim uslovima, kvantifikovan je izračunavanjem relativne promene simuliranih prinosa za 2030. i 2050. godinu u odnosu na prinos referentnog perioda 1971-2000. U svim simulacijama uzete su u obzir odgovarajuće očekivane vrednosti CO₂ koncentracije po IPCC izveštaju (Tab. 11), za tri klimatska modela, dva scenarija na 11 lokaliteta Srbije. U analizu su bile uključene tri metode navodnjavanja kukuruza: u uslovima bez navodnjavanja, navodnjavan usev normom od 180 mm dodate vode i u uslovima kontrolisanog navodnjavanja pri 50% dostupne vode biljci.

Prvo su bile urađene simulacije za ogled u uslovima bez navodnjavanja (Tab. 48 i D. Tab. 74). Rezultati relativne promene prinosa pokazali su da se očekuje veoma značajno smanjenje prinosa u svim lokalitetima. I u 2030. godini i u 2050. godini, za sva tri klimatska modela i dva scenarija primećuje se veoma značajno smanjenje prinosa u svim lokalitetima. Smanjenje se kretalo od -20% do 60% u 2030. i 39% do 77% u 2050. godini. Samo u dva lokaliteta, južnom PR i istočnom DM, smanjenje prinosa nije prelazilo 30% u 2030. godini i oko 50% u 2050. godini (Tab. 48). Poređenjem relativne promene prinosa u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ i u uslovima CO₂ po IPCC, 2007 zapaženo je da su prinosi još niži u uslovima povišene CO₂ koncentracije (Sl. 20 i D. Sl. 2).

Tabela 48. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	-56	-68
DM	-29	-50
KR	-45	-65
KU	-59	-74
NI	-45	-67
NS	-60	-77
PO	-47	-74
SO	-51	-70
VR	-58	-76
ZA	-44	-56
PR	-20	-39



Slika 20. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza (%) u ogledu bez navodnjavanja u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

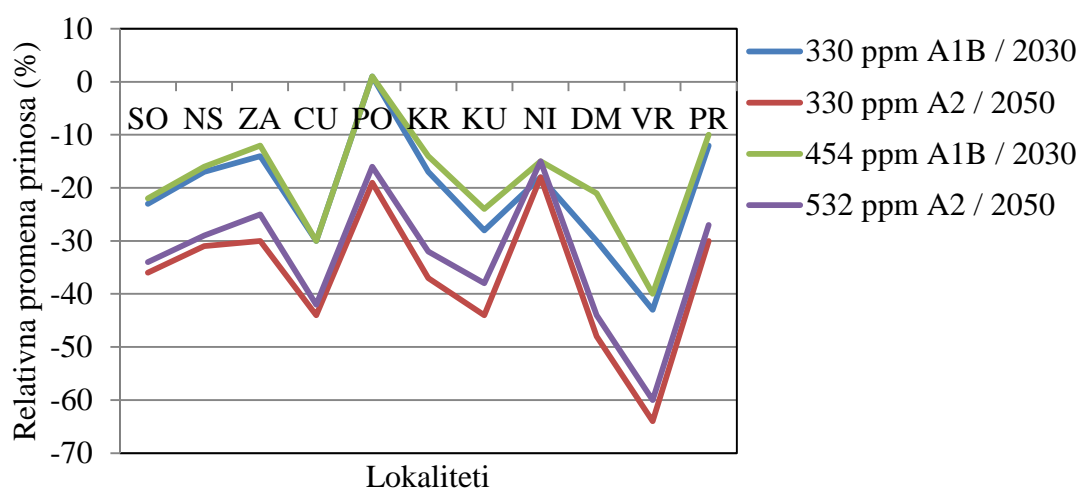
Simulacije prinosa zrna hibrida kukuruza u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni pokazale su veoma značajno i značajno smanjenje prinosa u svim regionima Srbije izuzev centralnog lokaliteta PO, gde je prinos ostao nepromenjen u 2030. godini i neznatno se smanjio u 2050. godini do 16% (ECHAM A2) (Tab. 49).

U centralnom delu Srbije, u 2030. godini, rezultati su ukazivali na veoma značajno smanjenje prinosa u CU do 30%, značajno smanjenje prinosa u KR i KU od 14 do 24% i nepromenjen prinos u PO. U 2050. na svim lokalitetima centralne Srbije, izuzev PO, očekuje se veoma značajno smanjenje prinosa do 42% (CU). U istočnom lokalitetu ZA i južnim lokalitetima PR i NI očekuje se smanjenje do 15% u 2030. i do 27% u 2050. godini. Već

znatno niži prinosi do -21% u 2030. i -44% u 2050. očekuju se u drugom istočnom lokalitetu DM. Najveće smanjenje prinosa dobijeno je u južnom lokalitetu VR do 40% (HadCM, A1B) u 2030. godini i -60% (ECHAM A2) u 2050. godini. U severnim lokalitetima smanjenje prinosa je bilo blaže u NS do -16% (ECHAM A1B) u 2030. i u SO značajnije smanjenje do 22% (ECHAM A1B) u 2030. godini. U 2050. godini u NS prinos se očekuje da bude manji i do -29% (ECHAM A2), a do -34% (ECHAM A2) u SO. Poređenjem rezultata relativne promene prinosa primećeno je da nema razlika između rezultata tri klimatska modela i između dva scenarija u okviru jednog integracionog perioda (D. Tab. 75). Poređenjem relativne promene prinosa u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ i u uslovima CO₂ po IPCC, 2007 zapaženo je da su prinosi još niži u uslovima povišene CO₂ koncentracije (Sl. 21 i D. Sl. 3).

Tabela 49. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	-30	-42
DM	-21	-44
KR	-14	-32
KU	-24	-38
NI	-15	-15
NS	-16	-29
PO	1	-16
SO	-22	-34
VR	-40	-60
ZA	-12	-25
PR	-10	-27

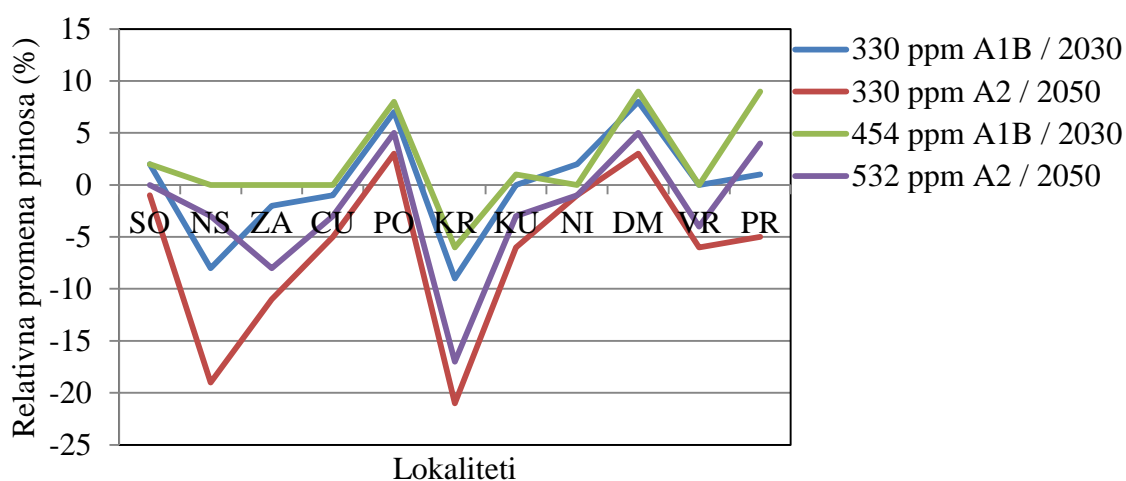


Slika 21. Prikaz poredjenja relativne promene prinosa zrna kukuruza u ogledu sa normom navodnjavanja 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

Uticaj CO₂ koncentracije na prinos zrna kukuruza praćen je i za uslove kontrolisanog navodnjavanja od 50% dostupnosti vode biljkama (D. Tab. 76). Izračunate vrednosti relativne promene prinosa ukazale su da se očekuje nepromenjen prinos na većini posmatranih lokaliteta (CU, KU, NI, NS, SO, VR, ZA), opadajući u KR i veći do 9% u DM, PO i PR u 2030. i 2050. godini (Tab. 50). Poređenjem relativne promene prinosa u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ i u uslovima CO₂ po IPCC, 2007 zapaženo je da su prinosi viši u uslovima povišene CO₂ koncentracije u uslovima kontrolisanog navodnjavanja (Sl. 22 i D. Sl. 4)

Tabela 50. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima norme navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci, korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	0	-3
DM	9	5
KR	-6	-17
KU	1	-3
NI	0	-1
NS	0	-3
PO	8	5
SO	2	0
VR	0	-4
ZA	0	-8
PR	9	4



Slika 22. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza u ogledu sa normom navodnjavanja 50% dostupne vode biljci u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

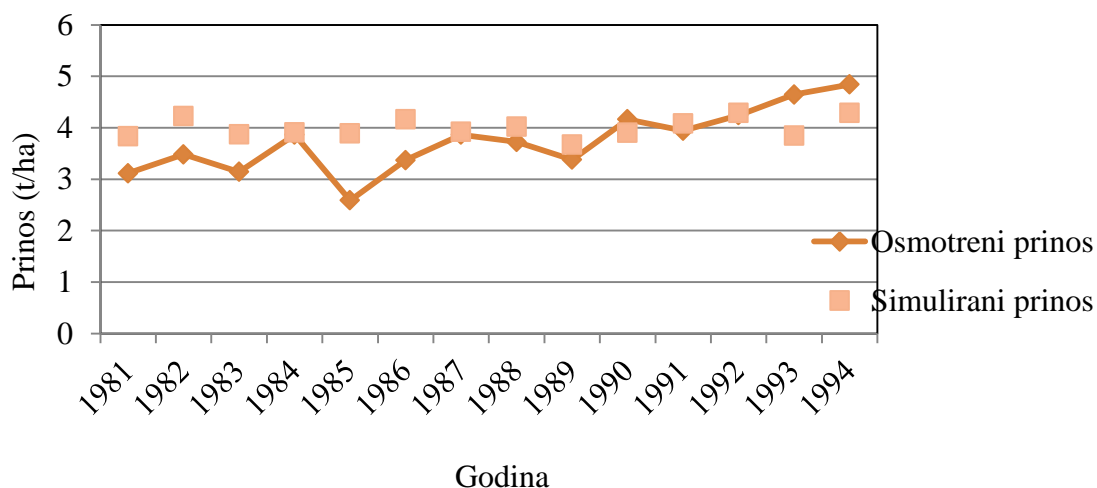
Simulacijama prinosa zrna kukuruza u uslovima očekivane koncentracije CO₂ i različitim normama navodnjavanja potvrđeno je da na promenu prinosa kukuruza porast

koncentracije CO₂ ima mali pozitivan efekat, ali da je navodnjavanje tj. snabdevanje vodom od ključnog značaja. U uslovima navodnjavanja prinosi su na većini lokaliteta bili stabilni ili nepromenjeni.

6.2.3. Soja – II grupa zrenja

6.2.3.1. Kalibracija i validacija

Za potrebe kalibracije modela i dalju simulaciju prinosa zrna soje, preuzeti su podaci o agrotehnologiji i izmerene vrednosti prinosa sa oglebnog polja Instituta za ratarstvo i povrtarstvo na Rimskim Šančevima u Novom Sadu u trajanju od 14 godina (Miladinović *i sar.*, 2008). U prvoj godini ogleđa setva je izvršena 20. aprila 1981. sortom II grupe zrenja. Navodnjavanje soje je u modelu bilo podešeno na opciju 50% dostupne vode biljci, metodom rasprskivača. Kalibracija je urađena korekcijom genetskih koeficijenata datih u modelu za sortu II grupe zrenja, nakon koje je sledila validacija modela (Sl. 23; Tab. 51). Relativna devijacija između vrednosti simuliranog i izmerenog prinosa zrna soje je iznosila 8,33%, što je prihvatljivo za korektnu validaciju modela za prinos zrna i uslove sredine u kojoj je ogleđ bio postavljen.

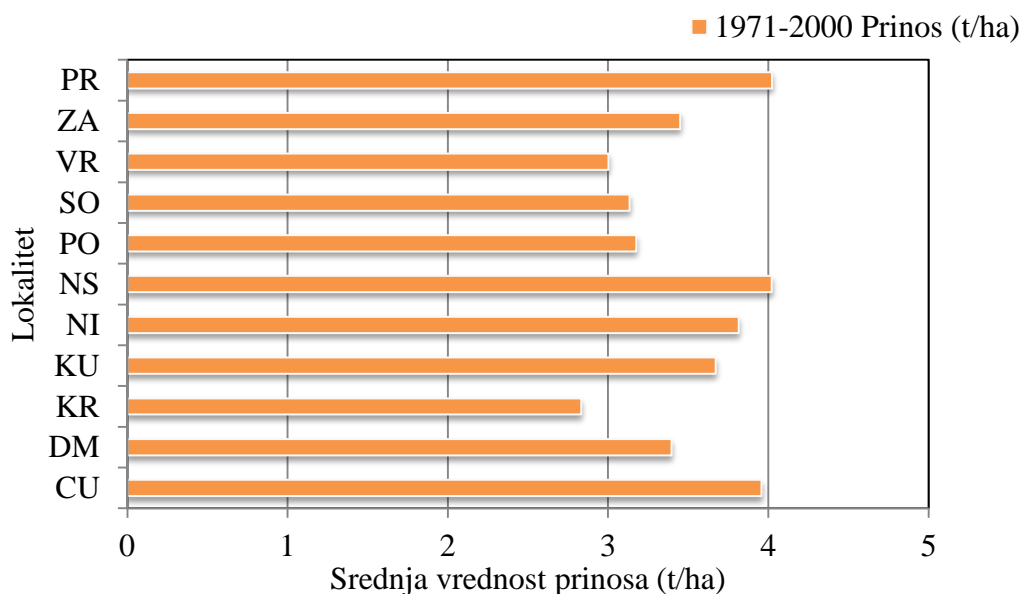


Slika 23. Validacija prinosa zrna soje II grupe zrenja (t/ha) na Rimskim Šančevima u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci za period 1981-1994.

Tabela 51. Validacija prinosa zrna soje II grupe zrenja (t/ha) na Rimskim Šančevima u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci za period 1981-1994.

Godina	Izmereni prinos (t/ha)	Simulirani prinos (t/ha)
1981	3,11	3,83
1982	3,48	4,23
1983	3,14	3,87
1984	3,86	3,91
1985	2,59	3,89
1986	3,37	4,16
1987	3,86	3,92
1988	3,72	4,02
1989	3,38	3,67
1990	4,16	3,90
1991	3,94	4,08
1992	4,24	4,29
1993	4,64	3,85
1994	4,84	4,29
Sr. vrednost	3,74	3,83

6.2.3.2. Simulacija prinosa zrna za referentni period 1971-2000.



Slika 24. Simulirani prinos zrna soje II grupe zrenja (t/ha) na Rimskim Šančevima za period 1971-2000.

Da bi se kvantifikovala promena prinosa za 2030. i 2050. godinu, prvo se uradi simulacija prinosa zrna za referentni period 1971-2000. u odnosu na koji se potom izvrši poređenje.

Prinos je varirao u intervalu od 2,80 do 4,17 t/ha Sl. 24. U centralnim i južnim lokalitetima KR i VR prinos je bio najniži. Prinosi ostalih devet lokaliteta bili su iznad 3 t/ha što se može smatrati visokim prinosom u našim uslovima.

6.2.3.3. Relativna promena prinosa zrna i dinamike vegetacije za očekivane uslove 2030. i 2050. godine

Rezultati simuliranih prinosa zrna soje II grupe zrenja urađeni su za 2030. i 2050. godinu, za tri klimatska modela (ECHAM, HadCM i NCAR), dva scenarija (A1B, A2) i 11 lokaliteta u navodnjavanim uslovima. U svim simulacijama koncentracija CO₂ je prvo podešena na 330 ppm. Da bi se kvantifikovao uticaj očekivanih uslova na prinos zrna soje izračunata je relativna promena prinosa zrna soje za 2030. i 2050. godinu u odnosu na prinos zrna za referentni period 1971-2000. (Tab. 52 i D. Tab. 77). Na osnovu analize rezultata očekuje se da simulirani prinos na svim lokalitetima raste, izuzev u VR, gde se očekuje niži prinos u 2050. godini. Poređenjem rezultata prinosa zrna soje, zaključuje se da dva scenarija (A1B, A2) daju slične rezultate prinosa za jedan integracioni period i nema značajnih razlika između rezultata tri korišćena klimatska modela, izuzev što je HadCM model pokazao više rezultate za DM i najniže za VR u 2050. godini. U severnom delu Srbije (SO i NS) rezultati su pokazali porast prinosa zrna do 6% odnosno 9% u 2030. i 2050. godini. U centralnom delu Srbije, nije bilo promena u prinosu u CU i nešto viši prinosi (do 17%) očekuju se u KR i KU. Maksimum porasta prinosa zapažen je u istočnom (DM) i centralnom (PO) lokalitetu, gde se očekuje relativna promena prinosa do 14% u 2030. godini i od 18 do 23% u 2050. godini. U južnim lokalitetima (NI, VR i PR) projektovan je nepromenjen prinos zrna u 2030. godini, a u NI i PR takođe nepromenjen u 2050. godini. Najveći pad prinosa očekuje se u 2050. u VR čak do 10% (ECHAM A2).

Tabela 52. Relativna promena prinosa zrna soje II grupe zrenja (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci, korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-1	2
DM	13	18
KR	6	5
KU	5	7
NI	2	-1
NS	6	6
PO	14	23
SO	9	8
VR	0	-10
ZA	8	10
PR	4	0

Tabela 53. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja soje (broj dana) dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-6	-7
DM	-6	-13
KR	-4	-10
KU	-7	-9
NI	-8	-10
NS	-4	-10
PO	-9	-1
SO	-8	-12
VR	-5	-9
ZA	-2	-7
PR	-5	-9

Tabela 54. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do zrenja soje (broj dana) dobijeni korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B	A2
	E	E
CU	-8	-6
DM	-7	-13
KR	-4	-9
KU	-9	-9
NI	-8	-9
NS	-4	-9
PO	-11	-1
SO	-8	-12
VR	-5	-10
ZA	-2	-6
PR	4	1

Analizom rezultata zapaženo je da se smanjuje broj dana od setve do cvetanja (Tab. 53 i D. Tab. 78) i od setve do zrenja, izuzev u lokalitetu Prizren (Tab. 54 i D. Tab. 79). Uzrok kraćeg trajanja fenofaza su očekivane više temperature vazduha tokom vegetacionog perioda.

Na većini lokaliteta očekuje se smanjenje broja dana od setve do cvetanja od 2 do 9 dana (ECHAM, A1B) u 2030. godini, i od 1 do 13 dana u 2050. godini (ECHAM, A2). Broj dana od setve do zrenja očekuje se da se prosečno smanji od 2 do 11 dana u 2030. godini i 13 dana u 2050. godini na većini lokaliteta. Jedino u lokalitetu PR je povećanje broja dana od 1 do 4 u 2030. i 1 dan u 2050. godini.

6.2.3.4. Projekcija uticaja očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna

Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna soje kvantifikovan je za 2030. i 2050. godinu izračunavanjem relativne promene prinosa za 2030. i 2050. godinu u odnosu na prinos zrna referentnog perioda 1971-2000. za tri klimatska modela i dva scenarija (D. Tab. 80). Vrednosti očekivane CO₂ koncentracije uzete su iz IPCC izveštaja, 2007 (Tab. 11). Relativne promene prinosa zrna praćene su za jedanaest lokaliteta kao i u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije (CO₂ = 330 ppm).

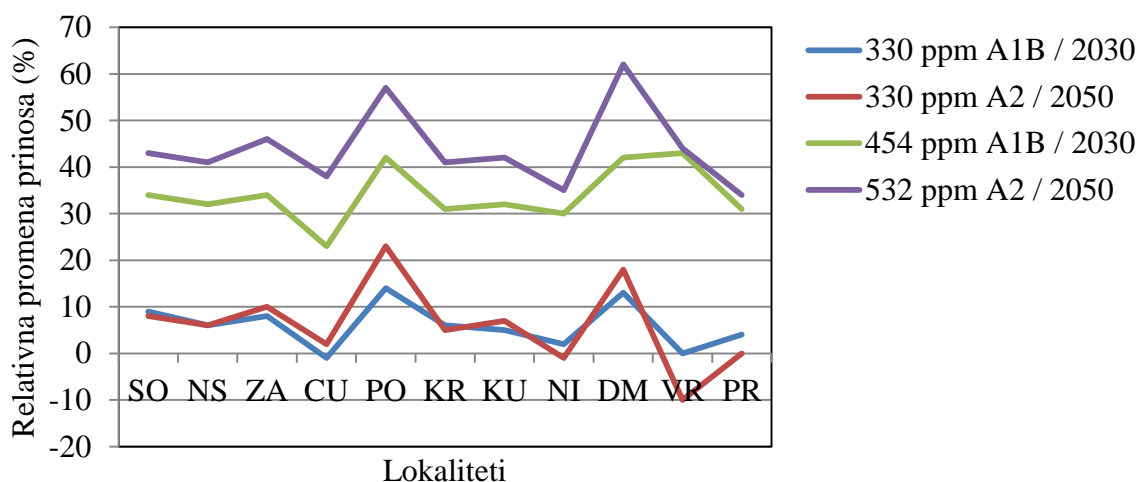
Na Sl. 25 i D. Sl. 5. vidi se očigledan uticaj povišene koncentracije CO₂ na prinos. Prikazane su relativne promene prinosa u uslovima sa i bez izmene CO₂ koncentracije, u odnosu na period 1971-2000. Na svim lokalitetima, prinos je značajno porastao u uslovima povišene CO₂ koncentracije od 23 do 43% u 2030. i 34 do 62% u 2050. godini (Tab. 55) za klimatski model ECHAM i dva scenarija.

Analizom rezultata, uočava se da su dva izabrana scenarija (A1B, A2), dala slične rezultate prinosa zrna soje za jedan integracioni period i nisu postojale razlike između rezultata tri klimatska modela, izuzev što su simulacije urađene klimatskim podacima HadCM modela dale nešto više rezultate za DM i najniže za VR u 2050. godini.

Na većini lokaliteta (KR, KU, NI, NS, SO, PR, ZA) projektovani prinos je pokazivao i veoma značajan rast od 30 do 34% u 2030. (ECHAM A1B) i od 34 do 46 % u 2050. godini (ECHAM A2), izuzev kod CU gde su uočene nešto niže promene. Maksimalni porast u prinosu dobijen je za lokalitete DM, PO i VR do 43% u 2030. godini i DM i PO 57 i 62% u 2050. godini.

Tabela 55. Relativna promena prinosa zrna soje II grupe zrenja (%) u uslovima 50% dostupne vode biljci za 2030. i 2050. godinu korišćenjem klimatskog modela ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta. (E-ECHAM; H-HadCM; N-NCAR).

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	23	38
DM	42	62
KR	31	41
KU	32	42
NI	30	35
NS	32	41
PO	42	57
SO	34	43
VR	43	44
ZA	34	46
PR	31	34



Slika 25. Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna soje : a) relativna promena (%) ECHAM (A1B, A2);

6.3. ADAPTACIONE MERE

6.3.1. Datum setve-rokovi

Analiza rezultata klimatskih modela pokazala je da se u budućim uslovima očekuje porast temperature vazduha i smanjenje sume padavina u letnjem periodu vegetacije JJA, što ukazuje na mogućnost povećanog fiziološkog stresa kod biljaka. Na osnovu analize rezultata promene prinosa za buduće uslove, može se očekivati veoma značajan pad prinosa u proizvodnji kukuruza. Iz tog razloga urađena je analiza mera adaptacije na rok setve. Kako bi se umanjilo štetno dejstvo sušnog perioda JJA na fiziološke potrebe biljke, rok setve je postavljen na 05. april, 15 dana ranije u odnosu na uobičajeni datum setve 20. aprila.

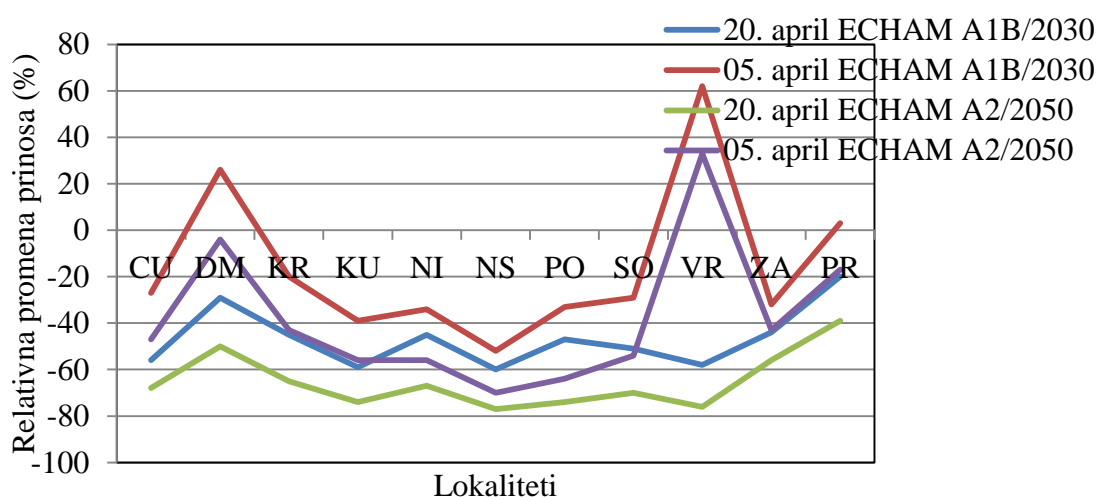
Ostali usevi uključeni u ovaj rad, pšenica i soja, nisu obuhvaćeni u ovoj analizi, jer su rezultati relativne promene prinosa pšenice ukazivali da se očekuje nepromenjen prinos. Rezultati relativne promene prinosa soje ukazuju da bi prinos mogao da bude znatno viši nego u referentnom periodu 1971-2000. pa adaptacija na već dobru agrotehnošku praksu nije rađena.

Adaptacija roka setve urađena je za kukuruz u uslovima bez navodnjavanja da bi se ocenio isključivo uticaj primene ranijeg roka setve na prinos, a ne i navodnjavanje. U Tabeli 56, prikazani su rezultati relativne promene prinosa za kukuruz u uslovima bez navodnjavanja za klimatski model ECHAM i dva scenarija u uslovima očekivane koncentracije CO₂ po izveštaju IPCC iz 2007. godine. Analiza ranijeg roka setve i simulacije prinosa zrna kukuruza su urađene za sve lokalitete i to za sva tri klimatska modela i oba scenarija iz razloga što su dobijeni rezultati prinosa u uslovima uobičajenog roka setve bili veoma značajno niski za sve lokalitete, sva tri klimatska modela i oba scenarija (D.Tab. 81).

Tabela 56. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja za klimatski model ECHAM, dva scenarija (A1B, A2) za 11 lokaliteta. (datum setve 05. april) (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	-27	-47
DM	26	-4
KR	-20	-43
KU	-39	-56
NI	-34	-56
NS	-52	-70
PO	-33	-64
SO	-29	-54
VR	62	33
ZA	-32	-43
PR	3	-17

Na osnovu analize rezultata relativne promene prinosa za sve lokalitete, pokazalo se da se u uslovima ranijeg roka setve očekuju viši prinosi nego u uslovima uobičajenog datuma setve (Tab. 56; Sl. 17). Međutim, u svim lokalitetima i dalje se očekuje veoma značajan pad prinosa izuzev u DM i VR gde se očekuje značajan porast u odnosu na prinose referentnog perioda 1971-2000. U istočnom lokalitetu DM ovom merom adaptacije dobio se značajan porast prinosa od 26% u 2030. godini i do -4% u 2050. godini. U lokalitetu VR se očekuje porast prinosa od 62% u 2030. godini, a 33% u 2050. godini. U lokalitetu PR u 2030. godini očekuje se da prinos bude nepromenjen, a u 2050. godini niži do 17%.



Slika 26. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza u roku setve 05. april – 20. april za ECHAM A1B 2030. godinu i ECHAM A2 2050. godinu sa očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

6.3.2. Uvođenje kontrolisanog navodnjavanja

Pšenica se u uslovima referentnog perioda 1971-2000. nije navodnjavala. U budućim uslovima 2030. i 2050. godine očekuje se porast temperature vazduha, smanjenje broja mraznih i ledenih dana, uvećanje količine padavina u zimskom periodu vegetacije i veće rezerve vlage u zemljištu u proleće. Očekuje se da će agroekološki uslovi biti još povoljniji za uzgajanje ozime pšenice u 2030. i 2050. godini nego tokom referentnog perioda 1971-2000., te bi navodnjavanje bilo ekonomski neisplativo na većini lokaliteta.

Kukuruz. Da bi se procenila adekvatna norma navodnjavanja u proizvodnji kukuruza u simulacijama u DSSAT modelu biljne proizvodnje izabrana je opcija 50% dostupne vode biljci. Analizirani su rezultati relativne promene prinosa i relativne promene norme navodnjavanja da bi se ocenio uticaj norme navodnjavanja u budućim uslovima na prinos i koliko se očekuje povećanje norme navodnjavanja u odnosu na referentni period 1971-2000. U Tabeli 57. prikazani su rezultati relativne promene prinosa za kukuruz u navodnjavanjem uslovima 50% dostupne vode za klimatski model ECHAM i dva scenarija u uslovima očekivane koncentracije CO₂ po izveštaju IPCC iz 2007. godine (Tab. 11).

Izračunate vrednosti relativne promene prinosa ukazale su da se očekuje nepromenjen prinos na većini posmatranih lokaliteta (CU, KU, NI, NS, SO, VR), opadajući u KR i ZA i neznatno viši do 9% u DM i PR u 2030. i 2050. godini.

U Tabeli 57 prikazani su rezultati relativne promene norme navodnjavanja za kukuruz za klimatski model ECHAM i dva scenarija u uslovima očekivane koncentracije CO₂. Za većinu lokaliteta CU, DM, KR, KU, SO i PR uvećanje norme navodnjavanja je bilo od 20 do 25% u 2030. godini i od 33 do 38% u 2050. godini. Za južne lokalitete NI i VR, severni NS i istočni ZA uvećanje norme navodnjavanja je bilo manje od 11 do 13% u 2030. godini i od 18 do 26% u 2050. godini. Najveći porast norme navodnjavanja očekuje se u PO do 45% u 2030. godini i 84% u 2050. godini. Poređenjem rezultata oba scenarija i između rezultata klimatskih modela, zaključeno je da nema statistički značajnih razlika između rezultata scenarija i klimatskih modela za jedan integracioni period (D.Tab. 82).

U Tabela 57. Relativna promena norme navodnjavanja za soju korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija za jedanaest lokaliteta. (E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	24	38
DM	25	38
KR	25	34
KU	20	33
NI	11	18
NS	13	26
PO	45	84
SO	21	33
VR	13	18
ZA	12	23
PR	21	36

Soja. Simulacije prinosa soje odmah su urađene u uslovima navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci, jer je opcija u uslovima bez navodnjavanja davala jako niske prinose, a opcija 50% dostupne vode je davala norme navodnjavanja, koje su bile slične u našim uslovima na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Rezultati relativne promene prinosa, (Tab. 54), ukazivale su na veoma značajno povećanje prinosa u budućim uslovima, a u (Tab. 58) su prikazane relativne promene norme navodnjavanja za buduće uslove za klimatski model ECHAM i dva scenarija u uslovima očekivane koncentracije CO₂ po izveštaju IPCC iz 2007. godine (Tab. 11).

U svim lokalitetima norma navodnjavanja u budućim uslovima veoma raste od 10 do 40% u 2030. godini i od 13 do 110% u 2050. godini (Tab. 58). U centralnom delu Srbije (CU, KR, KU) očekuje se značajna promena norme navodnjavanja od 10 do 18% u 2030. godini i od 39 do 52% (KR) u 2050. godini, sa maksimumom porasta u PO do 40% u 2030. godini i 110% u 2050. godini. U severnom delu Srbije (SO, NS) i istočnim lokalitetima (DM, ZA) promena je bila veoma značajna do 28% (DM) u 2030. godini i veoma značajno viša 53% (DM) u 2050. godini. Južni lokaliteti (NI, VR) imali su nižu promenu norme navodnjavanja posebno u VR do 12% u 2030. godini i 13% u 2050. godini. Poređenjem rezultata oba scenarija i između rezultata klimatskih modela, zaključeno je da nema statistički značajnih razlika između rezultata scenarija i klimatskih modela za jedan integracioni period (D. Tab. 83).

Tabela 58. Relativna promena norme navodnjavanja u proizvodnji soje II grupe zrenja (%) u uslovima 50% dostupne vode biljci za 2030. i 2050. godinu, korišćenjem klimatskog modela ECHAM i dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta.(E-ECHAM)

	2030	2050
Lokalitet	A1B (454 ppm)	A2 (532 ppm)
	E	E
CU	18	50
DM	28	53
KR	13	52
KU	10	39
NI	16	35
NS	23	51
PO	40	110
SO	26	49
VR	12	13
ZA	22	48
PR	29	61

7. DISKUSIJA

Uticaj promene klime i agroklimatskih parametara u 2030. i 2050. godini na biljnu proizvodnju

Agrometeorološki parametri koji najviše utiču na biljnu proizvodnju su količina padavina tokom kritičnih perioda u proizvodnji i veoma visoke temperature (značajan porast broja letnjih i tropskih dana) koje ugrožavaju jare useve i obim proizvodnje.

Temperatura vazduha. Na osnovu rezultata klimatskih modela za potrebe doktorata i na osnovu literaturnih podataka očekuje se porast temperature vazduha u 2030. i 2050. godini na godišnjem nivou i u svim periodima vegetacione sezone (IPCC, 2001; CECILIA, 2006; Olesen *et al.*, 2011; Mihailović *et al.*, 2010). Očekivane višlje temperature vazduha uticaće na pojavu toplijih i blažih zima, ali i sušnijih letnjih meseci, zatim uvećanje sume efektivnih temperatura, posebno u letnjem periodu (JJA), što će imati za posledicu kraću vegetacionu sezonu i skraćenje perioda fiziološke faze nalivanja zrna i nižeg prinosa. Povećanje temperature vazduha, uz ostale agroklimatske i pedološke uslove, bi moglo da obezbedi raniju setvu u proleće (Leary *et al.*, 2008a, Leary *et al.*, 2008b).

Padavine su meteorološki element koji najviše utiče na obim biljne proizvodnje i visinu i kvalitet prinosa. Na osnovu analize rezultata klimatskih modela za potrebe doktorata i na osnovu literaturnih podataka, uočava se da tokom zimskog perioda vegetacione sezone (O-M; DJF) može da se očekuje veća količina padavina (Olesen *et al.*, 2011; Mihailović *et al.*, 2010), čime bi se obezbedili dobri početni uslovi vlage zemljišta za ozime useve, njihovo u optimalnom roku klijanje i ujednačeno i ravnomerno nicanje. Dovoljna količina vode obezbedila bi i bolju ishranu biljke što je takođe od velikog značaja da bi biljke ušle u period niskih zimskih temperatura otpornije. U periodu DJF povećanje količine padavina bi obezbedilo povoljne rezerve vlage u zemljištu za razvoj vegetativne mase ozimih useva i za jare kulture, njihov povoljan početni rast i razvoj, klijanje i nicanje. Neznatno smanjenje padavina koje se očekuje u MAM periodu, na osnovu analize rezultata klimatskih modela za potrebe doktorata i na osnovu literaturnih podataka (Olesen *et al.*, 2011; Mihailović *et al.*, 2010) ne bi trebalo bitnije da utiče na biljke. Očekivano značajnije smanjenje sume padavina u toku JJA perioda (CECILIA, 2006; Mihailović *et al.*, 2010) uticaće negativno na jare useve i uz visoke temperature vazduha imaće negativan uticaj na dostupnost vode biljci i njenu ishranu.

Ekstremne temperature. Analiza rezultata ekstremno niskih temperatura i na osnovu analize literature (Olesen *et al.*, 2011, Mihailović *et al.*, 2010), ukazuje na smanjenje broja dana sa ekstremno niskim temperaturama i povoljnije uslove za ozime useve i smanjenje mogućnosti izmrzavanja. Učestalija pojava broja dana sa ekstremno visokim temperaturama uz smanjenje količine padavina dovodi do pojave suše i do veće iscrpljenosti biljaka vodom i ishranom čime se direktno utiče na fiziološki stres biljaka i pad prinosa.

Mraz. Analizom rezultata agroklimatskog modela za prosečni datum pojave, jesenjeg mraza očekuje se za 7 odnosno 15 dana kasnije pa bi početak vegetacije trebalo odložiti za kasnije zbog bezbednijih uslova, a iskoristiti za gajenje međuuseva. Prolećni mraz javlja se ranije i setva i početak vegetacije mogu se pomeriti za ranije kako bi se izbegli sušni periodi leti. Ranijim rokom setve bila bi omogućena, adaptacija agrotehnologije na letnju sušu.

Uticaj agrometeoroloških pokazatelja na proizvodnju pšenice, kukuruza i soje – limiti i regionalizacija proizvodnje

Pšenica

U radu je praćena ozima pšenica i uticaj agrometeoroloških pokazatelja na njenu proizvodnju u referentnom periodu 1971-2000., kao i 2030. i 2050. godine.

Agrometeorološki pokazatelji koji mogu da se smatraju limitima proizvodnje ozime pšenice su: suma padavina, rezerve vlage u zemljištu, niske temperature, snežni pokrivač i mraz i suša na početku letnjeg perioda JJA.

Posmatrajući biološke osobine ozime pšenice i zahteve prema temperaturi vazduha može se reći da setvom u optimalnom roku, sredinom oktobra meseca, pšenica ima sledeće zahteve: optimalna temperatura na kojoj seme pšenice klija u roku od 10 dana je 6-12 °C, minimum izosi 1-2 °C i maksimum 35 °C. U slučaju pojave ekstremno niskih temperatura u ovoj fazi ($T_{\min} < -0,1$ °C i $T_{\max} < 0,1$ °C) seme neće klijati, ali tek na $T_{\min} < -20$ °C će izmrznuti.

U referentnom periodu 1971-2000. maksimalna temperatura vazduha polovinom oktobra nije bila niža od 0 °C, niti je izmerena viša od 30 °C do kraja oktobra meseca. Izmerena maksimalna temperatura iznad 25 °C se kratko javljala. Fenološka faza nicanje traje od novembra do polovine decembra i u našim uslovima minimalna temperatura može da uspori razvoj samo u decembru. Izmereni podaci o pojavi snežnog pokrivača ukazuju da je prisutan do sredine februara i štiti biljke od mraza. Kritični period za pšenicu je period između vlatanja i klasanja, od prve dekade aprila do kraja aprila, kada pšenica razvija najveći deo vegetativne mase. U toku ovog perioda pšenica ima visoke zahteve prema vodi, oko 200 mm u našim uslovima. U ovoj fazi pšenica je u periodu 1971-2000. imala optimalne temperature i količinu padavina.

U 2030. i 2050. godini očekuje se da uslovi uzgajanja pšenice budu još povoljniji nego tokom perioda 1971-2000. jer se očekuje uvećanje temperature vazduha tokom zimskog dela vegetacije, a smanjuje se i broj mraznih i ledenih dana. U proleće u periodima MAM i AMJ zapaža se da su temperature optimalne (biološki minimum pšenice je 15 °C), a padavine ostaju skoro nepromenjene (MAM) ili neznatno niže (AMJ) za oko 10 mm. U periodu cvetanja, oprašivanja i oplodnje maksimalna temperatura koju pšenica izdržava je do 25°C. Tokom maja meseca 1971-2000. Agriklim modelom, broj letnjih dana je bio 10 za sve lokalitete, i broj tropskih dana oko 1 dan za sve lokalitete. U 2030. godini, broj letnjih dana se očekuje da bude veći za 1 dan i do 4 dana u 2050. godini, broj tropskih dana veći do 2 dana u 2030. i do 4 dana u 2050. godini, što ukazuje na mogućnost povećanja fiziološkog stresa kod useva. Najveća uvećanja broja letnjih i tropskih dana očekuju se u južnom delu Srbije. U toku nalivanja i sazrevanja zrna takođe visoke temperature iznad 25 °C su jako štetne. U toku JJA perioda očekuju se povećanje temperature vazduha i znatno smanjenje padavina. Posmatrajući i broj letnjih dana, u junu mesecu broj dana raste do 3 u 2030. godini i do 7 u 2050. godini, a broj tropskih dana do 4 u 2030. i do 7 dana u 2050. godini, u odnosu na referentni period 1971-2000. Ova analiza ukazuje na pojavu fiziološkog stresa, kraći period vegetacije od setve do zrenja, osetno skraćanje perioda nalivanja zrna i potencijalno niži prinos. U velikoj meri tada prinos zavisi i od kapaciteta zemljišta za vodu i dostupnost vode biljci tako da će reakcija biljke na pogoršanje agrometeoroloških uslova u velikoj meri zavisiti i od vrste zemljišta što je u skladu sa rezultatima koje su dobili (Lalić *et al.*, 2012).

Kukuruz

U radu je praćen kukuruz i uticaj sadašnjih i budućih agroklimatskih indeksa na njegovu proizvodnju u referentnom periodu 1971-2000., 2030. i 2050. godine.

Agrometeorološki indeksi koji mogu da se smatraju limitima proizvodnje kukuruza su: rezerve vlage u zemljištu, mraz, količina padavina, suša u toku letnjeg perioda vegetacije JJA i broj dana sa ekstremno visokim temperaturama.

U našim agroekološkim uslovima, setva kukuruza je uobičajeno bila obavljena oko 20. aprila. Optimalna temperatura na kojoj seme kukuruza klija u roku od 10 dana je 10 °C, a minimalna je 8 °C.

U toku referentnog perioda 1971-2000., na osnovu izmerenih temperatura vazduha, može se reći da je pojava mraza, u proseku zabeležena nakon 20. aprila, na lokalitetima centralne Srbije (PO, CU) i istočnog dela Srbije (DM, ZA). Takođe, analiza mraznih dana u aprilu mesecu, pokazala je da ovaj broj varira od 1 (KR, NI) do 4 u centralnom i istočnom delu Srbije (PO, CU, DM i ZA). Ledenih dana nije bilo. Kada se radi o kratkotrajnoj pojavi niskih temperatura, biljka kukuruza može da izdrži čak i temperature od -3 °C, ali bolju otpornost stiče prihranom sa K i P. Srednja temperatura vazduha za period MAM bila je optimalna za fazu klijanja i nicanja na svim lokalitetima. U aprilu mesecu broj letnjih dana bio je od 1 u južnim lokalitetima (VR, PR) do 3 (NI i CU), a tropskih dana nije bilo. Na početku vegetacije kukuruz je imao dovoljnu količinu vlage u zemljištu i dobro obezbeđene početne uslove. Fenološka faza nicanje-metličenje traje od početka maja do sredine jula meseca. Srednja temperatura vazduha je bila adekvatna u periodu AMJ i JJA, jer u ovoj fazi biljka zahteva više temperature, iznad 13 °C. U periodu AMJ biljka kukuruza može da izdrži i kratkotrajni mraz od -2 do -3 °C i više temperature od 20 do 28 °C. U maju nije bilo mraznih dana, a broj dana sa maksimalnom temperaturom iznad 30 °C nije ugrožavao proizvodnju. Fenološka faza cvetanje-svilanje uobičajeno se odvija od polovine jula do prvih pet dana avgusta meseca. Broj dana u ovoj fazi sa maksimalnom temperaturom iznad 30 °C bio je do 10 na većini lokaliteta, izuzev južnih lokaliteta (NI, PR) i ZA, gde je zabeleženo i do 13 dana. U ovom periodu (jul-avgust), visoke temperature vazduha negativno utiču na sušenje svile i abortivnost polena. Za kukuruz, period JJA je kritičan period, zbog povišenih temperatura vazduha, manjih količina padavina i uobičajene primene agrotehnologije, koja na većini površina ne uključuje navodnjavanje.

U 2030. i 2050. godini, prema analizi rezultata, očekuje se ranija pojava prolećnog mraza, čime bi se setva kukuruza mogla obaviti ranije, a to bi bila i mera adaptacije agrotehnologije na sušni period, koji sledi u letnjem delu vegetacije. Rezerve vlage u zemljištu bi trebalo da budu povoljnije nego u referentnom periodu 1971-2000. jer se očekuje i veća količina padavina tokom zimskog perioda, što bi povoljno uticalo na početak razvoja vegetacije, ravnomerno i ujednačeno klijanje i nicanje i početnu ishranu biljaka. Adekvatni vodni uslovi za kukuruz očekuju se i tokom AMJ i MAM perioda, uz neznatno povećanje srednje temperature vazduha. Najveće povećanje temperature vazduha očekuje se u letnjem periodu JJA od 2,9 °C (NS) do 3,5 °C (VR) u 2050. godini, kada se očekuje i povećanje broja letnjih dana do 29, u 2050. godini i tropskih dana do 22. Tokom letnjeg perioda očekuje se i smanjenje količine padavina od 17,3% (ZA), na većini lokaliteta od 22 - 25% i do 30,4% (PR) u 2030. godini i iznad 40% na većini lokaliteta i 50% u PR u 2050. godini, što ukazuje na potrebu uvođenja kontrolisanog navodnjavanja. Preliminarnim rezultatima modela biljne proizvodnje, utvrđeno je da bi se navodnjavanjem mogli da postignu visoki prinosi, dodavanjem oko 200 mm vode, ali na nekim lakim zemljištima i oko 250 mm po vegetacionoj sezoni. U zadnjoj fazi razvoja očekuje se da biljka bude bezbedna i zaštićena zbog kasnije pojave jesenjeg mraza.

Soja

U radu je analiziran uticaj sadašnjih i budućih klimatskih i agroekoloških uslova na proizvodnju soje II grupe zrenja. Agrometeorološki pokazatelji koji mogu da se smatraju

limitima proizvodnje soje su: rezerve vlage u zemljištu, mraz, količina padavina, suša u toku letnjeg perioda vegetacije JJA i broj dana sa ekstremno visokim temperaturama.

Soja je biljka vlažnog i toplog podneblja. Uobičajen datum setve u našim uslovima bio je 20. april, a biološki minimum na kojem seme soje klija i niče je 8 °C.

U toku referentnog perioda 1971-2000., na osnovu izmerenih temperatura vazduha, može se reći da je zabeležena pojava mraza, nakon 20. aprila, na lokalitetima centralne Srbije (PO i CU) i istočnog dela Srbije (DM i ZA). Takođe, analiza broja mraznih dana u aprilu mesecu, varirala je od 1 (KR, NI) do 4 u centralnom i istočnom delu Srbije (PO, CU, DM i ZA), dok ledenih dana nije bilo. U fazi nicanja i klijanja soja poseduje dobru otpornost na niske temperature. Mlade biljke su sposobne da podnesu kratkotrajno sniženje temperature od - 2 do - 4 °C. Srednja temperatura vazduha za period MAM bila je optimalna za fazu klijanja i nicanja na svim lokalitetima. U aprilu mesecu broj letnjih dana bio je od 1 (VR) do 3 (NI, CU), a tropskih dana nije bilo. U fazi od setve i tokom nicanja optimalna temperatura je od 20 do 22 °C. Na početku vegetacije soja je imala dovoljnu količinu vlage u zemljištu i dobro obezbeđene početne uslove. Potrebe soje za toplotom nisu iste tokom celog vegetacionog perioda i one rastu idući od faze klijanja i nicanja pa sve do faze cvetanja i obrazovanja mahune i semena. Tokom formiranja reproduktivnih organa optimalne temperature su od 21 do 23 °C, a minimalne od 16 do 17 °C. U JJA periodu temperaturni uslovi su bili optimalni, srednja temperatura vazduha se kretala od 19,3 °C (DM) do 23,5 °C (PR). U većin regiona Srbije temperatura je bila oko 20 °C izuzev u južnom delu do 23,5 °C. Ako u fazi cvetanja temperatura padne ispod 14 °C prestaje rast biljke, a ako se dogodi da u toj fazi temperatura padne do -1 °C, onda dolazi do izmrzavanja cvetova. Kod pojave visokih temperatura preko 32 °C sa nedovoljnom vlagom biljke slabije cvetaju i slabije obrazuju mahune, dolazi do opadanja cvetova i mahuna. U sušnim uslovima, u mahunama se obrazuje manje zrna kao i manja masa 1000 zrna, što sve uslovljava smanjenje prinosa zrna na kraju vegetacije. U toku JJA perioda očekuje se povećanje broja tropskih dana koji je u junu varirao oko 15 u severnom i centralnom delu Srbije do 21 u južnom delu, i julu i avgustu od 20 u severnom i centralnom delu Srbije do 26 dana u južnom delu. Uz smanjenu količinu padavina u uslovima bez navodnjavanja prinos soje bi značajno opao.

U 2030. i 2050. godini, očekuje se ranija pojava prolećnog mraza, te bi se setva soje mogla obaviti ranije, čime bi se izbegao sušni period na početku faze cvetanja u letnjem delu vegetacije. Očekuje se veća količina padavina tokom zimskog perioda i rezerve vlage u zemljištu bi trebalo da budu povoljnije nego u referentnom periodu 1971-2000. U periodu AMJ i MAM se očekuju optimalni vodni uslovi soje, uz neznatno povećanje srednje temperature vazduha. Najveće povećanje temperature vazduha očekuje se u letnjem periodu JJA od 2,9 °C (NS) do 3,5 °C (VR) u 2050. godini, kada se očekuje i povećanje broja letnjih dana, do 29 u 2050. godini i tropskih dana, do 22 u 2050 godini. Tokom letnjeg perioda očekuje se i smanjenje količine padavina od 17,3% (ZA) do 30,4% (PR) u 2030. godini i 32,2% (ZA) do 47,6% (PO) u 2050. godini, što ukazuje na stresne i sušne uslove u kritičnoj fazi soje od cvetanja do zrenja i potrebu uvođenja kontrolisanog navodnjavanja. Preliminarnim rezultatima modela proizvodnje soje u uslovima 50% dostupne vode biljci, utvrđeno je da bi se navodnjavanjem mogli da postignu visoki prinosi.

Proizvodnja pšenice, kukuruza i soje u uslovima referentnog perioda 1971-2000.

Simulacijom modela biljne proizvodnje dobijeni su rezultati prinosa zrna pšenice za referentni period 1971-2000. Model je prikazao stabilan i visok prinos u svim posmatranim lokalitetima iznad 6 i 7 t/ha, izuzev u NI i SO gde je prinos zrna bio ispod 4 t/ha. U referentnom periodu 1971-2000. u ova dva lokaliteta tokom prolećnog perioda vegetacije (AMJ) zabeležena je najmanja količina padavina čija je srednja vrednost iznosila 175,8 i

176,9 mm. Uz manju količinu padavina, ovi lokaliteti imaju i zemljište sa umerenom dostupnosti vode biljci, što još više ograničava proizvodnju (Mihailović *et al.*, 2014). Lokalitet NI imao je zemljište tipa eutrično smeđe, koje u zavisnosti od mehaničkog sastava daje umerena ograničenja u proizvodnji, a prema izmerenim podacima Agencije za Zaštitu životne sredine, bilo je siromašno organskim ugljenikom i humusom (azotom).

Analizom rezultata prinosa zrna kukuruza u uslovima bez navodnjavanja dobijeni su najstabilniji prinosi za centralni i istočni deo Srbije, a najniži za južni region (NI i VR) i jedan severni lokalitet (SO). Nakon analize rezultata prinosa zrna kukuruza, urađena je analiza količine padavina za prolećni period i najniža količina padavina je zabeležena za lokalitet SO i NI u periodu MAM i u lokalitetima SO, NI i VR za period AMJ. U posmatranim prolećnim periodima vegetacije, kukuruz je najosetljiviji na nedostatak vode. Lokaliteti SO i NI imaju zemljišta na kojima je dostupnost vode biljci okarakterisana kao umerena. Kao rezultat nižeg prinosa može da se posmatra i izmerena manja koncentracija humusa u zemljištima NI i VR u odnosu na ostale lokalitete. Proizvodnja na ova dva južna lokaliteta je bila posmatrana na zemljištima tipa eutrično smeđe (NI) i smonica (VR), koja daju umerena ograničenja u proizvodnji useva.

Simulacija prinosa zrna kukuruza u uslovima 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni dala je na većini lokaliteta stabilne i visoke prinose, što je pokazatelj dobro izbalansiranog metoda navodnjavanja i norme. U uslovima 1971–2000. ova norma navodnjavanja i ovakav metod je bio odgovarajući. Najniži prinosi zrna su i dalje bili dobijeni na jugu Srbije na lokalitetima VR i NI. Analizom meteoroloških podataka, u NI su zabeležene najviše temperature za kritični letnji period JJA.

Prinosi zrna soje, uzgajane u uslovima 50% dostupne vode, bili su visoki i stabilni za sve lokalitete, izuzev nešto niži za lokalitete KR i SO, ispod 3 t/ha.

Uticaj klimatskih promena i koncentracije CO₂ na prinos i fenologiju pšenice, kukuruza i soje u 2030. i 2050. godini

Pšenica u 2030. i 2050. godini

Simulacije prinosa i dinamike vegetacije u 2030. i 2050. godini u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ (330 ppm) su pokazale da:

- (a) prinos ostaje nepromenjen ili neznatno opada. Stabilnost prinosa je izražena i posledica je: očekivanog povećanja količine padavina u 2030. i 2050. godini tokom zimskog – početnog dela vegetacije DJF, i neznatnog smanjenja količine padavina u kritičnom prolećnom periodu MAM, značajnog smanjenja broja mraznih i ledenih dana, te manjeg oštećenja useva. Jedino u lokalitetima KU, SO i VR prinos opada od 7 do 12% u 2030. godini (ECHAM A1B), i 9 do 11% u 2050. godini (ECHAM A2). U literaturi se navodi da prinos ozime pšenice većinom opada (CECILIA, 2006; Semenov *et al.*, 2014; Asseng *et al.*, 2014, Tian *et al.*, 2008; Valizadeh *et al.*, 2013; Zunfu *et al.*, 2013). U KU i VR su dobijene male količine padavina za period DJF za 2030. i 2050. godinu, koje su od velikog značaja za prolećni deo vegetacije (MAM), kao rezerve vlage u zemljištu. Za prolećni period MAM za iste lokalitete, u 2030. i 2050. godini dobijena je manja količina padavina u odnosu na ostale lokalitete i uz zemljišta na kojima je dostupnost vode biljci okarakterisana kao umerena (SO i VR) i niska (KU), pšenica je dala niže prinose.
- (b) uvećanjem suma temperatura, očekuje se i kraće trajanje vegetativne sezone, kraći period od setve do cvetanja za oko 9 dana u 2030. godini i oko 15 dana u 2050. godini na većini lokaliteta. Period od setve do zrenja očekuje se da bude kraći oko 10 dana u 2030. godini i oko 17 dana u 2050. godini na većini lokaliteta. Najveće skraćnje

perioda od setve do cvetanja i od setve do zrenja je bilo zapaženo za lokalitete SO i PR do 29 dana u 2050. godini. Ovakvo skraćenje posledica je povećanja temperature u periodu JJA i naglog uvećanja broja letnjih i tropskih dana. Skraćenje vegetacione sezone zapaza se i analizom literature (CECILIA, 2006; Semenov *et al.*, 2014; Asseng *et al.*, 2014, Tian *et al.*, 2008; Valizadeh *et al.*, 2013; Zunfu *et al.*, 2013). Očekuje se da će faza zrenja kod pšenice imati bolje meteorološke uslove i izbećiće se najsušniji završni period vegetacije (jul mesec), što će se pozitivno odraziti na prinos.

Simulacije prinosa i dinamike vegetacije u 2030. i 2050. godini u uslovima povišene koncentracije CO₂ (IPCC, 2007), očekuje se da:

- (a) prinos ostane nepromenjen ili raste, izuzev na lokalitetima KU i SO, gde neznatno opada do 7% u 2030. godini (ECHAM A1B) i 2050. godini (ECHAM A2). U SO se očekuje nepromenjena količina padavina za MAM period i mnogo manja količina padavina u periodu JJA, a u KU nešto manja količina padavina u MAM periodu i do 40% manja količina u JJA periodu u 2050. godini. Uz meteorološke uslove, ograničenje u proizvodnji za ova dva lokaliteta jeste i tip zemljišta, koji iako bogat organskim ugljenikom i azotom ima nepovoljnije vodne karakteristike i umerenu dostupnost vode biljci koja ograničava optimalnu ishranu i snabdevenost biljaka vodom. U literaturi se navodi da bi prinos pšenice u uslovima povišene koncentracije CO₂ mogao da poraste u Austriji, Bugarskoj, Češkoj (CECILIA, 2006), ali i da je zabeležen manji pad u Slovačkoj (CECILIA, 2006).

Kukuruz u 2030. i 2050. godini

Simulacije prinosa u 2030. i 2050. godini u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ (330 ppm) su pokazale:

- (a) da se očekuje da prinos kukuruza u uslovima bez navodnjavanja na svim lokalitetima veoma značajno opada, zbog viših temperatura vazduha, većeg broja dana sa ekstremno visokim temperaturama i značajno manje količine padavina. U literaturi prinos kukuruza u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije imao je pad oko 10% u Bugarskoj, u Rumuniji do 24%, a u Češkoj i Slovačkoj je značajno opao (CECILIA, 2006).
- (b) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm prinos je isto značajno opadao za sve lokalitete.
- (c) analizom dužine trajanja vegetativne sezone za sva tri režima uzgajanja kukuruza (u uslovima bez navodnjavanja, 180 mm dodate vode po vegetativnoj sezoni i 50% dostupne vode biljci), moglo se zapaziti da se u budućim uslovima očekuje skraćenje perioda vegetacije. Period od setve do cvetanja se očekuje da bude kraći za oko 3 do 13 dana u uslovima bez navodnjavanja, od 3 do 10 dana u uslovima 180 mm dodate vode i od 3 do 6 dana u uslovima 50% dostupne vode biljci u 2030. godini. U 2050. godini očekuje se da se period od setve do cvetanja skрати do 21 dan u uslovima bez navodnjavanja, do 17 dana u uslovima 180 mm dodate vode i do 12 dana u uslovima 50% dostupne vode biljci. Period od setve do zrenja očekuje se da bude kraći do 36 dana u uslovima bez navodnjavanja i do 28 dana u uslovima 180 mm dodate vode i 50% dostupne vode biljci u 2030. godini. U 2050. godini skraćenje perioda od setve do zrenja se očekuje da bude kraći za do 60 dana u uslovima bez navodnjavanja, 48 u uslovima 180 mm dodate vode i 54 dana u uslovima 50% dostupne vode biljci.

Simulacija prinosa u 2030. i 2050. godini u uslovima povišene koncentracije CO₂, pokazale su:

- (a) da se na svim lokalitetima očekuje još značajniji pad prinosa, zbog više koncentracije CO₂, a nedostatka vode ili neizbalansiranog navodnjavanja. U literaturi se navodi da bi u uslovima pri povišenoj koncentraciji CO₂ u Slovačkoj simulirani prinos imao nešto manji pad u odnosu na prinos dobijen u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije, u Bugarskoj je prinos značajno opao, do 37%, a u Češkoj je simulirani prinos bio viši za 25% nego u uslovima nepromenjene CO₂ koncentracije (CECILIA, 2006).

Soja u 2030. i 2050. godini

Simulacije prinosa soje u 2030. i 2050. godini u uslovima nepromenjene koncentracije CO₂ (330 ppm) su pokazale:

- (a) da se očekuje nepromenjen prinos zrna u lokalitetu CU i južnom delu Srbije (NI, VR i PR), a u lokalitetima centralne (KR, KU) severne (NS, SO) istočne Srbije (ZA) projektovani prinos je bio viši od 5 do 9% u 2030. godini i od 5% do 10% u 2050. godini. U istočnom lokalitetu DM i centralnom PO se očekuje značajno viši prinos do 14% u 2030. godini i do 23% u 2050. godini.

Analizom meteoroloških uslova na lokalitetima DM i PO, dobijene su najniže srednje temperature vazduha za periode AMJ i kritični letnji period JJA u odnosu na ostale lokalitete. Takođe broj dana sa ekstremno visokim temperaturama za jun, jul i avgust mesec je bio najmanji u odnosu na ostale lokalitete, što je za soju od velikog značaja.

- (b) u budućim uslovima očekuje se kraće trajanje vegetativne sezone. Period od setve do cvetanja se očekuje da bude kraći od 2 do 9 dana u 2030. godini i od 1 do 13 dana u 2050. godini. Period od setve do zrenja očekuje se da bude kraći od 2 do 11 dana u 2030. godini i od 1 do 13 dana u 2050. godini.

Simulacije prinosa soje u 2030. i 2050. godini u uslovima povišene koncentracije CO₂:

- a) očekuje se veoma značajno viši prinos u svim lokalitetima, iznad 30% u 2030. godini (ECHAM A1B) i iznad 40% u 2050. godini (ECHAM A2), a posebno uvećanje prinosa je naglašeno u DM i PO, do 42% u 2030. godini i 62% u 2050. godini, gde su dobijene najniže srednje temperature vazduha za AMJ i JJA period, najmanji broj letnjih i tropskih dana. U literaturi je takođe zapaženo povećanje prinosa soje u uslovima povišene koncentracije (Southworth *et al.*, 2002, CECILIA, 2006).

Adaptacije

DSSAT model biljne proizvodnje je izabran u istraživanju i kvantifikovanju mera adaptacije, jer se promene u fiziološkim procesima i stresu mogu pratiti na dnevnom nivou (Wang *et al.*, 2011). Kao mere adaptacije analizirane su adaptacija roka setve i navodnjavanje.

Adaptacija roka setve

Rezultati simuliranih prinosa zrna pšenice za 2030. i 2050. godinu ukazivali su da bi prinos zrna pšenice trebalo da bude nepromenjen ili da neznatno opada, a kasnije nastupanje jesenjeg mraza bi ugrozilo raniju setvu, te adaptacija roka setve nije rađena za ovu kulturu.

Adaptacija roka setve urađena je za kukuruz u uslovima bez navodnjavanja, da bi se ocenio isključivo uticaj primene ranijeg roka setve na prinos, a ne i navodnjavanje. Na osnovu analize rezultata relativne promene prinosa za sve lokalitete, pokazalo se da se u uslovima ranijeg roka setve očekuju viši prinosi nego u uslovima uobičajenog datuma setve. Međutim, u svim lokalitetima i dalje se očekuje veoma značajan pad prinosa izuzev u DM, VR i PR. U lokalitetu PR se očekuje nepromenjen prinos zrna kukuruza u 2030. godini i 17% niži u 2050. godini. U lokalitetima DM i VR očekuje se značajan porast prinosa zrna kukuruza u 2030. godini, a nepromenjen u DM i do 33% viši prinos u VR u 2050. godini u odnosu na prinose referentnog perioda 1971-2000. Za ova tri lokaliteta je karakteristično da imaju najveće smanjenje količine padavina za period AMJ i MAM, a potom i veliko smanjenje za period JJA. U literaturi je poznato da prinos kukuruza u budućim uslovima pomeranjem datuma setve na raniji rok prinos bi trebalo da se uveća za oko 6% (Tao, 2010).

Rezultati simuliranih prinosa zrna soje za 2030. i 2050. godinu ukazivali su da bi prinos trebalo da bude nepromenjen ili značajno viši u očekivanim uslovima u odnosu na referentni period 1971-2000.

Navodnjavanje kao mera adaptacije

Na osnovu analize rezultata simuliranog prinosa zrna pšenice za buduće uslove, očekuje se da prinos ostane nepromenjen ili da neznatno opada i konstatovano je da pšenicu ne bi trebalo navodnjavati, jer bi ekonomski bilo neisplativo.

Da bi se procenila adekvatna norma navodnjavanja u proizvodnji kukuruza i soje u simulacijama u DSSAT modelu biljne proizvodnje izabrana je opcija 50% dostupne vode biljci. Analizirani su rezultati relativne promene prinosa zrna i relativne promene norme navodnjavanja.

Simulacije prinosa kukuruza u uslovima 50% dostupne vode biljci dale su pozitivne rezultate prinosa. Prinosi su bili nepromenjeni u lokalitetima centralne (CU, KU, KR), severne (NS, SO) južne (NI, VR) i istočne Srbije (ZA) u 2030. godini i 2050. godini, izuzev ZA gde je prinos bio niži do 8% i KR gde je prinos bio niži do 17% u 2050. godini. U lokalitetima DM, PO i PR prinos je bio viši oko 9% u 2030. godini i nepromenjen u 2050. godini. Na lokalitetima centralne Srbije (CU, KR, KU), DM, SO i PR uvećanje norme navodnjavanja je bilo od 20 do 25% u 2030. godini (ECHAM A1B) i od 33 do 38% u 2050. godini (ECHAM A2). Za južne lokalitete (NI i VR), severni NS i istočni ZA uvećanje norme navodnjavanja je bilo manje, od 11 do 13% u 2030. godini i od 18 do 26% u 2050. godini. Najveći porast norme navodnjavanja i u proizvodnji kukuruza i soje, očekuje se u lokalitetu PO do 45% u 2030. godini i 84% u 2050. godini. Lokalitet PO imao je zemljište tipa ilovasti fluvisol i izmeren visok procenat peska, iznad 50% u svom mehaničkom sastavu, što je uslovalo i veću propusnost vode, njeno kraće zadržavanje u profilu zemljišta i potrebu za većom količinom vode u navodnjavanju.

Simulacije prinosa soje odmah su urađene u uslovima navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci, jer je opcija u uslovima bez navodnjavanja davala jako niske prinose, a opcija 50% dostupne vode je davala takve norme navodnjavanja koje su bile slične u našim uslovima na Institutu za ratarstvo i povrtarstvo. Izračunate vrednosti relativne promene prinosa soje u uslovima povišene koncentracije CO₂, pokazale su da se očekuje veoma značajno viši prinos u svim lokalitetima iznad 30% u 2030. godini (ECHAM A1B) i iznad 40% u 2050. godini (ECHAM A2), a posebno uvećanje prinosa je naglašeno u DM i PO, do 42% u 2030. godini i 62% u 2050. godini. U svim lokalitetima norma navodnjavanja u budućim uslovima veoma

značajno raste od 10 do 40% u 2030. godini i od 13 do 110% u 2050. godini. U lokalitetima centralne Srbije (CU, KR i KU) i južnim (NI i VR) norma navodnjavanja se uvećala od 10 do 18% u 2030. godini. U 2050. godini na većini posmatranih lokaliteta norma navodnjavanja se uvećala oko 50%, izuzev u KU i NI do 40% i VR gde je dobijeno minimalno uvećanje norme navodnjavanja od 13%. Najmanje uvećanje norme navodnjavanja je dobijeno za lokalitet VR jer je proizvodnja praćena na zemljištu tipa smonica koje po mehaničkom sastavu ima najveći procenat gline od svih lokaliteta, a glina ima svojstvo najdužeg zadržavanja vode. Najveći porast norme navodnjavanja je bio u PO, zbog ilovastog tipa zemljišta, veliki procenat peska i velike propusnosti vode zbog mehaničkog sastava.

8. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata za buduće stanje klime u 2030. i 2050. godini za posmatranih jedanaest lokaliteta na području Republike Srbije očekuje se da:

- a) srednja temperatura vazduha raste na godišnjem nivou i za sve podperiode vegetacije, uzrokujući toplije i blaže zime i topliji letnji deo vegetacije.
- b) broj mraznih i ledenih dana se smanji u zimskom delu vegetacije, smanjujući mogućnosti izmrzavanja i oštećenja kod biljaka.
- c) broj letnjih i tropskih dana očekuje se da raste u budućim uslovima uzrokujući topliji i sušniji JJA period i veći fiziološki stres kod biljaka.
- d) dobijeno je uvećanje količine padavina u zimskom periodu vegetacije, nepromenjene količine u AMJ periodu, smanjenje oko 10 mm u MAM i značajan pad u JJA periodu.
- e) projektovane više temperature vazduha i niže količine padavina prouzrokovaoće sušne periode u budućim uslovima.
- f) vrednosti odnosa stvarne i referentne evapotranspiracije u proizvodnji pšenice ostanu nepromenjene, jer se u budućim uslovima očekuje uvećanje količine padavina za zimski period vegetacije i povoljniji uslovi za ozime useva u 2030. i 2050. godini u odnosu na referentni period 1971-2000. Vrednosti odnosa stvarne i referentne evapotranspiracije u proizvodnji kukuruza se smanjuju jer se u budućim uslovima očekuje smanjenje količine padavina i povećanje temperature vazduha, a posebno u letnjem JJA periodu i intenzitet suše se očekuje da bude veći. U proizvodnji soje, u 2030. i 2050. godini, očekuje se da odnos stvarne i referentne evapotranspiracije ostane nepromenjen za sve lokalitete, jer su simulacije proizvodnje soje bile urađene u uslovima 50% dostupne vode biljci, te promene u količini padavina i temperaturi nisu imale većeg uticaja.
- g) projektovana je pojava mraza ranije u proleće, koja bi mogla da omogućiti adaptaciju na rok setve i raniju setvu jarih useva.
- h) jesenji mraz se očekuje da bude kasnije, što bi omogućilo duži bezmrazni period, mogućnost uzgajanja međuuseva i bezbedniji završetak vegetacije jarih useva.
- i) suma efektivnih temperatura se očekuje da raste, što bi imalo za posledicu kraći period vegetacije i niži prinos kod jarih useva.

Agroklimatski uslovi i njihov uticaj na proizvodnju pšenice, kukuruza i soje:

- a) analizom budućeg stanja klime i agroklimatskih indeksa zaključuje se da najveći uticaj na obim proizvodnje ima količina padavina za koju se očekuje da raste u zimskom delu vegetacije i od izuzetnog je značaja za rast i razvoj ozime pšenice, rezerve vlage u zemljištu za jare useve i povoljan početak vegetacije jarih useva.
- b) projektovan značajan pad količine padavina u letnjem periodu vegetacije, prouzrokovaoće najveći fiziološki stres kod jarih useva (kukuruza i soje) i manje kod ozime pšenice u završnim fazama vegetacije.
- c) očekivani veći broj tropskih i letnjih dana prouzrokovaoće veliki fiziološki stres kod jarih useva (kukuruza i soje).

Relativna promena prinosa pšenice, kukuruza i soje

Pšenica

1971-2000. period. Simulacijama prinosa zrna DSSAT modelom biljne proizvodnje dobili su se stabilni i visoki prinosi iznad 6 i 7 t/ha za sve lokalitete izuzev za SO i NI. Za ovaj severni i južni lokalitet su tokom AMJ perioda zabeležene najmanje količine padavina 176,9 i 175,8 mm.

2030. i 2050. godina pri nepromenjenoj koncentraciji CO₂ (330 ppm). Prinos u 2030. i 2050. godini ostaje nepromenjen ili neznatno opada u većini lokaliteta, izuzev KU, SO i VR do 12% u 2030. godini i do 11% u 2050. godini, gde prinos opada. Uzrok visokih i stabilnih prinosa su očekivane veće količine padavina i povećane temperature vazduha u zimskom periodu, manji broj mraznih i ledenih dana. Jedan od ključnih faktora stabilnosti prinosa je i dovoljna količina rezerve vlage u zemljištu i dostupnost vode biljci u prolećnom periodu i dovoljna količina padavina za AMJ i MAM period, koji su određeni kao kritični periodi potrebe vode za pšenicu, koja se u našim uslovima gaji u nenavodnjavanom režimu.

2030. i 2050. godina pri povišenoj koncentraciji CO₂ (IPCC, 2007). Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna pšenice je pozitivan. Prinosi kod većine lokaliteta ostaju nepromenjeni ili rastu, dok je mali pad prinosa zrna dobijen za KU i SO, gde neznatno opada do 12% u 2030. godini i 11% u 2050. godini. Posledica opadanja prinosa na lokalitetima KU i VR jeste manja količina padavina u periodima MAM i AMJ, a dostupnost vode biljci na ovim lokalitetima je okarakterisana kao umerena (SO i VR) i niska (KU).

Kukuruz

1971-2000. period. *Kukuruz u uslovima bez navodnjavanja.* Najstabilniji prinosi dobijeni su za centralni i istočni deo Srbije, a najniži za južne lokalitete NI i VR i severni SO. U prolećnom periodu najniže padavine su zabeležene za MAM (SO, NI) i AMJ (SO, NI VR) periode.

Kukuruz u uslovima 180 mm. Kod većine lokaliteta su stabilni i visoki prinosi, što je pokazatelj dobro izbalansiranog navodnjavanja i norme. U uslovima 1971– 2000. ova norma navodnjavanja i ovakav režim je odgovarajući. Najniži prinosi su i dalje na jugu Srbije VR i NI. U NI su zabeležene i najviše temperature za JJA period.

2030. i 2050. godina pri nepromenjenoj koncentraciji CO₂ (330 ppm). Za buduće uslove simulacijama DSSAT modelom biljne proizvodnje dobijen je veoma značajan pad prinosa i u uslovima bez navodnjavanja i u uslovima navodnjavanja normom od 180 mm za sve lokalitete, tri klimatska modela i dva scenarija.

2030. i 2050. godina pri povišenoj koncentraciji CO₂ (IPCC, 2007). Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna kukuruza simulacijama ocenjen je kao negativan, jer je simulacijama DSSAT biljnim modelom dobijen prinos zrna kukuruza još niži nego u uslovima koncentracije CO₂ od 330 ppm.

Veoma značajan pad prinosa posledica je viših temperatura vazduha u JJA periodu, povećanja fiziološkog stresa kod biljaka usled povećanja broja letnjih i tropskih dana, značajno smanjenje padavina i povećanje broja sušnih dana tokom JJA perioda.

Soja

1971-2000. period. Prinosi zrna soje su bili visoki i stabilni za sve lokalitete izuzev nešto niži za KR i SO, ispod 3 t/ha.

2030. i 2050. godina pri nepromenjenoj koncentraciji CO₂ (330 ppm). U budućim uslovima očekuje se nepromenjen prinos zrna soje na lokalitetu CU, južnom delu Srbije (NI, VR i PR), a u centralnom delu Srbije (KR, KU) severnom delu (NS, SO) i istočnom ZA projektovani prinos je bio viši do 9% u 2030. i 2050. godini. U istočnom lokalitetu DM i centralnom PO se očekuje značajno viši prinos do 14% u 2030. godini i do 23% u 2050. godini. Ovakva stabilnost prinosa za sve lokalitete posledica je optimalnog navodnjavanja metodom 50% dostupne vode biljci.

2030. i 2050. godina pri povišenoj koncentraciji CO₂ (IPCC, 2007). Očekuje se veoma značajno viši prinos na svim lokalitetima iznad 30% u 2030. godini i iznad 40% u 2050. godini, a posebno uvećanje prinosa je naglašeno u lokalitetima DM i PO do 42% u 2030. godini i 62% u 2050. godini, gde su dobijene najniže srednje temperature vazduha za AMJ i JJA period, najmanji broj letnjih i tropskih dana.

Fenologija pšenice, kukuruza i soje u 2030. i 2050. godini.

Kraće trajanje vegetativne sezone, manji broj dana potrebnih od setve do cvetanja i broj dana od setve do zrenja posledica je očekivanog povećanja temperature vazduha u svim delovima vegetacije i uvećanje suma temperatura, kao i naglog uvećanja broja letnjih i tropskih dana.

Adaptacija

S obzirom na rezultate očekivanih promena klime, značajno povećanje temperatura i smanjenje količine padavina tokom letnjeg perioda vegetacije, razmatra se o mogućim merama adaptacija u cilju očuvanja proizvodnje.

Predložene mere koje bi dovele do zaštite od prekomerne evapotranspiracije su podizanje poljozaštitnih pojaseva kako bi se smanjila brzina vetra, zatim malčovanjem zemljišta i senčenjem. Kako bi se bolje iskoristile rezerve vlage u zemljištu trebalo bi načiniti izmene u rotaciji useva i umesto široke proizvodnje prolećnih useva, povećati brojnost zimskih kultura. U cilju što manjeg gubitka vlage iz zemljišta smanjila bi se kultivacija. Najsigurnija mera adaptacije bi bila izbor sorti i hibrida koji su tolerantniji na sušu i efikasniji u iskorišćavanju vlage iz zemljišta. Povećanjem temperatura i smanjenjem broja mraznih dana, načinili bi se i pomaci u roku setve. Veliki značaj u budućim uslovima očekuje se i uvođenjem irigacionih sistema i kontrolisanog navodnjavanja, uz unapređenje i razvoj operativnih sistema praćenja vremenskih uslova, ekstrema, bolesti i štetočina. Značajan doprinos se ostvaruje i dobrom povezanošću između istraživačkog rada i prakse, tj. između naučnika, savetnika i seljaka.

Od mera adaptacija koje su mogle da se kvantifikuju DSSAT 4.2. modelom biljne proizvodnje urađene su adaptacije na rok setve i navodnjavanje.

Adaptacija roka setve

Rezultati simuliranih prinosa zrna pšenice za 2030. i 2050. godinu ukazivali su da bi prinos zrna pšenice trebalo da bude nepromenjen ili da neznatno opada, a kasnije nastupanje jesenjeg mraza bi ugrozilo raniju setvu, te adaptacija roka setve nije rađena za ovu kulturu.

Simulacije prinosa zrna kukuruza u uslovima bez navodnjavanja pri povišenoj koncentraciji CO₂ (IPCC, 2007) pomeranjem roka setve za petnaest dana ranije, na 05. april, pokazale su viši prinos nego u uslovima uobičajenog datuma setve 20. aprila. Međutim, u svim lokalitetima i dalje se očekuje veoma značajan pad prinosa, izuzev u DM, VR i PR, gde se očekuje značajan porast u odnosu na prinose perioda 1971-2000. godina.

Rezultati simuliranih prinosa zrna soje za 2030. i 2050. godinu ukazivali su da bi prinos trebalo da bude nepromenjen ili značajno viši u očekivanim uslovima u odnosu na referentni period 1971-2000. pa se mera adaptacije na raniji rok setve nije primenila na agrotehnologiju soje.

Adaptacija navodnjavanja

Na osnovu analize rezultata simuliranog prinosa zrna pšenice za buduće uslove, očekuje se da prinos ostane nepromenjen ili da neznatno opada i zaključeno je da pšenicu ne bi trebalo navodnjavati, jer bi ekonomski bilo neisplativo.

Navodnjavanjem soje i kukuruza u uslovima 50% dostupne vode biljci, dobijeni su za kukuruz stabilni prinosi, a za soju veoma značajno viši u uslovima povišene koncentracije CO₂. Norme navodnjavanja su međjutim veoma značajno porasle u budućim uslovima u odnosu na referentni period 1971-2000.

Dobijeni rezultati i analize prinosa ukazuju da se u očekivanim uslovima ozima pšenica može gajiti uz uobičajenu agrotehniku i čak ima benefit od uticaja budućih uslova. Kukuruz je jara kultura koju, prema analizama rezultata simuliranih prinosa, za 2030. i 2050. godinu, nije moguće gajiti u uslovima bez navodnjavanja, zbog veoma značajnog opadanja prinosa. U budućim uslovima metod navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci je ocenjen kao uspešan. Simulacijom prinosa zrna soje u uslovima 50% dostupne vode biljci, dobijeni su veoma značajno viši prinosi. Mogućnosti simulacije biljne proizvodnje DSSAT modelom su u ovom radu poslužile kao alat u simulaciji prinosa strateških poljoprivrednih kultura i oceni efikasnosti mera adaptacija u budućim uslovima, kako bi se obim proizvodnje i prinos ovih kultura održao stabilnim i visokim. U budućem radu neophodno je sagledati uticaj klimatskih promena na ukupan vodni bilans: transpiraciju, evapotranspiraciju, rezerve vlage u zemljištu i ekonomski aspekt navodnjavanja. Takođe, mogli bi se koristiti rezultati modelskih simulacija po novim RCP scenarijima (IPCC, 2013) i većih rezolucija da bi se bolje uočila prostorna varijabilnost klime na teritoriji Srbije i ocenio uticaj u postojećim lokalitetima kao i potencijal za gajenje na novim lokalitetima.

Literatura

Agencija za zaštitu životne sredine (lična komunikacija)

Allen, Jr.L.H., Boote, K. J., Jones, J. W., Jones, P. H., Valle, R. R., Acock, B., Rogers, H. H. & Dahlman, R. C. (1987). Response of Vegetation to Rising Carbon Dioxide: Photosynthesis, Biomass, and Seed Yield of Soybean. *Global Biogeochemical Cycles* 1, 1–14.

Alexandrov, V., J. Eitzinger, V. Cajic & M. Oberforster (2002). Potential impact of climate change on selected agricultural crops in north - eastern Austria, *Global Change Biology*, 8, 372 - 389.

Armstrong, J.S. (2001). *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Boston, Kluwer Academic Publishers.

Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5 (41), 237-276.

Ascough, J.C., McMaster, G.S., Andales, A.A., Hansen, N.C.& Sherrod, L.A. (2007). Evaluating GPFARM crop growth, soil water, and soil nitrogen components for Colorado dryland locations. *Trans ASAE*, 50 (5), 1565–1578.

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D., Kimball, B.A., Ottman, M.J., Wall, G.W., White, j.W., Reynolds, M.P., Alderman, P.D., Prasad, P.V.V., Aggarwal, P.K., Anothai, J., Basso, B., Biernath, C., Challinor, A.J., De Sanctis, G., Doltra, J., Fereres, E., Garcia-Vila, M., Gayler, S., Hoogenboom, G., Hunt, L.A., Izaurralde, R.C., Jabloun, M., Jones, C.D., Kersebaum, K.C., Koehler, A.K., Müller, C., Naresh Kumar, S., Nendel, C., O’Leary, G., Olesen, J.E., Palosuo, T., Priesack, E., Eyshi Rezaei, E., Ruane, A.C., Semenov, M.A., Shcherbak, I., Stöckle, C., Stratonovitch, P., Streck, T., Supit, I., Tao, F., Thorburn, P.J., Waha, K., Wang, E., Wallach, D., Wolf, J., Zhao, Z. & Zhu, Y. (2014). Rising temperatures reduce global wheat production, *Nature Climate Change* 5,143–147, doi:10.1038/nclimate2470

Asseng, S., Bar-Tal, A., Bowden, J.W., Keating, B.A., Van Herwaarden, A., Palta, J.A., Huth N.I. & Probert, M.E. (2002). Simulation of grain protein content with APSIM-Nwheat. *Eur. J. Agron.*, 16:25–42.

Babović, D. (1960). *Podzolasta zemljišta Kosmeta i mere njihove popravke*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

Belić, M., Nešić, Lj., Ćirić, V., Vasin, J., Milošev, D. & Šeremešić, S. (2011). Characteristics and classification of gleyic soils of Banat, *Field and Vegetable Crops Research*, 48(2), 375-382.

Brassard J, Singh B (2008) Impacts of climate change and CO₂ increase on agricultural production and adaptation options for southern Québec, Canada. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 13, 241–26.

Briggle, L.W. & Curtis, B.C. (1987). Wheat worldwide. In: *Wheat and Wheat Improvement* (ed. Heyne, E.G.), Second edition. *Agronomy No. 13*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 4–31.

Carter, T.R., Jones, R.N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L.O., O’Neill, B.C., Rounsevell, M.D.A. & Zurek, M.B. (2007). New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 133-171.

CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment) (2006). *Climate change impacts in central-eastern Europe: Project No. 037005, Report: D6.1: Crop yield and forest tree growth changes influenced by climate change effects*,

regional conditions and management systems, National Forest Center, Forest Research Institute Zvolen (FRI).

Chmielewski, F.-M. & Potts, J. (1995). The relationships between crop yields from an experiment in southern England and long-term climate variations, *Agricultural and Forest Meteorology*, 73, 43-66.

Crane, R.G., Hewitson, B.C. (1998). Doubled CO₂ precipitation changes for the Susquehanna basin: down-scaling from the GENESIS general circulation model. *International Journal of Climatology*, 18, 65–76.

Croll, James (1875). *Climate and time in their geological relations. A theory of secular changes of the Earth's climate.* New York: Appleton.

Denčić, S., Kastori, R., Kobiljski, B. & Duggan, B. (2000): Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*. 113(1):45-52.

Denčić, S., Kobiljski, B., Mladenov, N. & Pržulj, N. (2009). Proizvodnja, prinosi i potrebe za pšenicom u svetu i kod nas. *Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 46, 367-377.

Donatelli, M., Srivastava, A. K., Duveiller, G., Niemeyer, S. (2012). Estimating Impact Assessment and Adaptation Strategies under Climate Change Scenarios for Crops at EU27 Scale. *International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany.*

Doorenbos, J., Kassam, A.H., Bentvelsen, C.L.M., Branscheid, V. & Plusje, J.M.G.A. (1979). Yield response to water. In: *FAO Irrigation and Drainage Paper (FAO)*, No. 33 / FAO, Rome (Italy). Land and Water Development Div., 1-200.

Downing, T.E., Harrison, P. A., Butterfield, R. E. & Lonsdale, K. G. (2000). *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe. An Integrated Assessment.* Research Report 21, Commission of the European Union. Contract ENV4-CT95-0154, Brussels, Belgium, 445.

Dubrovsky, M. (1996). Met&Roll: the stochastic generator of daily weather series for the crop growth model. *Meteorol Zpravy*, 49, 97-105.

Dubrovsky, M. (1997). Creating Daily Weather Series with Use of the Weather Generator. *Environmetrics*, 8(5), 409-424.

Dugalić, G., Gajić, B. (1963). *Pedologija.* Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.

Dugalić, G. & Gajić B. (2012). *Pedologija,* Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.

Đurđević, V. (2010). *Simulacija klime i klimatskih promena u jugoistočnoj Evropi korišćenjem regionalnog klimatskog modela,* doktorska disertacija, Fizički fakultet - Institut za meteorologiju, Beograd.

Eitzinger, J., Kubu, G., Thaler, S., Alexandrov, V., Utset, A., Mihailovic, D.T., Lalic, B., Trnka, M., Zalud, Z., Semerádova, D., Ventrella, D., Anastasiou, D. P., Medany, M., Altaher, S., Olejnik, J., Lesny, J., Nemeshko, N., Nikolaev, M., Simota, C., Cojocar, G. (2009) : Final report, including recommendations on adaptation measures considering regional aspects. Final scientific report of the ADAGIO Project: "Adaptation of agriculture in European regions at environmental risk under climate change"; Specific Support Action, FP6-2005-SSP-5-A, Proj.No.044210, Sixth Framework Programme (European Commission). Ed.: Institute of Meteorology, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna (BOKU), 450p.

Evans, L.T., Wardlaw, I.F. & Fischer, R.A. (1975). Wheat. In: *Crop physiology* (ed. Evans, L.T.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 101-149.

Evans, L.T. (1987). Short day induction of inflorescence initiation in some winter wheat varieties. *Austr. J. Plant Physiol.*, 14, 277-286.

- GAMP (2010): Guide to Agricultural Meteorological Practices (GAMP), 2010 Edition (WMO-No.134).http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp_en.php
- Gates, W.L., Henderson-Sellers, A., Boer, G.J., Folland, C.K., Kitoh, A., McAvaney, J.B., Semazzi, F., Smith, N., Weaver, A.J. & Zeng, Q.C. (1996). Climate models — evaluation. In: Houghton J.T. et al. (eds) *Climate change 1995*. Cambridge University Press, Cambridge, 229–284.
- Ghannoum, O., von Caemmerer, S., Ziska, L.H. & Conroy, J.P. (2000). The growth response of C4 plants to rising atmospheric CO₂ partial pressure: a reassessment. *Plant, Cell and Environment* Vol. 23: 931–942.
- Gordon, C., Cooper, C., Senior, C. A., Banks, H., Gregory, J. M., Johns, T. C., Mitchell, J. F. & Wood, R. A. (2000). The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics* 16, 147–168.
- Grotch, S.L. & MacCracken, M.C. (1991). The use of general circulation models to predict regional climatic change. *Journal of Climate*, 4, 286–303.
- Hadžić, V., Nešić, Lj., Belić, M., Furman, T. & Savin, L. (2002). Zemljišni potencijal Srbije, Traktori i pogonske mašine, Časopis Jugoslovenskog društva za pogonske mašine, God. 7 (5), 43-51.
- Hagemann, S., Machehauer, B., Jones, R., Christensen, O.B., Deque, M., Jacob, D. & Vidale, P.L. (2004). Evaluation of water and energy budgets in regional climate models applied over Europe, *Climate Dynamics*, 23, 547–567.
- Harrison, P., Butterfield, R. & Downing, T. (1995). *Climate Change and Agriculture in Europe Assessment of Impacts and Adaptation*. University of Oxford, UK, 411.
- Hijmans, R.J., Guiking-Lens, I.M. & van Diepen, C.A. (1994). WOFOST 6.0: User's Guide for the WOFOST 6.0 Crop Growth Simulation Model. Technical Document 12. Wageningen, DLO Winand Staring Centre.
- Hoogenboom, G., Jones, J. W. & Boote, K. J. (1990). Nitrogen fixation, uptake and remobilization in legumes: A modeling approach. In *Decision Support System for Agrotechnology Transfer - Part II, Posters, Proceedings of IBSNAT Symposium*, pp. 138-186. Hawaii: University of Hawaii; Honolulu.
- Hoogenboom, G., Jones, J. W., & Boote, K. J. (1991). A decision support system for prediction of crop yield, evapotranspiration and irrigation management. In: *Irrigation and Drainage, Proceedings of the 1991 National Conference* pp. 198-204. New York, New York: ASCE.
- Hoogenboom, G., Tsuji, G. Y., Pickering, N. B., Curry, R. B., Jones, J. W., Singh, U. & Godwin, D. C. (1995). Decision Support System to Study Climate Change Impacts on Crop Production. In: *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts, Special Publication No. 59* (Eds C. Rosenzweig, Jr. L. H. Allen, A. Harper, S. E. Hollinger & J. W. Jones), pp. 51-75. Madison, Wisconsin, U.S.A.: ASA.
- Hoogenboom, G., Jones, J. W., Porter, C. H., Wilkens, P. W., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A. & Tsuji, G. Y. (2003). *Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Volume 1: Overview*. Honolulu, HI: University of Hawaii
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C.H., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Boote, K.J., Singh, U., Uryasev, U.O., Bowne, W.T., Gijsman, A.J., du Toit, A., White, J.W. & Tsuji, G.Y. (2004). *Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Version 4.0., CD-ROM*. Honolulu, University of Hawaii.
- Hoogenboom, G., Paz, J. O., Salazar, M., Garcia A. (2012). *Agricultural Irrigation Water Demand Forecast: Procedures for Estimating Monthly Irrigation Demands* http://www.nespal.org/sirp/waterinfo/state/awd/AgWaterDemand_IrrAmt_Detail.htm

Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A. & Maskell, K. (1996). *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) FOURTH ASSESSMENT REPORT (2001) Report of working group III Mitigation. <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.htm>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) FOURTH ASSESSMENT REPORT (2007)

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1

IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

Jaćimović, G. (2012). *Optimiranje mineralne ishrane pšenice u zavisnosti od vremenskih uslova godine*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Jamieson, P.D., Semenov, M. A., Brooking, I. R., & Francis, G. S. (1998). Sirius: a mechanistic model of wheat response to environmental variation. *Eur. J. Agron.* 8, 161 - 179.

Jevtić, S. & Labat, A. (1985): *Agroekološki uslovi gajenja pšenice i kukuruza u Vojvodini*. Nolit, Beograd

Jones, J., Boote, K., Jagtap, S., Hoogenboom, G. & Wilkerson, G. (1988). SOYGRO v5.41 Soybean Crop Growth Simulation Model, User's Guide, Florida Agricultural Experiment Station Journal 8304, IFAS, Gainesville, FL: University of Florida.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U. Gijsman, A.J. & Ritchie, J.T. (2003). The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agronomy*, 18 (3–4): 235–265.

Kirby, E.J.M., & Appleyard, M. (1984). *Cereal Development Guide*. Second edition. Coventry, Arable Unit, National Agricultural Centre.

Komljenović, I. & Todorović, J. (1998). *Opšte ratarstvo*. Univerzitet u Banjoj Luci.

Kotorac, F. (2014). *Utjecaj obrade tla i gnojidbe dušikom na prinos kukuruza*. Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet, Osijek.

Lalic, B., Eitzinger, J., Thaler, S., Nejedlik, P., Kazandjiev, V., Vucetic, V., Jacimovic, G., Latkovic, D., Saylan, L., Susnik, A. & Eckersten, H. (2011). Using results of modelled yield deviation and indices of weather extremes towards a better yield assessment – current state of research, In: Abstracts, International Conference on current knowledge of Climate Change Impacts on Agriculture and Forestry in Europe, 3.-6.5.2011., Topolcianki, Slovačka.

Lalić, B., Eitzinger, J., Mihailović, D. T, Thaler, S. & Jancic, M. (2012). Climate change impacts on winter wheat yield change-which climatic parameters are crucial in Pannonian lowland?. *The Journal of Agriculture Science* 151 (6), 757-774.

Leary, N., Conde, C., Kulkarni, J., Nyong, A., Pulhin, J., (2008). *Climate change and vulnerability*. Earthscan Climate, Sterling VA, London.

Leary, N., Adejuwon, J., Barros, V., Burton, I., Kulkarni, J., Lasco, R. (2008). *Climate change and adaptation*. Earthscan Climate, Sterling VA, London.

LeCain, D.R., & Morgan, J.A. (1998). Growth, photosynthesis, leaf nitrogen and carbohydrate concentrations in NAD-ME and NAD-ME C4 grasses grown in elevated CO₂. *Physiologia Plantarum* 102:297-306.

Lupo, A. & Kininmonth (2009). In: *NIPCC Report (2009): Global Climate Models and Their Limitations*. www.nipccreport.org/reports/ccr2a/pdf/Chapter-1-Models.pdf

- Major, D.J. & Kiniry, J.R. (1991). Predicting daylength effects on phenological processes. In: Predicting crop phenology (ed. Hodges, T.), Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 15-28.
- Malešević, M. (1989). Značaj temperatura i padavina za određivanje optimalne količine azota i njihov uticaj na visinu prinosa ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.). Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-211.
- Malešević, M., Starčević, Lj., Jaćimović, G., Đurić, V., Šeremešić, S. & Milošev, D. (2008). Prinos ozime pšenice u zavisnosti od uslova godine i nivoa đubrenja azotom. XIII Savetovanje o biotehnologiji, Čačak, 28-29. mart 2008, Zbornik radova, 13 (14), 135-141.
- Manabe, S. & Wetherald, R.T. (1975). The Effects of Doubling the CO₂ Concentration on the Climate of a General Circulation Model, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 32, 1, 3-15.
- Marinković, B., Crnobarac, J. & Jaćimović, G. (2003). Konvencionalna i savremena tehnologija proizvodnje šećerne repe. XXIX simpozijum „Poljoprivredna tehnika“, 16-22. 02. 2003, Tara. *Revija Agronomska saznanja*, 1-2, 78-81.
- Marinković, B., Crnobarac, J., Malešević, M., Rajić, M. & Jaćimović, G. (2006). Značaj agrotehnike i agroekoloških uslova u formiranju prinosa šećerne repe. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 42, 283-296
- Max Planck - Institute for Meteorology, Report 275, Hamburg, Germany. (Report available electronically from: http://www.mpimet.mpg.de/deutsch/Sonst/Report_s/HTMLRvports/275/).
- Mearns, L.O., Rosenzweig, C. & Goldberg, R. (1992). Effect of changes in interannual climatic variability on CERES-wheat yields: sensitivity and 2×CO₂ general circulation model studies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 62 (3-4), 159-189.
- McMaster, G.S. (1997). Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. *Adv. Agron.*, 59: 63–118.
- McMaster, G.S. & Wilhelm, W.W. (2003). Phenological responses of wheat and barley to water and temperature: improving simulation models. *J. Agric. Sci.*, 141: 129–147.
- Mihailović, D. T., Lalić, B., Drešković, N., Mimić, G., Đurdjević, V and Jančić, M. (2014): Climate change effects on crop yields in Serbia and related shifts of Köppen climate zones under the SRES-A1B and SRES-A2. *International Journal of Climatology*, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.4209.
- Mihailovic, D.T., Lalic, B., Koci, I., Malesevic, M., Jevtic, R., Keserovic, Z., Jancic, M. (2010). Vulnerability assessment, climate change impacts and adaptation measures - Agriculture. In: Initial National Communication of the Republic of Serbia under the United Nations Framework Convention on Climate Change (Ed. D. Bozanic and M. Gasperic), The Ministry of Environment and Spatial Planning, Belgrade.
- Miladinović, J., Hrustić, M. & Vidić, M. (2008). Soja, monografija, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i Sojaprotein, Bečej.
- Milosavljević, M. (1990). *Klimatologija*, Naučna knjiga, Beograd.
- Mitchell, G., Griggs, R.H., Benson, V., Williams, J., Vanicek, B. & Dumesnil, D. (1995). *EPIC - User's Guide*. Temple, USDA Agricultural Research Service.
- Molnar, I. (1981). Uloga dužine jarovizacije na formiranje prinosa ozime pšenice. Naučni skup „Ekosistemi i mogućnost njihovog racionalnog korišćenja. Novi Sad, Zbornik radova, 211–220.
- Molnar, I. (1995). *Opšte ratarstvo*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, „Feljton” Novi Sad.
- Morgan, J.A., Hunt H.W., Monz C.A. & LeCain, D.R. (1994a): Consequences of growth at two carbon dioxide concentrations and two temperatures for leaf gas exchange in *Paspalum distichum* (C3) and *Bouteloua gracilis* (C4). *Plant, Cell and Environment* 17:1023-1033.
- Murphy, J.M. (1999). An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. *Journal of Climate*, 12, 2256-2284.

- National Research Council (1979). Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment. Report of an Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate, Woods Hole, Massachusetts, July 23–27, 1979, to the Climate Research Board, Assembly of Mathematical and Physical Sciences, Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Nešić, Lj., Belić, M. & Ćirić, V. (2012). Održivo korišćenje i zaštita zemljišta Vojvodine. Uvodno predavanje po pozivu. Zbornik radova prvog naučnog skupa "Zaštita životne sredine", Sremska Kamenica, 2012. Univerzitet Edukons, Fakultet zaštite životne sredine, 36-42.
- Olesen, J.E., Jensen, T. & Petersen, J. (2000). Sensitivity of field-scale winter wheat production in Denmark to climate variability and climate change. *Clim. Res.* 15: 221–238.
- Olesen, J.E., Carter, T.R., Diaz-Ambrona, C.H., Fronzek, S., Heidmann, T., Hickler, T., Holt, T., Minguez, M.I., Morales, P., Palutikov, J., Quemada, M., Ruiz-Ramos, M., Rubæk, G., Sau, F., Smith, B., Sykes, M. (2006a). Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Clim. Change*.
- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvag, A. O., Seguin, B., Peltonen – Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34, 96-112.
- Otorepec, S. (1980). *Agrometeorologija*. Beograd, Naučna knjiga, Nolit.
- Pejić, B., Bošnjak, Đ., Mačkić, K., Stričević, R., Simić, D., & Drvar, A. (2009). Osetljivost kukuruza (*Zea mays* L.) na deficit vode u zemljištu u određenim podperiodima vegetacije. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 33(1), 155-166
- Philander, S. G. (1998). A review of tropical ocean – atmospheric interactions. *Tellus*, 51 A-B, 71-90.
- Poljoprivredni fakultet, Osijek (2004). www.pfos.hr, svibanj 2004.
- Priestley, C. H. B. & Taylor, R. J. (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters. *Monthly Weather Review* 100, 81-92.
- Protić, N., Martnović, Lj., Milicic, B., Stevanovic, D., Mojasevic, M. (2005). The Status of Soil Surveys in Serbia and Montenegro. *European Soil Bureau – Research Report No. 9*
- Revelle, R. & Suess, H.E. (1957). Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades. *Tellus*, 9
- Ritchie, J. & Otter, S. (1985). Description of and performance of CERES-Wheat: A user-oriented wheat yield model. In: *ARS Wheat Yield Project* (Eds W.O. Willis), pp. 159-175, Washington, DC: Department of Agriculture, Agricultural Research Service ARS-38.
- Ritchie, J.T. (1993). Genetic specific data for crop modelling. *Systems approaches for agricultural development*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Robins, J.S. & Domingo, C.E. (1953). Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. *Agronomy Journal* 45: 618-625.
- Roeckner, E., Bauml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kirchner, I., Kornbluh, L., Manzini, E., Rhodin, A., Schlese, U., Schulzweida, U. & Tompkins, A. (2003). In: *The atmospheric general circulation model ECHAM-5: Model description*. Rep. No. 349. Hamburg, Deutschland: Max-Planck-Institut für Meteorologie.
- Rosenzweig, C. & Iglesias, A. (1994). *Implication of Climate Change for International Agriculture, Crop Modeling Study*. US EPA.
- Sathaye, J.A., Dixon, R.K. & Rosenzweig, C. (1997). Climate change country studies, *Applied Energy*, 36 (3 - 4), 225-235.
- Semenov, M. A., Stratonovitch, P., Alghabari, F. & Gooding, M. J. (2014). Adapting wheat in Europe for climate change. *Journal of Cereal Science* 59, 245-256.
- Shaffer, M.J., Bartling, P.N.S. & McMaster, G.S. (2004). GPFARM modeling of corn yield and residual soil nitrate-N. *Comput. Electron. Agr.*, 43: 87–107

- Simmons, S.R. (1987): Growth, development, and physiology. In: *Wheat and Wheat Improvement* (E.G.Heyne, ed.). Second edition. Agronomy No. 13. Madison, ASA-CSSA-SSSA.
- Sirotenko, O. D. (1997). Sensitivity of the Russian agriculture to changes in climate, CO₂, and tropospheric ozone concentrations and soil fertility, *Climate Change* 36, 217 – 232.
- Siqueira, O. J., Farias, J. R. B. & Sans, L. M. A. (1994). 'Potential Effects of Global Climate Change on Brazilian Agriculture: Applied Simulation Studies for Wheat, Maize, and Soybeans'. In: *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study* (Eds C. Rosenzweig, A. Iglesias) Washington, DC, USA: EPA 230-B-94-003 U.S. Environmental Protection Agency.
- Škorić, A., Filipovski, G. & Ćirić, M. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo.
- Southworth, J., Pfeifer, R. A., Habeck, M., Randolph, J. C., Doering, O. C., Johnston, J. J. & Rao, D. G. (2002). Changes in soybean yields in the Midwestern United States bas result of future change in climate variability, and CO₂. *Climatic Change* 53, 447 – 475.
- Stöckle, C., Martin, S. & Cambell, G. (1992). A model to assess environmental impact of cropping systems, *Amer. Soc. of Agr. Eng*, 92, 2041
- Stöckle, C.O., Martin, S. & Campbell, G.S. (1994). CropSyst, a cropping systems model: water/nitrogen budgets and crop yield. *Agric. Systems*, 46: 335–359.
- Su, Z., Zhang, J., Wu, W., Cai, D., Lu, J., Jiang, G., Huang, J., Gao, J., Hartmann, R. & Gabriels, D. (2007): Effects of conservation tillage practices on winter wheat water-use efficiency and crop yield on the Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*, 87, 307-314.
- Supit, I., Hooijer, A.A. & van Diepen, C.A. (1994). *System Description of the WOFOST 6.0 Crop Simulation Model Implemented in CGMS*. Vol. 1. Theory and Algorithms. Agriculture Series. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.
- Tao, F. & Zhang, Z. (2010). Adaptation of maize production to climate change in North China Plain: Quantify the relative contributions of adaptation options. *European Journal of Agronomy* 33, 103-116.
- Tian, Z., Shi, Jun, Gao, Z., Tubiello, F. N. (2008). Assessing the impact of future climate change on wheat production in Huang-Huai-Hai Plain in China based on GIS and crop model. In: *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability*, Proc. of SPIE Vol. 7083. doi: 10.1117/12.795625
- Tsuji, G., Hoogenboom, G. & Thornton, P. K. (1998). *Understanding Options for Agricultural Production*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers,
- Trnka, M., Dubrovský, M., Semerádová, D., Eitzinger, J., Olesen, J., Mozy, M., Hlavinka, P., Balek, J. & Stepanek, P. (2008). AgriCLIM – software package for assessment changes in agroclimatic conditions – results and planned use in COST 734 (abstract). In *Book of Abstracts: Symposium on Climate Change and Variability – Agrometeorological Monitoring and Coping Strategies for Agriculture*. Bioforsk: Oscarsborg, Norway, 8, 50.
- van Diepen, C.A., Wolf, J., van Keulen, H., Rappoldt, C. (1989): WOFOST: a simulation model of crop production. *Soil Use and Management*, 5 (1), 16–24.
- von Caemmerer S., Millgate, A., Farquhar, G.D. & Furbank, R.T. (1997). Reduction of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase by antisense RNA in the C₄ plant *Flaveria bidentis* leads to reduced assimilation rates and increased carbon isotope discrimination. *Plant Physiol* 113, 469–477.
- von Storch, H., Zorita, E & Cubasch, U. (1993) Downscaling of global climate change estimates to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime. *Journal of Climate*, 6, 1161–1171.

- Vučetić, V. (2011). Modelling of maize production in Croatia: present and future climate. *Journal of Agricultural Science* 149 (2), 145–157.
- Wand, S.J.E., Midgley, G.F., Jones, M.H. & Curtis, P.S. (1999). Responses of wild C4 and C3 grass (Poaceae) species to elevated atmospheric CO₂ concentration: a test of current theories and perceptions. *Global Change Biology* 5, 723–741.
- Valizadeh, J., Ziaieib, S.M. & Mazlounzadeh, S.M. (2014). Assessing climate change impacts on wheat production (a case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13 (2), 107-115.
- Ventrella, D., Charfeddine, M., Giglio, L., Castellini, M. (2012). Application of DSSAT Models for an Agronomic Adaptation Strategy Under Climate Change in Southern Italy: Optimum Sowing and Transplanting Time for Winter Durum Wheat and Tomato. *Italian Journal of Agronomy* 7 (1). DOI: 10.4081/ija.2012.e16
- Vučić, V. (1976). Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Wang, M., Yinpeng, L., Ye, W., Bornman, J., & Yan, X. (2011). Effects of climate change on maize production and potential adaptation measures: a case study in Jilin Province, China. *Climate Res*, 46, 223-242.
- Washington, W. M., Weatherly, J. W., Meehl, G. A., Semtner, JR. A. J., Bettge, T. W., Craig, A. P., Strand, JR. W. G., Arblaster, J. M., Wayland, V. B., James, R. N & Zhang, Y. (2000). Parallel climate model (PCM) control and transient simulations. *Climate Dynamic* 16, 755-774.
- Watling, J.R. & Press, M.C. (1997). How is the relationship between the C4 cereal *Sorghum bicolor* and the C3 root hemi-parasites *Striga hermonthica* and *Striga asiatica* affected by elevated CO₂? *Plant, Cell and Environment* 20, 1292-1300.
- Watson, R., Zinyowera, M. & Moss, R. (1996). *Climate Change 1995 – Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change*. In: Contribution of WG II to the Second Assessment Report of the IPCC. UK: Cambridge University Press.
- Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P. & Mearns, L.O. (2004). The Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods. *TGICA IPCC* 8, 1-27.
- Wilks, D.S. (1992). Adapting stochastic weather generation algorithms for climate change studies. *Climatic Change*, 22, 67-84.
- Wilks, D.S. & Wilby, R.L. (1999). The weather generation game: A review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 23, 329-357.
- Wittwer, S.H. (1995). *Food, Climate, and Carbon Dioxide – The Global Environment and World Food Production*. New York, U.S.A: Lewis Publishers, http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_872_en.html
- Wolf, J., & van Diepen, C.A. (1995). Effects of climate change on grain maize yield potential in the European Community. *Climatic Change*, 29 (3), 299 - 331.
- Wong, S.C. (1979) Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. I Interaction of nitrogen nutrition and photo- synthetic capacity in C3 and C4 plants. *Oecologia* 44, 68–74
- World Meteorological Organisation (WMO) (1986). "Report of the International Conference on the assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts"
- World Meteorological Organization (WMO) (1989). *The Changing Atmosphere: Implications for Global Security*. In: Conference Proceedings. Toronto, Canada, 27-30 June.
- Ziska, L.H. & Bunce, J.A. (1997). The role of temperature in determining the stimulation of CO₂ assimilation at elevated carbon dioxide in soybean seedlings. *Physiologia Plantarum* 100:126-132.

Ziska, L.H., Sicher, R.C. & Bunce, J.A. (1999). The impact of elevated carbon dioxide on the growth and gas exchange of three C4 species differing in CO₂ leak rates. *Physiol Plant* 105: 74–80

Lv, Z., Liu, X., Cao, W., Zhu, Y. (2013). Climate change impacts on regional winter wheat production in main wheat production regions of China. *Agricultural and Forest Meteorology* 171– 172, 234– 248.

Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, Đ., Miljković, N., Stojković, L. & Drezgić, P. (1972). *Zemljišta Vojvodine*. Novi Sad, Institut za poljoprivredna istraživanja.

STAT.YEARB.SERB. 2011.

www.RHZ2012

WWW.faostat.fao.org

WWW.FAO.ORG

WWW.STAT.YEARB.SERB.2011

http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2007_corr.pdf

<http://data.giss.nasa.gov/modelforce/ghgases/>

DODATAK

ECHAM A1B 2030. i 2050. god.

Tabela 1. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	year	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	12,5	6,0	2,6	19,0	12,4	16,7	22,0
2050	13,4	6,9	3,5	20,0	13,0	17,3	23,1
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,5	5,7	2,2	19,2	12,4	16,8	22,2
2050	13,4	6,6	3,2	20,1	13,0	17,5	23,3
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,4	4,8	1,1	17,9	11,1	15,5	21,0
2050	12,3	5,6	2,0	19,0	11,8	16,2	22,2
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	12,6	6,1	2,8	19,0	12,4	16,7	22,1
2050	13,6	7,0	3,7	20,1	13,0	17,4	23,3
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	12,5	6,0	2,7	19,0	12,2	16,6	22,0
2050	13,5	6,9	3,6	20,0	12,9	17,4	23,3
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,4	5,9	2,6	18,8	12,1	16,5	21,8
2050	13,4	6,9	3,6	19,9	12,8	17,2	23,1
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,2	6,7	3,3	19,6	12,8	17,2	22,7
2050	14,1	7,6	4,2	20,7	13,5	17,9	24,0
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	12,0	5,2	2,0	18,7	11,7	16,3	21,9
2050	12,9	6,1	3,0	19,7	12,3	17,0	23,0
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	11,5	5,2	2,0	17,8	11,0	15,4	20,8
2050	12,5	6,1	2,9	18,9	11,7	16,1	22,1
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	23,5

2030	13,5	6,7	3,3	20,2	13,0	17,5	23,6
2050	14,9	8,0	4,6	21,8	14,0	18,7	25,6
VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,3	5,8	2,4	18,7	11,8	16,2	21,9
2050	13,3	6,7	3,3	19,8	12,5	17,0	23,2

Tabela 2. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	546,7	242,4	105,5	303,7	146,3	173,1	160,7
2050	542,2	275,9	134,6	267,7	147,9	164,1	131,7
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339	134,9	176,5	194,6
2030	550,8	269,1	131,3	282,9	135,3	157,5	140,1
2050	525,4	276,4	139,3	250,3	135,7	151,9	115,2
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	677,6	322,6	156,7	356,2	174,3	201,2	172,7
2050	626,6	323,3	164,1	304,7	170,3	186,6	136,9
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	685,4	326,9	165,2	359,7	185,7	208,6	173,9
2050	637,0	327,3	172,0	311,0	182,1	195,5	140,5
KS							
1971-2000	598,1	228	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	582,4	279,8	136,7	303,8	157,8	178,5	147,3
2050	543,2	278,6	140,9	265,8	154,3	167,5	122,7
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	604,5	291,2	147,9	314,4	172,4	188,7	143,3
2050	569,7	291,3	153,1	279,5	170,3	179,5	120,7
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	535,4	271,9	133,9	264,7	149,7	155,1	115,0
2050	498,2	270,7	137,2	228,9	144,6	143,8	94,4
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	566,8	284,8	142,8	283,3	155,6	168,5	130,9
2050	545,5	288,9	149,7	258,0	155,0	162,7	114,1
DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2

2030	544,4	262,0	121,1	283,6	151,2	170,4	139,6
2050	497,4	257,1	122,1	241,5	144,3	155,4	113,9
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	707,1	426,9	213,3	282,4	169,2	154,2	118,9
2050	654,4	421,4	220,3	235,3	160,0	140,2	92,3
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	525,5	269,7	128,5	257,1	140,7	152,6	113,5
2050	477,6	262,5	129,0	216,3	133,1	138,0	90,8

Tabela 3. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	-5,4	12,8	23,0	-15,5	-0,5	-9,6	-22,7
SO	-1,0	25,3	52,4	-16,5	0,4	-10,7	-28,0
PO	-1,0	32,4	67,5	-18,2	-2,1	-11,5	-26,1
KR	-1,9	25,8	49,8	-16,9	-0,3	-10,4	-24,9
KS	-2,6	22,7	38,6	-16,7	-2,2	-11,5	-22,6
CU	-0,6	22,5	36,9	-13,9	1,1	-8,1	-21,5
NI	-2,6	21,0	34,0	-17,2	-4,3	-12,4	-23,8
ZA	6,1	37,5	74,9	-12,1	-3,1	-8,3	-17,3
DM	-3,8	26,5	42,4	-19,7	-4,5	-14,2	-24,2
PR	0,4	27,4	48,6	-22,4	-4,4	-15,6	-30,3
VR	-3,7	20,1	37,5	-19,0	-5,9	-14,4	-25,2

Tabela 4. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	-6,2	28,4	56,9	-25,5	0,6	-14,3	-36,7
SO	-5,6	28,7	61,7	-26,2	0,6	-13,9	-40,8
PO	-8,5	32,6	75,4	-30,0	-4,3	-17,9	-41,4
KR	-8,8	26,0	55,9	-28,1	-2,2	-16,0	-39,3
KS	-9,2	22,2	42,8	-27,1	-4,3	-17,0	-35,5
CU	-6,3	22,5	41,8	-23,4	-0,1	-12,6	-33,9
NI	-9,3	20,4	37,3	-28,4	-7,6	-18,8	-37,4
ZA	2,1	39,5	83,3	-19,9	-3,4	-11,5	-27,9
DM	-12,1	24,1	43,5	-31,6	-8,8	-21,8	-38,1
PR	-7,1	25,7	53,4	-35,3	-9,6	-23,3	-45,9
VR	-12,5	16,9	38,0	-31,8	-11,0	-22,6	-40,1

Agroklimatski indeksi 1971-2000., 2030 i 2050.

Tabela 5. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	01.04.	03.11.
2050	28.03.	10.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	02.04.	28.10.
2050	30.03.	02.11.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	15.04.	29.10.
2050	12.04.	03.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	03.04.	31.10.
2050	29.03.	05.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	05.04.	26.10.
2050	03.04.	31.10.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	17.04.	26.10.
2050	14.04.	31.10.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	31.03.	04.11.
2050	26.03.	08.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	15.04.	23.10.
2050	11.04.	28.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	12.04.	26.10.
2050	10.04.	31.10.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	23.03.	07.11.
2050	17.03.	12.11.
VR		

1971-2000	10.04.	21.10.
2030	04.04.	31.10.
2050	30.03.	05.11.

Tabela 6. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	21	16	9	1	1	7	15
2050	18	14	7	1	0	6	13
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	21	18	10	1	1	9	16
2050	18	16	8	1	1	7	14
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	25	21	13	3	2	11	21
2050	23	19	11	2	1	9	19
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	21	16	9	1	1	8	16
2050	19	14	7	1	1	7	14
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	21	16	10	2	2	10	17
2050	19	15	8	1	1	8	15
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	21	17	11	3	2	9	17
2050	18	15	9	2	1	7	14
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	20	15	8	1	1	7	15
2050	17	13	6	1	0	6	12
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	24	19	12	3	2	11	19
2050	21	17	10	2	1	9	17
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	23	19	13	3	2	10	18
2050	21	17	11	2	1	8	16
PR							
1971-2000	21	15	7	0	1	9	17
2030	18	13	6	0	1	6	14

2050	16	11	4	0	0	5	12
VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	22	17	9	1	1	9	17
2050	19	15	8	1	1	7	15

Tabela 7. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani - *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	4	2	1	1	2
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	5	3	1	1	3
2050	4	2	0	1	2
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	6	2	1	1	5
2050	4	2	1	1	4
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	4	2	1	1	3
2050	3	1	0	0	2
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	3	1	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	2
2050	3	2	0	1	2
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	3	1	0	1	2
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	7	3	1	1	3
2050	5	2	1	1	2
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	5	3	1	1	3
2050	3	2	1	1	2
PR					

1971-2000	6	2	0	1	5
2030	4	1	0	1	3
2050	3	1	0	1	3
VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	4	2	1	1	2
2050	3	1	1	0	1

Tabela 8. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – *summer days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. god. za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	2	11	19	25	25	14	4
2050	1	3	12	21	27	27	18	6
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	27	26	16	5
2050	1	3	13	22	28	28	19	6
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	10	18	24	24	13	4
2050	1	3	12	20	26	27	17	5
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	26	25	15	5
2050	2	4	13	22	27	27	18	6
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	3	12	20	25	25	16	5
2050	2	4	14	22	27	27	19	7
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	13	21	26	26	16	5
2050	1	4	14	23	28	28	19	6
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	1	4	13	22	27	26	17	6
2050	2	4	15	23	28	28	20	8
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	3	12	22	27	27	16	4
2050	1	4	13	23	28	28	19	6
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	2	9	18	25	24	14	4
2050	1	3	11	20	27	27	17	5

PR								
1971-2000	0	1	10	20	26	25	14	2
2030	1	3	12	23	28	27	17	4
2050	1	3	13	25	29	29	20	6
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	2	10	20	26	26	16	4
2050	1	3	12	23	28	28	19	6

Tabela 9. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani – *tropical days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	2	6	12	13	4	1
2050	0	3	8	15	17	6	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	3	8	15	15	5	1
2050	0	4	10	18	19	7	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	0	2	6	12	12	4	0
2050	0	2	8	15	16	6	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	2	7	14	15	5	1
2050	1	3	10	17	19	7	1
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	0	3	8	14	15	5	1
2050	1	3	10	17	19	7	1
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	3	9	15	16	5	1
2050	1	4	11	18	20	8	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	3	9	16	17	6	1
2050	1	4	12	19	21	9	2
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	0	3	9	16	16	6	1
2050	0	3	12	19	20	8	1
DM							

1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	1	6	12	13	4	1
2050	0	2	8	16	16	6	1
PR							
1971-2000	0	1	7	12	13	3	0
2030	0	2	11	18	17	6	1
2050	0	3	13	22	21	9	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	8	15	15	5	1
2050	0	3	10	18	19	7	1

Tabela 10. Suma efektivnih temperatura za 2030. i 2050. godinu

	Suma efektivnih temperatura iznad 10 C° za 2030. godinu	Suma efektivnih temperatura iznad 10 C° za 2050. godinu
NS	1679,3	1988,0
SO	1716,9	2011,1
PO	1468,7	1792,5
KR	1662,4	2012,4
KU	1648,4	1994,6
CU	1606,8	1946,9
NI	1787,5	2139,4
ZA	1611,1	1913,7
DM	1420,6	1753,8
PR	1926,6	2282,6
VR	1613,5	1974,7

ECHAM A2 2030 i 2050. godina

Tabela 11. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	12,7	6,2	2,8	19,2	12,5	16,8	22,2
2050	13,9	7,4	4,0	20,4	13,3	17,6	23,6
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,7	5,9	2,4	19,4	12,5	17,0	22,4
2050	13,8	7,1	3,6	20,6	13,3	17,8	23,8
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,6	5,0	1,3	18,2	11,3	15,6	21,3
2050	12,8	6,1	2,4	19,4	12,0	16,5	22,8
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	12,8	6,3	3,0	19,3	12,5	16,8	22,4
2050	14,0	7,5	4,1	20,6	13,3	17,7	23,9
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	12,7	6,2	2,9	19,2	12,4	16,8	22,3
2050	13,9	7,4	4,0	20,5	13,2	17,7	23,9
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,6	6,2	2,8	19,1	12,3	16,7	22,1
2050	13,8	7,3	4,0	20,3	13,1	17,5	23,7
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,4	6,9	3,5	19,9	13,0	17,3	23,0
2050	14,6	8,0	4,6	21,2	13,8	18,3	24,6
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	12,2	5,4	2,2	19,0	11,8	16,5	22,1
2050	13,4	6,6	3,4	20,2	12,6	17,3	23,6
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	11,8	5,4	2,2	18,0	11,2	15,6	21,1
2050	13,0	6,6	3,3	19,3	12,0	16,5	22,7
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	25,5
2030	13,7	6,9	3,5	20,4	13,1	17,7	23,9

2050	14,9	8,0	4,6	21,8	14,0	18,7	25,6
VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,5	6,0	2,6	19,0	12,0	16,3	22,2
2050	13,7	7,1	3,7	20,3	12,8	17,3	23,8

Tabela 12. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971,-2000, 2030 i 2050							
NS							
Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	565,4	272,0	128,8	294,8	147,9	171,0	153,4
2050	530,0	278,8	138,4	252,8	147,9	160,0	119,8
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339,0	134,9	176,5	194,6
2030	544,3	270,6	133,0	274,8	135,5	156,1	134,0
2050	516,1	279,9	143,2	237,5	136,0	149,9	105,6
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	665,1	323,1	158,7	343,3	173,4	197,7	163,8
2050	606,5	323,8	167,8	284,1	168,8	180,6	122,7
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	673,7	327,3	167,3	347,7	184,9	205,6	165,5
2050	617,5	327,4	175,3	291,4	180,4	190,0	127,3
KS							
1971-2000	598,1	228,0	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	572,9	279,7	137,8	294,4	157,0	175,8	141,3
2050	527,5	278,3	143,0	250,5	152,7	162,7	112,9
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	595,6	291,3	149,1	305,5	171,7	186,3	137,6
2050	555,7	291,6	155,6	265,3	169,6	175,7	111,5
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	525,7	271,4	134,7	255,6	148,5	152,3	109,7
2050	483,0	270,2	138,8	214,2	142,1	138,8	86,43
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	561,5	285,9	144,5	277,0	155,5	167,0	126,7
2050	537,5	291,1	153,1	247,9	155,0	160,3	107,4

DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2
2030	533,2	261,3	121,6	273,1	149,7	166,8	133,1
2050	478,6	255,0	122,6	224,8	141,4	149,0	103,9
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	694,0	425,3	214,8	270,8	167,0	150,9	112,3
2050	634,2	419,8	224,2	216,7	156,0	134,3	82,2
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	513,8	267,9	128,6	247,1	139,0	149,0	107,8
2050	458,0	259,5	129,4	199,9	129,6	131,9	82,0

Tabela 13. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	-2,2	26,6	50,1	-18,0	0,6	-10,7	-26,3
SO	-2,2	26,0	54,3	-18,9	0,4	-11,6	-31,2
PO	-2,8	32,5	69,5	-21,2	-2,6	-13,1	-29,9
KR	-3,6	26,0	51,6	-19,7	-0,7	-11,7	-28,5
KS	-4,2	22,7	39,6	-19,3	-2,7	-12,9	-25,8
CU	-2,1	22,5	38,1	-16,3	0,6	-9,3	-24,7
NI	-4,3	20,7	34,7	-20,0	-5,1	-14,0	-27,3
ZA	5,1	38,0	76,8	-14,0	-3,2	-9,1	-19,9
DM	-5,8	26,1	42,8	-22,7	-5,4	-16,1	-27,8
PR	-1,5	26,9	49,6	-25,6	-5,7	-17,5	-34,2
VR	-5,9	19,3	37,5	-22,2	-7,1	-16,4	-29,0

Tabela 14. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	-8,3	29,8	61,3	-29,7	0,6	-16,4	-42,4
SO	-7,3	30,3	66,1	-29,9	0,8	-15,1	-45,7
PO	-11,4	32,8	79,2	-34,8	-5,2	-20,6	-47,5
KR	-10,1	-28,1	60,1	-33,1	-4,3	-20,5	-40,1
KS	-11,8	22,0	44,9	-31,3	-5,4	-19,4	-40,7
CU	-8,6	22,6	44,0	-27,3	-0,6	-14,5	-38,9
NI	-12,1	20,2	38,8	-33,0	-9,2	-21,6	-42,7
ZA	0,6	40,5	87,4	-23,1	-3,5	-12,8	-32,1
DM	-15,4	23,1	44,0	-36,4	-10,7	-25,0	-43,6
PR	-10,0	25,2	56,1	-40,4	-11,9	-26,5	-51,8
VR	-16,1	15,5	38,4	-37,0	-13,4	-26,0	-46,0

Agroklimatski indeksi 1971-2000, 2030 i 2050.

Tabela 15. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	31.03.	05.11.
2050	27.03.	12.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	02.04.	29.10.
2050	29.03.	04.11.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	15.04.	30.10.
2050	11.04.	05.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	02.04.	02.11.
2050	27.03.	08.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	05.04.	28.10.
2050	02.04.	04.11.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	16.04.	27.10.
2050	13.04.	03.11.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	29.03.	05.11.
2050	26.03.	10.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	15.04.	24.10.
2050	09.04.	30.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	12.04.	27.10.
2050	06.04.	02.11.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	22.03.	09.11.
2050	15.03.	13.11.

VR		
1971-2000	10.04.	21.10.
2030	03.04.	01.11.
2050	28.03.	07.11.

Tabela 16. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	20	15	9	1	1	7	15
2050	16	13	7	1	0	5	12
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	21	17	9	1	1	9	16
2050	17	15	7	1	1	7	13
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	24	20	13	3	2	11	20
2050	21	18	10	2	1	8	17
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	21	15	8	1	1	8	16
2050	17	13	7	1	1	6	13
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	21	16	9	1	1	9	16
2050	18	14	7	1	1	7	14
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	20	17	10	3	2	8	16
2050	17	14	8	2	1	6	13
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	19	15	8	1	1	7	14
2050	15	12	6	1	0	5	11
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	23	18	12	2	2	11	19
2050	20	16	9	2	1	9	16
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	22	18	12	2	2	10	18
2050	19	16	10	2	1	8	15
PR							
1971-2000	21	15	7	0	1	9	17

2030	18	12	5	0	0	6	14
2050	14	10	4	0	0	4	11
VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	21	16	9	1	1	9	17
2050	17	14	7	1	1	7	14

Tabela 17. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani - *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	1	1	2
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	5	3	1	1	3
2050	3	2	0	1	2
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	6	2	1	1	5
2050	4	1	1	1	3
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	3	1	0	0	2
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	2	1	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	4	2	1	1	2
2050	3	2	0	0	2
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	1	1	1	2
2050	2	1	0	0	1
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	6	3	1	1	3
2050	4	2	1	1	2
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	5	3	1	1	3
2050	3	2	1	1	2
PR					

1971-2000	6	2	0	1	5
2030	4	1	0	1	3
2050	2	1	0	1	2
VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	4	1	1	1	2
2050	2	1	0	0	1

Tabela 18. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – *summer days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. god. za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	3	11	20	26	26	15	4
2050	2	3	13	22	28	28	19	6
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	27	27	16	5
2050	1	4	14	22	28	29	20	7
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	11	19	25	25	14	4
2050	1	4	12	21	27	27	18	6
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	26	26	16	5
2050	2	4	14	23	28	28	19	7
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	3	12	21	26	26	17	5
2050	2	4	14	23	28	28	20	8
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	13	21	26	27	17	5
2050	2	5	15	23	28	29	20	7
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	2	4	14	22	27	27	18	6
2050	2	5	16	24	29	29	21	9
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	3	13	22	27	27	17	5
2050	2	4	14	24	29	29	20	7
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	2	9	19	25	25	15	4
2050	1	3	11	22	27	28	18	6

PR								
1971-2000	0	1	10	20	26	25	14	2
2030	1	3	12	24	28	28	18	5
2050	1	3	14	25	30	29	21	7
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	2	11	21	27	26	16	4
2050	1	3	13	24	29	29	20	7

Tabela 19. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani – *tropical days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	2	7	13	14	4	1
2050	0	3	9	17	19	7	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	3	8	15	16	5	1
2050	0	4	11	19	20	8	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	0	2	6	13	13	4	1
2050	1	3	9	17	18	7	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	1	2	8	15	16	5	1
2050	1	4	11	19	20	8	2
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	0	3	9	14	16	5	1
2050	1	4	12	19	20	8	2
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	4	9	15	17	6	1
2050	1	5	12	19	21	9	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	3	10	17	18	7	1
2050	1	5	13	21	22	10	2
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	0	3	10	17	17	6	1
2050	1	4	13	20	21	9	1
DM							
1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	2	6	13	14	4	1

2050	0	2	9	17	18	7	1
PR							
1971-2000	0	1	7	12	13	3	0
2030	0	3	11	19	18	7	1
2050	0	4	15	23	23	10	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	8	16	16	6	1
2050	0	3	11	20	20	8	1

Tabela 20. Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C

Lokaliteti	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2030. godinu	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2050. godinu
NS	1728,0	1988,0
SO	1764,9	2011,1
PO	1528,0	1792,5
KR	1714,4	2012,4
KU	1700,4	1994,6
CU	1661,9	1946,9
NI	1837,9	2139,4
ZA	1654,8	1913,7
DM	1471,6	1753,8
PR	1983,6	2282,6
VR	1668,1	1974,7

HADCM A1B 2030 i 2050

Tabela 21. Tabela 58. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	12,7	5,9	2,4	19,6	12,6	17,1	22,7
2050	13,9	6,8	3,3	20,9	13,4	18,1	24,4
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,7	5,6	2,1	19,7	12,6	17,2	22,9
2050	13,8	6,5	2,9	21,1	13,4	18,2	24,6
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,6	4,7	1,0	18,4	11,4	15,9	21,6
2050	12,7	5,5	1,8	19,9	12,2	16,9	23,4
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	12,8	6,0	2,6	19,5	12,6	17,1	22,7
2050	13,9	6,9	3,4	21,0	13,4	18,1	24,5
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	12,7	5,9	2,5	19,5	12,5	17,0	22,7
2050	13,8	6,7	3,3	20,9	13,3	18,0	24,5
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,6	5,8	2,5	19,3	12,4	16,9	22,5
2050	13,7	6,7	3,3	20,8	13,2	17,9	24,2
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,4	6,5	3,1	20,2	13,0	17,5	23,4
2050	14,5	7,4	3,8	21,6	13,8	18,5	25,2
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	12,2	5,1	1,8	19,3	11,9	16,8	22,5
2050	13,3	6,0	2,7	20,6	12,7	17,7	24,2
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	11,7	5,1	1,7	18,3	11,2	15,6	21,5
2050	12,9	5,9	2,5	19,8	12,0	16,7	23,3
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	25,5
2030	13,6	6,6	3,2	20,6	13,1	17,9	24,2

2050	14,8	7,4	3,9	22,1	13,9	18,9	26,0
VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,5	5,7	2,2	19,2	12,0	16,4	22,6
2050	13,6	6,5	2,9	20,7	12,8	17,4	24,4

Tabela 22. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971-2000, 2030 i 2050							
Lok,	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	601,0	279,2	124,4	323,3	148,8	176,3	175,5
2050	588,5	292,2	129,8	297,9	149,7	168,9	154,3
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339,0	134,9	176,5	194,6
2030	573,7	275,1	130,2	299,9	135,6	158,7	153,4
2050	562,1	287,0	136,6	276,3	136,2	153,9	134,8
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	724,4	335,6	155,6	390,0	177,0	207,0	197,1
2050	700,6	345,4	161,1	356,5	175,2	195,7	173,6
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	731,2	340,1	164,7	392,4	189,9	214,2	196,3
2050	708,2	348,5	169,6	361,1	189,3	204,1	174,1
KS							
1971-2000	598,1	228,0	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	621,8	292,0	137,2	331,1	162,8	184,3	164,1
2050	606,1	299,1	140,9	308,2	163,5	177,0	147,8
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	640,1	303,2	147,2	338,1	177,3	192,9	156,7
2050	627,4	311,9	151,6	316,7	179,3	186,6	140,8
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	573,6	282,0	134,5	293,0	155,8	161,8	130,4
2050	559,6	288,3	138,0	272,7	155,3	154,8	118,0
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	590,5	293,0	139,9	299,0	161,3	171,5	137,3

2050	584,4	302,8	143,9	283,1	165,5	168,1	123,4
DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2
2030	593,8	277,1	123,9	318,0	159,3	180,8	158,8
2050	575,4	282,4	126,3	294,4	158,5	172,5	142,6
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	768,3	447,9	214,3	322,7	178,2	163,5	145,1
2050	751,9	457,8	220,9	296,4	176,1	155,0	131,5
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	580,1	286,0	132,0	295,4	148,8	163,8	136,0
2050	565,8	290,9	135,1	276,3	147,1	156,9	126,0

Tabela 23. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	4,0	30,0	45,0	-10,0	1,2	-7,9	-15,6
SO	3,1	28,1	51,1	-11,5	0,5	-10,1	-21,2
PO	5,8	37,7	66,2	-10,5	-0,6	-9,0	-15,7
KR	4,6	30,9	49,3	-9,3	2,0	-8,0	-15,3
KS	4,0	28,1	39,0	-9,2	0,9	-8,7	-13,8
CU	5,3	27,5	36,3	-7,4	3,9	-6,1	-14,2
NI	4,4	25,4	34,5	-8,3	-0,5	-8,7	-13,6
ZA	10,6	41,4	71,2	-7,2	0,4	-6,7	-13,2
DM	4,9	33,7	45,5	-10,0	0,6	-9,0	-13,8
PR	9,1	33,6	49,2	-11,3	0,6	-10,6	-14,9
VR	6,3	27,4	41,2	-7,0	-0,6	-8,1	-10,4

Tabela 24. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	1,8	36,0	51,3	-17,1	1,9	-11,8	-25,8
SO	1,0	33,6	58,5	-18,5	1,0	-12,8	-30,7
PO	2,3	41,7	72,1	-18,2	-1,6	-13,9	-25,8
KR	1,3	34,1	53,7	-16,5	1,5	-12,3	-24,8
KS	1,3	31,2	42,8	-15,5	1,3	-12,3	-22,4
CU	3,2	31,2	40,4	-13,3	5,1	-9,1	-22,9
NI	1,8	28,2	38,0	-14,7	-0,8	-12,6	-21,8
ZA	9,4	46,1	76,1	-12,2	3,0	-8,5	-22,0
DM	1,7	36,3	48,4	-16,7	0,1	-13,2	-22,6
PR	6,7	36,6	53,8	-18,5	-0,6	-15,2	-22,9
VR	3,6	29,5	44,5	-13,0	-1,7	-12,0	-17,0

Agroklimatski indeksi za 1971-2000. 2030. i 2050. godinu

Tabela 25. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	31.03.	03.11.
2050	27.03.	09.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	01.04.	28.10.
2050	28.03.	01.11.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	14.04.	28.10.
2050	09.04.	03.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	01.04.	31.10.
2050	27.03.	05.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	05.04.	26.10.
2050	02.04.	31.10.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	15.04.	26.10.
2050	11.04.	30.10.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	30.03.	03.11.
2050	27.03.	08.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	12.04.	23.10.
2050	06.04.	27.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	12.04.	26.10.
2050	05.04.	30.10.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	22.03.	07.11.
2050	18.03.	11.11.
VR		

1971-2000	10.04.	21.10.
2030	03.04.	31.10.
2050	29.03.	05.11.

Tabela 26. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000 za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	21	16	9	1	1	7	15
2050	16	13	7	1	0	5	12
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	21	18	10	1	1	9	16
2050	17	15	7	1	1	7	13
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	25	21	13	3	2	11	21
2050	21	18	10	2	1	8	17
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	21	16	9	1	1	8	16
2050	17	13	7	1	1	6	13
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	21	16	10	2	2	10	17
2050	18	14	7	1	1	7	14
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	21	17	11	3	2	9	17
2050	17	14	8	2	1	6	13
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	20	15	8	1	1	7	15
2050	15	12	6	1	0	5	11
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	24	19	12	3	2	11	19
2050	20	16	9	2	1	9	16
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	23	19	13	3	2	10	18
2050	19	16	10	2	1	8	15
PR							
1971-2000						8	16
2030	18	13	6	0	1	6	14
2050	14	10	4	0	0	4	11

VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	22	17	9	1	1	9	17
2050	17	14	7	1	1	7	14

Tabela 27. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani = *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	1	1	2
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	5	3	1	1	3
2050	3	2	0	1	2
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	6	2	1	1	5
2050	4	1	1	1	3
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	4	2	1	1	3
2050	3	1	0	0	2
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	2	1	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	2
2050	3	2	0	0	2
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	2	1	0	0	1
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	7	3	1	1	3
2050	4	2	1	1	2
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	5	3	1	1	3
2050	3	2	1	1	2
PR					
1971-2000	6	2	0	1	5
2030	4	1	0	1	3
2050	2	1	0	1	2

VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	4	2	1	1	2
2050	2	1	0	0	1

Tabela 28. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – summer days) za period 1971-2000 za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	2	11	19	25	25	14	4
2050	2	3	13	22	28	28	19	6
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	27	26	16	5
2050	1	4	14	22	28	29	20	7
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	10	18	24	24	13	4
2050	1	4	12	21	27	27	18	6
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	26	25	15	5
2050	2	4	14	23	28	28	19	7
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	3	12	20	25	25	16	5
2050	2	4	14	23	28	28	20	8
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	13	21	26	26	16	5
2050	2	5	15	23	28	29	20	7
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	1	4	13	22	27	26	17	6
2050	2	5	16	24	29	29	21	9
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	3	12	22	27	27	16	4
2050	2	4	14	24	29	29	20	7
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	2	9	18	25	24	14	4
2050	1	3	11	22	27	28	18	6
PR								
1971-2000	0	2	10	21	26	25	15	4

2030	1	3	12	23	28	27	17	4
2050	1	3	14	25	30	29	21	7
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	2	10	20	28	26	16	4
2050	1	3	13	24	29	29	20	7

Tabela 29. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani) za period 1971-2000 za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	2	6	12	13	4	1
2050	0	3	9	17	19	7	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	3	8	15	15	5	1
2050	0	4	11	19	20	8	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	0	2	6	12	12	4	0
2050	1	3	9	17	18	7	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	2	7	14	15	5	1
2050	1	4	11	19	20	8	2
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	0	3	8	14	15	5	1
2050	1	4	12	19	20	8	2
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	3	9	15	16	5	1
2050	1	5	12	19	21	9	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	3	9	16	17	6	1
2050	1	5	13	21	22	10	2
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	0	3	9	16	16	6	1
2050	1	4	13	20	21	9	1
DM							
1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	1	6	12	13	4	1
2050	0	2	9	17	18	7	1
PR							

1971-2000	0	2	8	13	14	5	0
2030	0	2	11	18	17	6	1
2050	0	4	15	23	23	10	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	8	15	15	5	1
2050	0	3	11	20	20	8	1

Tabela 30. Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C

Lokalitet	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2030.	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2050.
NS	1779,3	2075,6
SO	1818,7	2097,4
PO	1566,2	1870,1
KR	17584	2081,9
KU	17525	2064,4
CU	1706,0	2020,5
NI	1886,5	2204,7
ZA	1700,3	1990,6
DM	1519,8	1828,7
PR	2011,5	2317,3
VR	1721,3	2046,9

HADCM A2 2030 i 2050

Tabela 31. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	God.	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	13,0	6,1	2,6	19,9	12,8	17,3	23,1
2050	14,4	7,2	3,7	21,6	13,8	18,5	25,2
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,9	5,8	2,3	20,0	12,8	17,4	23,3
2050	14,3	6,9	3,3	21,7	13,8	18,6	25,4
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,8	4,9	1,2	18,8	11,6	16,1	22,0
2050	13,2	5,9	2,2	20,5	12,6	17,4	24,2
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	13,1	6,2	2,8	19,9	12,8	17,3	23,1
2050	14,5	7,3	3,8	21,7	13,8	18,6	25,3
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	13,0	6,1	2,7	19,8	12,6	17,2	23,1
2050	14,4	7,1	3,7	21,6	13,7	18,5	25,3
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,9	6,0	2,6	19,7	12,6	17,1	22,9
2050	14,3	7,1	3,6	21,4	13,6	18,4	25,1
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,6	6,7	3,2	20,5	13,2	17,7	23,8
2050	15,0	7,7	4,2	22,3	14,2	19,0	26,1
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	12,5	5,3	2,0	19,6	12,1	17,0	22,9
2050	13,8	6,4	3,1	21,3	13,1	18,2	25,0
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	12	5,3	1,9	18,7	11,4	15,9	21,9
2050	13,4	6,3	2,8	20,5	12,4	17,1	24,2
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	25,5
2030	13,9	6,8	3,3	21	13,3	18,1	24,6
2050	15,3	7,8	4,3	22,8	14,3	19,4	26,8

VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,7	5,9	2,4	19,6	12,1	16,7	23
2050	14,2	6,8	3,3	21,5	13,1	17,9	25,3

Tabela 32. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971-2000, 2030 i 2050							
Lok,	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	598,4	282,4	125,6	317,5	149,1	174,7	170,6
2050	583,3	298,2	132,2	286,7	150,1	165,4	145,0
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339,0	134,9	176,5	194,6
2030	570,7	277,9	131,9	294,0	135,7	157,5	148,7
2050	557,4	293,1	140,1	265,6	136,4	151,5	126,7
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	719,0	338,0	156,9	382,3	176,7	204,5	191,5
2050	691,3	350,4	163,9	342,3	174,9	191,1	163,5
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	725,6	342,1	165,9	384,8	189,5	211,6	190,9
2050	699,3	353,0	172,2	347,6	189,0	199,9	164,7
KS							
1971-2000	598,1	228,0	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	617,7	293,5	138,0	325,4	162,9	182,3	160,2
2050	599,7	303,1	142,9	297,9	163,9	173,8	140,6
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	637,2	305,1	148,2	333,3	177,7	191,5	153,2
2050	622,6	316,5	153,7	307,3	180,5	184,0	133,8
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	570,1	283,6	135,4	287,8	155,6	159,9	127,4
2050	553,7	291,1	139,5	264,0	155,3	151,9	112,6
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	588,6	295,1	140,7	294,9	162,1	170,7	134,0
2050	582,4	307,7	145,9	276,1	167,4	166,7	117,5

DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2
2030	588,7	277,8	124,3	312,2	159,0	178,7	154,7
2050	568,1	285,3	127,6	284,1	158,0	168,7	135,6
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	764,5	450,4	215,8	316,4	177,8	161,5	141,9
2050	745,8	462,9	224,5	285,2	175,2	151,5	125,7
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	576,8	287,0	132,6	291,2	148,5	162,5	133,9
2050	559,6	293,1	136,7	267,8	146,2	153,7	121,7

Tabela 33. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	3,5	31,5	46,4	-11,7	1,4	-8,8	-18,0
SO	2,5	29,4	53,0	-13,3	0,6	-10,8	-23,6
PO	5,0	38,6	67,6	-12,2	-0,8	-10,1	-18,1
KR	3,8	31,7	50,4	-11,1	1,8	-9,1	-17,6
KS	3,3	28,7	39,8	-10,8	0,9	-9,7	-15,9
CU	4,8	28,3	37,2	-8,7	4,2	-6,7	-16,1
NI	3,7	26,2	35,4	-10,0	-0,6	-9,7	-15,6
ZA	10,2	42,4	72,2	-8,5	0,9	-7,1	-15,4
DM	4,0	34,1	46,0	-11,7	0,4	-10,1	-16,0
PR	8,5	34,4	50,3	-13,1	0,4	-11,7	-16,8
VR	5,6	27,8	41,9	-8,3	-0,8	-8,9	-11,8

Tabela 34. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	0,9	38,8	54,1	-20,2	2,1	-13,6	-30,3
SO	0,1	36,5	62,5	-21,6	1,1	-14,2	-34,9
PO	1,0	43,7	75,1	-21,4	-1,8	-16,0	-30,1
KR	0,1	35,9	56,1	-19,7	1,5	-14,2	-28,9
KS	0,3	32,9	44,7	-18,3	1,5	-13,9	-26,2
CU	2,4	33,1	42,3	-15,8	5,8	-10,4	-26,7
NI	0,8	29,5	39,5	-17,4	-0,8	-14,2	-25,4
ZA	9,0	48,5	78,5	-14,3	4,2	-9,3	-25,8
DM	0,4	37,7	49,9	-19,6	-0,2	-15,1	-26,4
PR	5,9	38,1	56,3	-21,6	-1,1	-17,1	-26,3
VR	2,5	30,5	46,2	-15,6	-2,3	-13,8	-19,8

Agroklimatski indeksi 1971-2000, 2030 i 2050.

Tabela 35. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	30.03.	04.11.
2050	25.03.	12.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	31.03.	29.10.
2050	27.03.	04.11.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	13.04.	29.10.
2050	07.04.	04.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	31.03.	01.11.
2050	24.03.	07.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	04.04.	27.10.
2050	01.04.	02.11.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	14.04.	27.10.
2050	10.04.	02.11.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	29.03.	05.11.
2050	25.03.	10.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	12.04.	25.10.
2050	04.04.	31.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	11.04.	26.10.
2050	03.04.	02.11.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	22.03.	08.11.
2050	16.03.	09.11.
VR		

1971-2000	10.04.	21.10.
2030	01.04.	01.11.
2050	27.03.	07.11.

Tabela 36. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	22	15	9	1	1	7	15
2050	20	12	7	1	0	5	12
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	22	17	9	1	1	8	16
2050	20	14	7	1	1	6	13
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	25	20	13	3	2	11	20
2050	24	17	11	1	1	8	18
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	22	15	8	1	1	8	16
2050	20	12	7	0	1	6	13
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	22	16	9	1	2	9	16
2050	20	13	7	1	1	7	14
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	22	16	11	2	2	8	16
2050	20	13	9	2	1	6	13
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	21	14	8	1	1	7	14
2050	19	12	6	0	1	5	12
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	24	18	12	2	2	11	18
2050	23	15	10	1	1	8	15
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	24	18	13	2	2	10	18
2050	22	16	11	1	1	8	15
PR							
1971-2000	21	15	7	0	1	9	7
2030	19	12	5	0	1	6	14

2050	17	9	4	0	0	4	11
VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	23	16	9	1	1	9	17
2050	21	13	7	1	1	7	14

Tabela 37. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani - *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	6	2	1	1	3
2050	5	1	0	1	2
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	6	3	1	1	3
2050	5	2	0	1	2
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	7	2	1	1	5
2050	6	1	0	1	3
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	5	2	1	1	3
2050	4	1	0	0	2
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	5	2	1	1	2
2050	4	1	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	2
2050	4	2	0	0	2
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	5	1	1	1	2
2050	4	1	0	1	1
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	7	3	1	1	2
2050	6	2	1	1	2
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	6	3	1	1	3
2050	5	2	1	1	2
PR					

1971-2000	6	2	0	1	5
2030	5	1	0	1	3
2050	4	0	0	1	2
VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	1	1	1	2
2050	4	1	0	0	1

Tabela 38. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – *summer days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. god. za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	3	12	21	27	27	17	4
2050	1	4	15	24	30	30	20	7
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	14	22	28	28	17	5
2050	1	5	16	24	30	30	22	7
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	12	20	26	26	15	4
2050	1	5	15	23	29	29	19	6
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	4	13	21	28	27	17	5
2050	1	5	16	24	30	30	21	7
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	4	14	21	28	28	18	5
2050	1	6	16	24	30	30	21	7
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	14	22	28	28	17	5
2050	1	6	17	24	30	30	21	7
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	1	4	15	23	28	28	19	6
2050	2	6	18	25	30	30	22	8
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	4	14	23	29	29	18	5
2050	1	5	17	25	30	30	22	7
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	3	10	19	27	27	16	4
2050	1	4	13	22	29	29	21	6
PR								

1971-2000	0	1	10	20	26	25	14	2
2030	1	3	13	24	29	29	19	5
2050	1	4	16	26	31	30	22	7
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	3	11	21	28	28	18	4
2050	1	4	15	24	30	30	22	7

Tabela 39. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani – *tropical days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	3	8	16	17	5	1
2050	1	5	12	22	23	8	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	4	10	18	19	6	1
2050	1	6	13	24	24	10	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	1	3	8	15	15	5	1
2050	1	4	12	21	22	8	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	1	3	9	17	18	6	1
2050	1	5	13	23	24	10	2
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	1	3	10	17	18	6	1
2050	1	5	14	23	24	10	2
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	4	10	18	19	7	1
2050	1	6	14	23	25	10	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	4	11	19	21	8	1
2050	1	6	15	25	26	12	2
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	1	3	11	19	20	7	1
2050	1	5	15	25	25	10	1
DM							
1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	2	7	15	17	5	1
2050	1	3	11	22	23	9	1

PR							
1971-2000	0	1	7	12	13	3	0
2030	0	3	12	21	20	7	1
2050	1	5	17	26	26	12	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	9	18	19	7	1
2050	1	4	13	24	25	11	1

Tabela 40. Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C

Lokaliteti	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2030. godinu	Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C za 2050. godinu
NS	1851,0	2207,7
SO	1883,9	2240,2
PO	1633,4	2008,7
KR	1835,6	2223,2
KU	1818,1	2220,5
CU	1780,2	2158,3
NI	1959,5	2352,6
ZA	1767,7	2131,2
DM	1593,4	1973,1
PR	2080,8	2465,4
VR	1794,4	2189,1

NCAR A1B 2030 i 2050. godina

Tabela 41. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	12,4	5,9	2,4	18,9	12,4	16,6	21,9
2050	13,2	6,6	3,1	19,8	13,0	17,3	22,9
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,3	5,6	2,0	19,1	12,4	16,8	22,1
2050	13,2	6,4	2,8	20,0	13,0	17,4	23,1
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,2	4,6	0,8	17,8	11,1	15,4	20,8
2050	12,0	5,3	1,5	18,7	11,7	16,1	21,8
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	12,4	5,9	2,5	18,9	12,4	16,6	21,9
2050	13,3	6,7	3,2	19,8	13,0	17,3	23,0
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	12,3	5,8	2,4	18,8	12,2	16,6	21,8
2050	13,2	6,6	3,1	19,7	12,8	17,2	22,9
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,2	5,8	2,3	18,7	12,1	16,4	21,7
2050	13,1	6,5	3,1	19,6	12,7	17,1	22,8
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,0	6,5	3,0	19,5	12,8	17,1	22,5
2050	13,8	7,2	3,7	20,4	13,4	17,7	23,7
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	11,9	5,1	1,7	18,7	11,7	16,3	21,8
2050	12,7	5,9	2,5	19,6	12,3	16,9	22,9
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	11,3	5,0	1,6	17,6	10,9	15,2	20,6
2050	12,2	5,8	2,3	18,6	11,5	15,9	21,8
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	25,5
2030	13,3	6,6	3,0	20,0	12,9	17,4	23,3
2050	14,1	7,3	3,7	20,9	13,5	18,1	24,5

VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,1	5,6	2,1	18,5	11,7	16,0	21,7
2050	12,9	6,4	2,8	19,5	12,3	16,7	22,8

Tabela 42. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971-2000, 2030 i 2050							
Lok,	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	603,7	267,7	123,1	337,4	154,8	187,2	182,5
2050	590,4	270,6	127,3	321,2	160,3	187,5	165,7
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339,0	134,9	176,5	194,6
2030	578,2	263,7	127,2	315,7	141,8	167,3	161,4
2050	567,3	265,9	130,6	302,6	147,3	168,2	147,8
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	715,8	322,1	152,8	394,9	186,6	218,9	190,6
2050	686,9	321,1	156,0	367,1	192,5	216,6	164,1
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	716,4	326,6	161,7	391,1	198,1	222,9	185,1
2050	686,2	325,6	164,7	361,8	204,4	220,0	157,2
KS							
1971-2000	598,1	228,0	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	604,2	280,4	134,5	325,0	169,0	189,6	151,0
2050	577,6	279,5	136,5	299,3	174,3	186,2	126,5
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	625,4	291,7	145,5	334,9	182,5	199,0	146,8
2050	603,0	292,0	148,0	312,1	188,7	196,9	124,6
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	558,2	272,8	132,7	286,6	162,0	165,8	116,5
2050	535,7	271,8	134,3	265,1	166,8	162,8	95,9
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	579,5	283,4	139,2	297,4	164,9	176,1	132,5
2050	565,4	285,6	142,6	281,1	171,7	175,8	115,5

DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2
2030	568,7	266,7	121,9	303,2	165,6	182,8	137,2
2050	537,4	265,2	123,2	273,3	169,7	176,4	108,9
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	744,0	430,0	208,6	316,1	186,0	168,4	126,4
2050	712,8	426,6	211,1	288,3	189,5	164,2	102,2
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	553,5	273,2	129,2	281,6	155,3	165,0	113,1
2050	523,5	269,2	130,4	255,5	158,3	159,0	89,2

Tabela 43. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	4,5	24,6	43,5	-6,1	5,3	-2,3	-12,3
SO	3,9	22,7	47,6	-6,9	5,1	-5,2	-17,1
PO	4,6	32,1	63,2	-9,3	4,8	-3,7	-18,5
KR	2,5	25,7	46,6	-9,6	6,4	-4,2	-20,1
KS	1,0	23,0	36,2	-10,9	4,7	-6,0	-20,7
CU	2,8	22,7	34,7	-8,3	7,0	-3,1	-19,6
NI	1,6	21,4	32,7	-10,3	3,5	-6,4	-22,8
ZA	8,5	36,8	70,4	-7,7	2,7	-4,2	-16,3
DM	0,5	28,7	43,3	-14,2	4,6	-8,0	-25,5
PR	5,6	28,3	45,3	-13,1	5,0	-7,9	-25,9
VR	1,4	21,6	38,1	-11,3	3,8	-7,5	-25,5

Tabela 44. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	2,2	26,0	48,4	-10,6	9,0	-2,1	-20,3
SO	1,9	23,8	51,5	-10,7	9,2	-4,7	-24,1
PO	0,3	31,7	66,7	-15,7	8,1	-4,7	-29,8
KR	-1,8	25,3	49,3	-16,4	9,8	-5,5	-32,1
KS	-3,4	22,6	38,3	-17,9	8,0	-7,7	-33,6
CU	-0,8	22,8	37,1	-14,5	10,6	-4,2	-31,8
NI	-2,5	20,9	34,3	-17,1	6,6	-8,1	-36,4
ZA	5,9	37,9	74,5	-12,8	6,9	-4,3	-27,1
DM	-5,1	28,0	44,8	-22,7	7,2	-11,2	-40,9
PR	1,2	27,3	47,0	-20,8	7,0	-10,2	-40,1
VR	-4,1	19,9	39,4	-19,5	5,8	-10,8	-41,2

Agroklimatski indeksi 1971-2000, 2030 i 2050.

Tabela 45. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	02.04.	03.11.
2050	29.03.	08.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	03.04.	28.10.
2050	31.03.	31.10.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	16.04.	28.10.
2050	13.04.	02.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	04.04.	31.10.
2050	31.03.	04.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	07.04.	26.10.
2050	04.04.	30.10.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	17.04.	25.10.
2050	15.04.	30.10.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	01.04.	03.11.
2050	28.03.	07.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	16.04.	21.10.
2050	12.04.	27.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	13.04.	24.10.
2050	10.04.	30.10.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	24.03.	06.11.
2050	20.03.	11.11.
VR		

1971-2000	10.04.	21.10.
2030	06.04.	31.10.
2050	02.04.	05.11.

Tabela 46. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	22	16	9	1	1	7	17
2050	19	14	7	1	0	6	15
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	22	18	10	1	1	9	17
2050	20	16	8	1	1	7	16
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	25	21	14	3	2	11	21
2050	24	19	12	3	1	10	20
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	22	16	9	1	1	8	17
2050	20	14	7	1	1	7	16
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	22	17	10	2	2	10	18
2050	20	15	8	1	1	8	16
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	22	17	11	3	2	9	18
2050	20	16	9	3	1	7	16
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	21	15	18	1	1	8	16
2050	19	13	6	1	1	6	14
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	24	19	12	3	2	11	20
2050	22	17	10	2	1	9	19
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	24	19	13	3	2	10	19
2050	22	17	11	2	1	9	18
PR							
1971-2000	21	15	7	0	1	9	7

2030	19	13	6	1	1	6	15
2050	17	11	4	0	0	5	14
VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	23	17	9	1	1	9	18
2050	21	15	8	1	1	7	17

Tabela 47. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani - *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	6	2	1	1	3
2050	4	2	1	1	3
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	6	3	1	1	4
2050	4	2	0	1	3
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	7	2	1	1	6
2050	5	2	0	1	5
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	5	2	1	1	3
2050	4	1	0	1	3
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	5	2	1	1	3
2050	4	2	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	4	2	0	1	3
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	3
2050	4	1	0	1	3
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	7	3	1	1	3
2050	5	2	1	1	3
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	5	3	1	1	3
2050	4	2	1	1	3
PR					

1971-2000	6	2	0	1	5
2030	4	1	0	1	4
2050	4	1	0	1	3
VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	0	1	2

Tabela 48. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – *summer days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. god. za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	2	11	19	25	25	14	4
2050	1	3	12	21	27	27	17	5
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	27	26	15	4
2050	1	4	14	21	28	28	17	6
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	10	18	24	24	13	4
2050	1	3	12	20	26	26	15	5
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	3	12	19	26	25	15	4
2050	1	4	14	21	27	27	17	6
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	3	12	20	25	25	15	4
2050	1	4	14	22	27	27	18	6
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	13	20	26	26	15	4
2050	1	4	14	22	28	28	18	6
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	1	4	14	21	27	26	16	5
2050	2	4	15	23	28	28	19	7
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	3	13	22	27	27	16	4
2050	1	4	14	23	29	29	18	5
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	2	9	17	25	24	14	4
2050	1	3	11	20	27	26	16	5

PR								
1971-2000	0	1	10	20	26	25	14	2
2030	1	3	12	23	28	27	17	4
2050	1	3	13	24	29	28	19	5
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	2	10	19	26	26	15	4
2050	1	3	12	22	28	28	18	5

Tabela 49. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani – *tropical days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	2	6	12	13	3	1
2050	0	3	8	15	16	5	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	3	7	15	15	4	1
2050	0	4	9	18	18	6	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	0	2	5	11	11	4	0
2050	1	3	7	14	14	5	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	1	2	7	14	14	4	1
2050	1	3	9	17	17	6	1
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	0	3	8	13	14	5	1
2050	1	4	10	17	18	6	1
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	3	8	14	16	5	1
2050	1	4	10	17	19	7	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	3	9	16	17	6	1
2050	1	4	11	19	20	8	1
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	0	3	9	16	16	5	1
2050	0	4	11	19	20	7	1
DM							
1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	1	5	12	13	4	1

2050	0	2	7	15	16	5	1
PR							
1971-2000	0	1	7	12	13	3	0
2030	0	2	10	17	17	6	1
2050	0	3	12	21	20	8	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	7	14	15	5	1
2050	0	3	9	18	18	7	1

Tabela 50. Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C

Lokaliteti	Suma efektivnih temperatura za 2030. godinu	Suma efektivnih temperatura za 2050. godinu
NS	1659,9	1858,1
SO	1697,0	1887,1
PO	1433,4	1631,1
KR	1632,6	1844,1
KU	1623,8	1826,0
CU	1569,6	1785,6
NI	1754,4	1962,8
ZA	1597,3	1784,2
DM	1395,9	1596,7
PR	1890,1	2093,3
VR	1582,8	1796,9

NCAR A2 2030 I 2050. godina

Tabela 51. Srednja temperatura vazduha za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Srednja temperatura vazduha (°C) za period 1971.-2000. 2030 i 2050							
Lok.	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	11,4	4,9	1,4	17,9	11,6	15,9	20,7
2030	12,6	6,0	2,5	19,1	12,5	16,8	22,1
2050	13,6	7,0	3,5	20,2	13,3	17,6	23,4
SO							
1971-2000	11,0	4,6	1,1	17,6	11,3	15,6	20,4
2030	12,5	5,7	2,2	19,3	12,5	16,9	22,3
2050	13,6	6,7	3,1	20,4	13,3	17,7	23,6
PO							
1971-2000	10,2	3,7	-0,1	16,7	10,4	14,6	19,4
2030	11,4	4,7	1,0	18,0	11,3	15,6	21,0
2050	12,4	5,7	1,9	19,1	12,0	16,4	22,4
KR							
1971-2000	11,4	5,1	1,6	17,8	11,6	15,8	20,6
2030	12,6	6,1	2,7	19,1	12,5	16,8	22,1
2050	13,6	7,0	3,5	20,2	13,3	17,6	23,5
KS							
1971-2000	11,3	5,0	1,5	17,7	11,4	15,7	20,5
2030	12,5	6,0	2,6	19,0	12,3	16,7	22,1
2050	13,6	6,9	3,4	20,2	13,1	17,5	23,5
CU							
1971-2000	11,2	4,8	1,4	17,6	11,3	15,6	20,3
2030	12,4	5,9	2,5	18,9	12,3	16,6	21,9
2050	13,5	6,9	3,4	20,1	13,0	17,4	23,3
NI							
1971-2000	11,9	5,6	2,1	18,4	12,0	16,2	21,2
2030	13,2	6,6	3,1	19,7	12,9	17,2	22,8
2050	14,2	7,5	4,0	20,8	13,7	18,0	24,2
ZA							
1971-2000	10,8	4,1	0,8	17,6	10,9	15,5	20,5
2030	12,1	5,2	1,9	18,9	11,8	16,5	22,0
2050	13,1	6,2	2,9	20,0	12,6	17,2	23,4
DM							
1971-2000	10,3	4,2	0,8	16,5	10,2	14,4	19,3
2030	11,5	5,2	1,8	17,9	11,1	15,4	20,9
2050	12,6	6,1	2,7	19,0	11,8	16,2	22,3
PR							
1971-2000	13,1	5,6	2,1	20,6	12,1	16,5	25,5
2030	13,5	6,7	3,2	20,2	13,0	17,6	23,6
2050	14,5	7,6	4,0	21,4	13,8	18,4	25,0

VR							
1971-2000	11,0	4,8	1,3	17,4	10,9	15,1	20,3
2030	12,3	5,8	2,3	18,8	11,9	16,2	21,9
2050	13,3	6,7	3,1	19,9	12,6	17,0	23,3

Tabela 52. Količina padavina za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji: godišnje vrednosti, O-M, DJF, A-S, MAM, AMJ i JJA period

Količina padavina (mm) za period 1971-2000, 2030 i 2050							
Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS							
1971-2000	577,9	214,8	85,8	359,4	147,0	191,5	208,0
2030	600,0	268,2	124,2	333,3	155,8	187,3	178,4
2050	585,0	272,1	128,9	314,3	163,1	187,7	158,4
SO							
1971-2000	556,7	214,8	86,2	339,0	134,9	176,5	194,6
2030	575,2	263,8	127,8	312,5	142,8	167,3	158,1
2050	563,0	267,3	132,5	296,9	150,2	168,7	141,7
PO							
1971-2000	684,6	243,8	93,6	435,6	178,1	227,4	233,8
2030	708,2	321,5	153,4	388,0	187,9	218,2	184,0
2050	675,1	320,9	157,5	355,4	195,2	215,8	152,8
KR							
1971-2000	698,8	259,8	110,3	432,7	186,2	232,8	231,6
2030	709,1	326,2	162,3	384,2	199,6	222,4	178,4
2050	674,0	325,8	166,2	349,5	207,6	218,6	145,1
KS							
1971-2000	598,1	228,0	98,7	364,8	161,4	201,8	190,4
2030	597,8	280,2	134,9	318,7	170,1	188,9	144,9
2050	567,2	279,3	137,4	289,1	177,0	185,0	116,4
CU							
1971-2000	608,1	237,8	108,0	365,1	170,6	205,4	182,6
2030	619,9	291,8	146,1	329,2	183,9	198,4	141,2
2050	594,4	292,2	149,4	303,3	192,1	196,6	115,5
NI							
1971-2000	549,5	224,8	100,0	319,6	156,5	177,1	150,9
2030	552,4	272,2	132,9	281,4	163,1	165,2	111,4
2050	526,6	271,6	135,1	256,2	169,0	161,4	87,5
ZA							
1971-2000	534,1	207,2	81,7	322,3	160,6	183,8	158,3
2030	575,8	283,7	139,7	293,4	166,4	176,0	128,3
2050	560,3	287,1	144,3	274,5	175,1	176,0	108,2

DM							
1971-2000	566,0	207,2	85,1	353,4	158,3	198,7	184,2
2030	561,1	266,6	122,3	295,7	166,6	181,2	130,1
2050	524,6	265,0	124,0	260,8	171,4	173,5	97,3
PR							
1971-2000	704,4	335,2	143,6	363,9	177,1	182,8	170,6
2030	735,6	428,6	208,9	309,1	186,5	167,3	120,4
2050	700,5	425,3	212,4	277,2	191,2	162,6	92,4
VR							
1971-2000	546,0	224,6	93,5	317,5	149,6	178,3	151,8
2030	546,2	272,5	129,5	275,0	156,0	163,4	107,1
2050	512,1	267,6	130,8	245,7	160,2	156,9	79,7

Tabela 53. Relativna promena količine padavina (%) za 2030. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	3,8	24,8	44,8	-7,3	6,0	-2,2	-14,2
SO	3,3	22,8	48,2	-7,8	5,9	-5,2	-18,7
PO	3,4	31,9	63,8	-10,9	5,5	-4,1	-21,3
KR	1,5	25,5	47,1	-11,2	7,2	-4,5	-23,0
KS	-0,1	22,9	36,7	-12,6	5,4	-6,4	-23,9
CU	1,9	22,7	35,3	-9,8	7,8	-3,4	-22,7
NI	0,5	21,1	32,9	-12,0	4,2	-6,7	-26,2
ZA	7,8	36,9	71,0	-9,0	3,6	-4,3	-18,9
DM	-0,9	28,7	43,7	-16,3	5,2	-8,8	-29,4
PR	4,4	27,9	45,5	-15,1	5,3	-8,5	-29,4
VR	0,0	21,3	38,5	-13,4	4,3	-8,3	-29,5

Tabela 54. Relativna promena količine padavina (%) za 2050. godinu

Lokalitet	godina	O-M	DJF	A-S	MAM	AMJ	JJA
NS	1,2	26,7	50,2	-12,5	10,9	-2,0	-23,9
SO	1,1	24,4	53,7	-12,4	11,3	-4,4	-27,2
PO	-1,4	31,6	68,2	-18,4	9,6	-5,1	-34,6
KR	-3,5	25,4	50,7	-19,2	11,5	-6,1	-37,4
KS	-5,2	22,5	39,2	-20,8	9,7	-8,3	-38,9
CU	-2,3	22,9	38,4	-16,9	12,6	-4,3	-36,8
NI	-4,2	20,8	35,1	-19,8	8,0	-8,9	-42,0
ZA	4,9	38,6	76,6	-14,8	9,0	-4,2	-31,6
DM	-7,3	27,9	45,8	-26,2	8,3	-12,7	-47,2
PR	-0,6	26,9	47,9	-23,8	8,0	-11,1	-45,8
VR	-6,2	19,1	39,9	-22,6	7,1	-12,0	-47,5

Agroklimatski indeksi 1971-2000, 2030 i 2050.

Tabela 55. Prosečni datumi nastupanja mraza za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

Station	Prolećni mraz	Jesenji mraz
NS		
1971-2000	07.04.	28.10.
2030	01.04.	04.11.
2050	28.03.	11.11.
SO		
1971-2000	13.04.	22.10.
2030	02.04.	28.10.
2050	29.03.	03.11.
PO		
1971-2000	23.04.	20.10.
2030	15.04.	29.10.
2050	11.04.	03.11.
KR		
1971-2000	09.04.	23.10.
2030	04.04.	01.11.
2050	29.03.	07.11.
KU		
1971-2000	17.04.	22.10.
2030	06.04.	26.10.
2050	03.04.	02.11.
CU		
1971-2000	22.04.	19.10.
2030	16.04.	26.10.
2050	13.04.	02.11.
NI		
1971-2000	09.04.	26.10.
2030	31.03.	04.11.
2050	27.03.	09.11.
ZA		
1971-2000	22.04.	16.10.
2030	15.04.	23.10.
2050	09.04.	28.10.
DM		
1971-2000	22.04.	18.10.
2030	13.04.	26.10.
2050	09.04.	01.11.
PR		
1971-2000	22.03.	02.11.
2030	23.03.	07.11.
2050	18.03.	12.11.
VR		

1971-2000	10.04.	21.10.
2030	05.04.	31.10.
2050	30.03.	06.11.

Tabela 56. Prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (mrazni dani = *frost days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	IV	X	XI	XII
NS							
1971-2000	22	17	10	2	2	10	17
2030	21	15	9	1	1	7	16
2050	18	13	7	1	0	5	14
SO							
1971-2000	24	19	12	2	4	11	19
2030	22	17	9	1	1	9	17
2050	19	15	7	1	1	7	15
PO							
1971-2000	27	22	16	4	4	14	24
2030	25	20	13	3	2	11	21
2050	23	19	11	2	1	9	19
KR							
1971-2000	24	18	11	1	3	11	19
2030	21	15	8	1	1	8	17
2050	19	13	7	1	1	6	15
KU							
1971-2000	24	19	12	2	3	12	19
2030	22	16	9	2	2	10	18
2050	20	14	7	1	1	8	16
CU							
1971-2000	24	19	13	4	4	11	19
2030	21	17	10	3	2	8	17
2050	19	15	9	2	1	7	15
NI							
1971-2000	22	18	10	1	2	9	18
2030	20	15	8	1	1	7	15
2050	17	13	6	1	0	6	14
ZA							
1971-2000	26	21	15	4	4	14	23
2030	24	18	12	3	2	11	20
2050	21	16	10	2	1	9	18
DM							
1971-2000	25	20	15	4	4	13	21
2030	24	19	13	3	2	10	19
2050	21	17	10	2	1	8	17
PR							
1971-2000						8	16
2030	19	12	5	0	1	6	15

2050	16	11	4	0	0	5	13
VR							
1971-2000	24	19	12	2	3	11	20
2030	22	17	9	1	1	9	18
2050	20	15	7	1	1	7	16

Tabela 57. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha manjom od 0 °C (ledeni dani - *frosty*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	I	II	III	XI	XII
NS					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	0	1	3
SO					
1971-2000	8	3	1	1	5
2030	6	3	1	1	4
2050	4	2	0	1	3
PO					
1971-2000	8	3	1	1	7
2030	7	2	1	1	5
2050	5	1	0	1	4
KR					
1971-2000	6	2	1	1	4
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	0	0	2
KU					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	5	2	1	1	3
2050	3	1	0	1	2
CU					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	5	2	1	1	3
2050	3	2	0	0	2
NI					
1971-2000	6	3	1	1	4
2030	4	2	1	1	2
2050	3	1	0	1	2
ZA					
1971-2000	8	4	1	1	5
2030	7	3	1	1	3
2050	5	2	1	1	2
DM					
1971-2000	7	4	1	1	4
2030	5	3	1	1	3
2050	4	2	1	1	3
PR					
1971-2000	6	2	0	1	5

2030	4	1	0	1	4
2050	3	1	0	1	3
VR					
1971-2000	6	3	1	1	5
2030	4	2	1	1	3
2050	3	1	0	0	2

Tabela 58. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 25 °C (letnji dani – *summer days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. god. za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS								
1971-2000	0	2	10	16	22	23	12	2
2030	1	3	11	19	26	26	14	4
2050	1	3	13	21	28	28	18	6
SO								
1971-2000	0	2	10	16	23	23	12	3
2030	1	3	13	20	27	27	15	5
2050	1	4	14	22	29	28	19	7
PO								
1971-2000	0	2	8	15	21	20	11	2
2030	1	3	11	18	25	24	13	4
2050	1	4	13	21	27	27	17	5
KR								
1971-2000	0	2	10	17	23	23	12	3
2030	1	3	12	20	26	26	15	5
2050	2	4	14	22	28	28	18	6
KU								
1971-2000	0	2	10	17	23	22	13	3
2030	1	3	13	20	26	26	16	5
2050	2	4	15	22	28	28	19	7
CU								
1971-2000	0	3	11	18	23	23	13	3
2030	1	4	13	21	26	26	16	5
2050	1	5	15	23	28	28	19	6
NI								
1971-2000	0	3	11	19	24	25	15	4
2030	1	4	14	22	27	27	17	6
2050	2	5	16	24	29	29	20	8
ZA								
1971-2000	0	2	11	20	25	25	14	3
2030	1	4	13	22	27	27	17	4
2050	1	4	15	24	29	29	20	6
DM								
1971-2000	0	2	7	15	21	21	12	2
2030	1	2	9	18	25	25	14	4
2050	1	3	11	20	27	27	18	5
PR								

1971-2000	0	2	10	21	26	25	15	4
2030	1	3	12	23	28	27	17	4
2050	1	3	14	25	30	29	20	6
VR								
1971-2000	0	1	8	17	23	24	14	2
2030	1	2	10	20	27	26	16	4
2050	1	3	12	23	29	28	19	6

Tabela 59. Prosečan broj dana sa maksimalnom temperaturom vazduha većom od 30 °C (tropski dani – *tropical days*) za period 1971-2000. za 2030. i 2050. godinu za jedanaest lokaliteta u Srbiji

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
NS							
1971-2000	0	1	4	9	9	2	0
2030	0	2	6	13	14	4	1
2050	0	3	8	17	18	6	1
SO							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	0	3	8	16	16	5	1
2050	0	5	10	19	20	7	1
PO							
1971-2000	0	1	4	7	8	2	0
2030	0	2	6	12	12	4	0
2050	1	3	8	16	16	6	1
KR							
1971-2000	0	1	5	9	10	2	0
2030	1	3	7	14	15	5	1
2050	1	4	10	18	19	7	1
KU							
1971-2000	0	1	5	10	11	3	0
2030	1	3	8	14	15	5	1
2050	1	4	10	18	19	7	1
CU							
1971-2000	0	1	6	10	12	3	0
2030	1	4	9	15	16	5	1
2050	1	5	11	19	20	8	1
NI							
1971-2000	0	1	7	12	14	4	0
2030	1	3	9	16	18	6	1
2050	1	5	12	20	21	9	2
ZA							
1971-2000	0	1	6	12	12	3	0
2030	0	3	9	17	17	6	1
2050	1	4	12	21	21	8	1
DM							
1971-2000	0	0	3	8	9	2	0
2030	0	2	6	13	13	4	1
2050	0	2	8	17	17	6	1

PR							
1971-2000	0	2	8	13	14	5	0
2030	0	3	10	18	17	6	1
2050	1	4	13	22	21	9	1
VR							
1971-2000	0	0	4	10	11	2	0
2030	0	2	7	15	16	5	1
2050	1	3	10	19	20	8	1

Tabela 60. Suma efektivnih temperatura iznad 10 °C

Lokaliteti	Suma efektivnih temperatura za 2030. godinu	Suma efektivnih temperatura za 2050. godinu
NS	1702,0	1950,5
SO	1737,1	1973,5
PO	1483,7	1731,0
KR	1676,9	1944,2
KU	1667,1	1925,5
CU	1622,3	1888,3
NI	1801,3	2065,4
ZA	1639,1	1881,3
DM	1436,2	1696,4
PR	1932,1	2194,2
VR	1628,4	1904,9

Tabela 61. Relativna promena prinosa zrna pšenice Balkan (%) dobijeni korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokaliteti	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	3	4	6	3	5	6	5	5	8	6	4	7
DM	-3	1	1	-3	-1	2	-3	0	3	-3	0	4
KR	1	0	2	2	0	3	3	1	4	4	2	5
KU	-9	-10	-6	-9	-10	-4	-10	-10	-5	-10	-11	-4
NI	0	-2	4	2	-2	4	-1	-2	5	0	-2	8
NS	-6	-6	-3	-6	-7	-2	-7	-7	-1	-6	-6	0
PO	-2	-6	-1	-4	-6	-1	-6	-6	2	-6	-6	2
SO	-12	-15	-10	-12	-15	-7	-11	-16	-7	-11	-16	-6
VR	-7	-5	-2	-7	-5	-2	-6	-3	-1	-9	-5	0
ZA	0	-2	1	-1	-7	1	1	1	4	3	3	5
PR	-4	-9	-4	-5	-5	-4	-1	-6	0	1	-4	2

Tabela 62. Rezultati promene broja dana proteklih od setve do cvetanja pšenice Balkan (broj dana) dobijeni koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

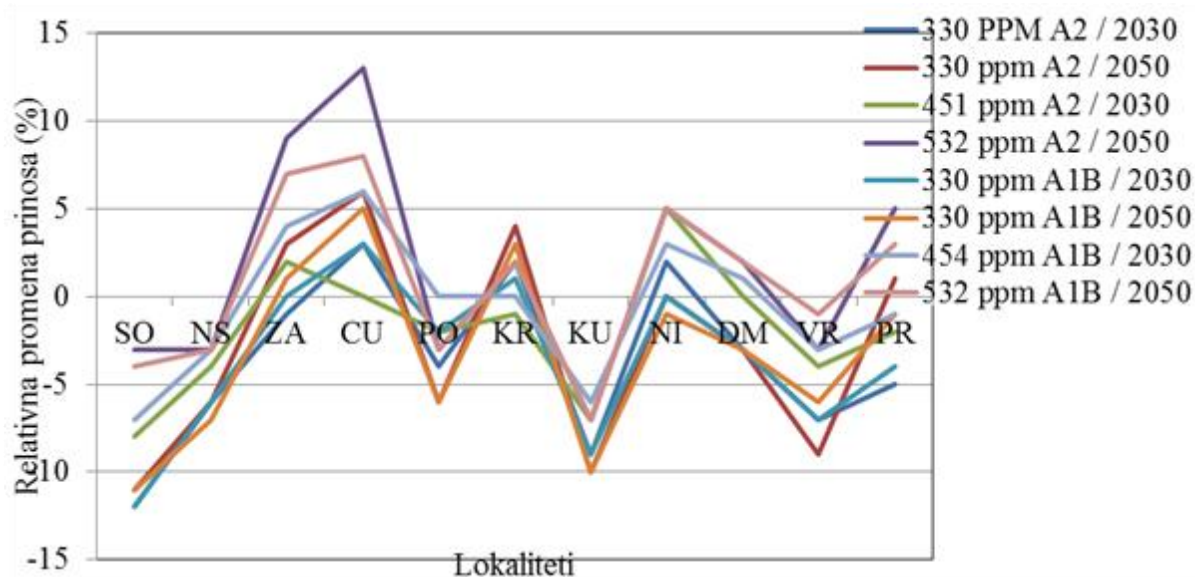
Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-8	-5	-8	-9	-6	-8	-12	-10	-11	-14	-16	-14
DM	-9	-8	-8	-10	-11	-9	-14	-15	-12	-16	-17	-14
KR	-9	-10	-9	-10	-11	-10	-14	-15	-13	-16	-17	-15
KS	-9	-9	-8	-10	-11	-9	-13	-14	-12	-15	-16	-14
NI	-9	-10	-8	-7	-11	-9	-14	-14	-12	-16	-16	-14
NS	-9	-6	-8	-10	-11	-9	-9	-11	-12	-15	-16	-14
PO	-6	-10	-9	-10	-11	-10	-12	-15	-9	-14	-17	-14
SO	-23	-24	-23	-24	-25	-20	-27	-28	-26	-29	-30	-28
VR	-9	-10	-9	-11	-11	-10	-10	-11	-13	-16	-17	-14
ZA	-5	-10	-5	-10	-11	-9	-13	-14	-12	-14	-17	-14
PR	-18	-23	-18	-23	-20	-22	-23	-24	-25	-29	-29	-27

Tabela 63. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja pšenice Balkan (broj dana) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-9	-7	-8	-10	-8	-9	-14	-12	-13	-16	-18	-16
DM	-11	-10	-10	-12	-13	-11	-17	-18	-15	-19	-21	-17
KR	-10	-12	-10	-11	-13	-11	-15	-17	-14	-17	-20	-16
KS	-11	-12	-10	-12	-13	-11	-16	-18	-14	-18	-20	-17
NI	-10	-11	-10	-8	-13	-11	-15	-17	-14	-18	-19	-16
NS	-10	-8	-10	-11	-13	-10	-11	-13	-14	-16	-19	-16
PO	-7	-12	-10	-12	-14	-11	-15	-18	-11	-17	-21	-17
SO	-24	-26	-24	-26	-27	-21	-29	-31	-28	-31	-34	-30
VR	-11	-12	-10	-12	-13	-11	-13	-14	-15	-19	-20	-17
ZA	-6	-12	-6	-11	-13	-11	-15	-17	-14	-17	-20	-16
PR	-21	-25	-20	-26	-23	-25	-26	-27	-28	-31	-33	-30

Tabela 64. Relativna promena prinosa zrna pšenice Balkan (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM; H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	6	7	8	0	7	8	8	9	12	13	8	9
DM	1	3	5	0	2	5	2	5	9	2	6	9
KR	0	-1	0	-1	-2	1	2	0	2	2	0	3
KU	-6	-7	-3	-7	-7	-3	-7	-7	-1	-7	-8	-1
NI	3	1	5	5	1	7	5	3	10	5	3	13
NS	-3	-3	0	-4	-4	0	-3	-3	2	-3	-3	3
PO	0	-4	1	-2	-4	1	-3	-3	6	-3	-3	5
SO	-7	-10	-5	-8	-11	-3	-4	-9	0	-3	-9	1
VR	-3	-1	1	-4	-2	1	-1	2	4	-3	0	5
ZA	4	2	5	2	2	4	7	7	10	9	9	11
PR	-1	-5	-1	-2	-1	-1	3	-1	4	5	0	6



Slika 1. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna pšenice u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

Tabela 65. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-48	-46	-46	-52	-50	-49	-60	-57	-59	-63	-61	-63
DM	-34	-36	-34	-39	-35	-39	-51	-49	-52	-57	-56	-59
KR	-40	-34	-33	-45	-39	-37	-56	-50	-49	-61	-55	-55
KU	-37	-30	-38	-43	-35	-44	-54	-47	-58	-59	-52	-64
NI	-21	-18	-36	-25	-21	-41	-38	-30	-58	-42	-35	-65
NS	-43	-37	-31	-47	-41	-35	-58	-52	-45	-63	-58	-50
PO	-36	-24	-24	-42	-29	-29	-58	-44	-45	-66	-51	-54
SO	-48	-36	-29	-53	-40	-35	-64	-50	-49	-68	-54	-56
VR	-54	-47	-50	-58	-51	-55	-69	-61	-65	-73	-65	-69
ZA	-28	-26	-27	-32	-29	-31	-40	-39	-42	-45	-43	-47
PR	-24	-22	-20	-28	-24	-22	-39	-34	-34	-43	-39	-38

Tabela 66. Rezultati promene broja dana od setve do cvetanja kukuruza u uslovima bez navodnjavanja (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-3	-5	2	-4	-1	2	-7	-10	-6	-8	-11	-7
DM	-6	-6	-5	-8	-9	-6	-10	-13	-9	-13	-15	-11
KR	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-11	-7	-9	-13	-9
KS	-5	-6	-4	-5	-8	-5	-8	-11	-7	-10	-13	-9
NI	-4	-5	-3	-5	-6	-4	-7	-9	-6	-9	-11	-8
NS	-3	-6	-3	-4	-7	-4	-7	-11	-7	-9	-13	-8
PO	-5	-7	-5	-6	-9	-5	-9	-13	-8	-10	-15	-10
SO	-6	-8	-6	-7	-9	-6	-9	-12	-8	-10	-14	-10
VR	-13	-15	-12	-14	-16	-13	-19	-21	-16	-21	-24	-17
ZA	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-10	-7	-9	-12	-8
PR	1	-1	-12	-1	-1	1	-1	-4	-1	-3	-5	-2

Tabela 67. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja kukuruza u uslovima bez navodnjavanja (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	2030			2050			2030			2050		
	E	H	N	E	E	H	E	H	N	E	H	N
CU	-23	-28	-7	-26	-21	-10	-34	-41	-32	-37	-46	-36
DM	-24		-21	-28	-39	-25	-41	-53	-38	-48	-60	-44
KR	-24	-31	-22		-35	-25	-36	-45	-34	-41	-51	-39
KS	-20	-18	-20	-22	-22	-23	-28	-29	-30	-33	-34	-34
NI	-14	-15	-14	-16	-17	-16	-22	-23	-25	-25	-26	-29
NS	-30	-31	-27	-33	-34	-29	-41	-42	-37	-45	-45	-40
PO	-36	-37	-30	-43	-41	-35	-54	-54	-46	-60	-61	-54
SO	-24	-22	-17	-27	-25	-21	-33	-32	-28	-37	-35	-31
VR	-32	-39	-29	-36	-44	-33	-46	-55	-42	-51	-61	-47
ZA	-31	-34	-33	-36	-37	-34	-41	-45	-42	-45	-49	-45
PR	-14	-19	-12	-16	-21	-14	-23	-29	-21	-27	-33	-24

Tabela 68. Relativna promena prinosa (%) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni, korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-30	-30	-28	-33	-33	-30	-40	-39	-38	-44	-43	-42
DM	-30	-30	-28	-33	-33	-30	-42	-46	-43	-48	-51	-50
KR	-17	-18	-11	-21	-22	-14	-31	-32	-22	-37	-37	-27
KU	-28	-27	-24	-32	-30	-29	-42	-37	-38	-44	-41	-43
NI	-18	-18	-23	-19	-18	-24	-19	-19	-26	-18	-22	-28
NS	-17	-14	-8	-20	-17	-10	-27	-25	-15	-31	-31	-18
PO	1	3	6	-2	1	5	-12	-9	1	-19	-15	-3
SO	-23	-19	-15	-27	-20	-18	-32	-25	-22	-36	-30	-26
VR	-43	-44	-43	-48	-43	-43	-60	-59	-58	-64	-62	-62
ZA	-14	-15	-11	-17	-18	-14	-25	-27	-22	-30	-31	-26
PR	-12	-12	-9	-14	-15	-10	-24	-24	-17	-30	-31	-22

Tabela 69. Rezultati promene broja dana od setve do cvetanja u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-3	-5	-3	-4	-6	-4	-7	-10	-6	-8	-12	-8
DM	-7	-6	-6	-8	-10	-7	-11	-14	-10	-13	-15	-11
KR	-4	-7	-4	-5	-8	-5	-8	-11	-8	-9	-13	-9
KS	-5	-7	-4	-6	-8	-5	-8	-11	-8	-10	-13	-9
NI	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-8	-10	-7	-9	-11	-8
NS	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-11	-7	-9	-13	-8
PO	-5	-8	-5	-6	-9	-6	-9	-13	-9	-11	-15	-11
SO	-6	-8	-6	-6	-9	-6	-9	-12	-9	-10	-13	-10
VR	-10	-11	-9	-10	-14	-10	-15	-17	-14	-17	-21	-14
ZA	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-10	-7	-9	-12	-8
PR	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-4	-1	-3	-5	-2

Tabela 70. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodate vode po vegetacionoj sezoni (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	E	H	E	H	N	E	H	N
CU	-17	-24	-15	-20	-28	-18	-30	-39	-27	-34	-44	-32
DM	-24	-26	-21	-29	-39	-26	-41	-54	-36	-48	-61	-44
KR	-24	-31	-22	-27	-35	-25	-37	46	-34	-41	-51	-39
KS	-21	-27	-19	-24	-31	-21	-32	-41	-30	-37	-46	-34
NI	-13	-18	-11	-15	-21	-14	-22	-30	-20	-26	-33	-25
NS	-20	-26	-18	-22	-30	-21	-30	-39	-29	-34	-44	-33
PO	-23	-32	-19	-27	-37	-24	-40	-51	-36	-46	-58	-42
SO	-18	-24	-16	-20	-27	-18	-29	-37	-27	-33	-42	-30
VR	-28	-37	-26	-27	-41	-29	-43	-52	-40	-48	-58	-44
ZA	-20	-28	-19	-23	-32	-23	-33	-43	-32	-38	-48	-37
PR	-14	-19	-12	-17	-21	-14	-23	-29	-21	-27	-33	-24

Tabela 71. Relativna promena prinosa (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci, koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-1	-1	0	-1	-2	0	-4	-5	-3	-5	-7	-3
DM	8	9	9	8	8	8	5	5	6	3	4	5
KR	-9	-12	-6	-11	-14	-8	-18	-21	-14	-21	-24	-18
KU	0	0	1	0	0	0	-4	-4	-2	-6	-7	3
NI	2	2	2	1	1	1	0	0	0	-1	0	-1
NS	-8	-12	-5	-10	-14	-6	-16	-21	-13	-19	-25	-18
PO	7	7	8	7	6	8	5	3	6	3	0	5
SO	2	1	2	2	0	2	0	-2	0	-1	-4	0
VR	0	-1	1	-1	-2	0	-4	-5	-2	-6	-8	-3
ZA	-2	-6	-1	-4	-8	-2	-9	-15	-7	-11	-19	-9
PR	1	1	1	0	0	1	-3	-2	-1	-5	-3	-2

Tabela 72. Rezultati promene broja dana od setve do cvetanja kukuruza (broj dana) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

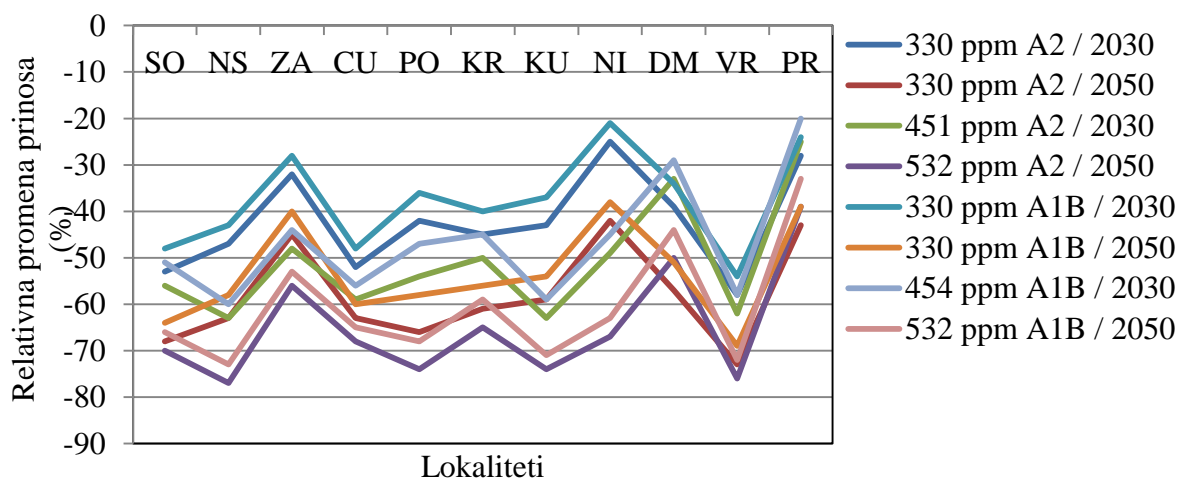
Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-3	-5	-3	1	-1	1	-6	-9	-6	-8	-11	-7
DM	-6	-5	-5	-7	-9	-6	-10	-13	-9	4	-15	-11
KR	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-13	-7	-9	-12	-8
KS	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-11	-7	-9	-12	-8
NI	-4	-6	-4	-5	-7	-4	-8	-10	-7	-9	-11	-8
NS	-4	-6	-4	-5	-7	-5	-7	-11	-7	-9	-13	-8
PO	-5	-7	-5	-6	-9	-5	-9	-13	-8	-10	-15	-10
SO	-6	-8	-6	-6	-9	-6	-9	-12	-9	-10	-14	-10
VR	-6	-7	-5	-7	-9	-6	-10	-12	-9	-11	-14	-10
ZA	-3	-6	-3	-4	-6	-4	-7	-10	-6	-8	-12	-8
PR	1	-1	1	1	-1	1	-2	-4	-1	-3	-5	-2

Tabela 73. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja (%) koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-17	-24	-15	-5	16	2	-29	-39	-27	-34	-44	-31
DM	-24	-23	-21	-28	-39	-25	-41	-53	-38	-12	-60	-44
KR	-24	-31	-22	-27	-35	-25	-36	-51	-34	-41	-50	-38
KS	-24	-32	-22	-28	-36	-25	-37	-46	-35	-42	-51	-39
NI	-19	-25	-17	-21	-28	-20	-29	-36	-27	-33	-41	-30
NS	-19	-27	-18	-22	-31	-21	-31	-41	-30	-35	-46	-34
PO	-23	-33	-20	-28	-38	-25	-41	-53	-37	-47	-59	-43
SO	-28	-35	-27	-30	-39	-29	-38	-48	-38	-42	-52	-41
VR	-25	-33	-23	-29	-38	-26	-39	-49	-36	-44	-54	-41
ZA	-19	-27	-18	-22	-31	-21	-32	-42	-31	-36	-47	-36
PR	-14	-19	-12	-17	-21	-14	-24	-29	-21	-27	-33	-24

Tabela 74. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

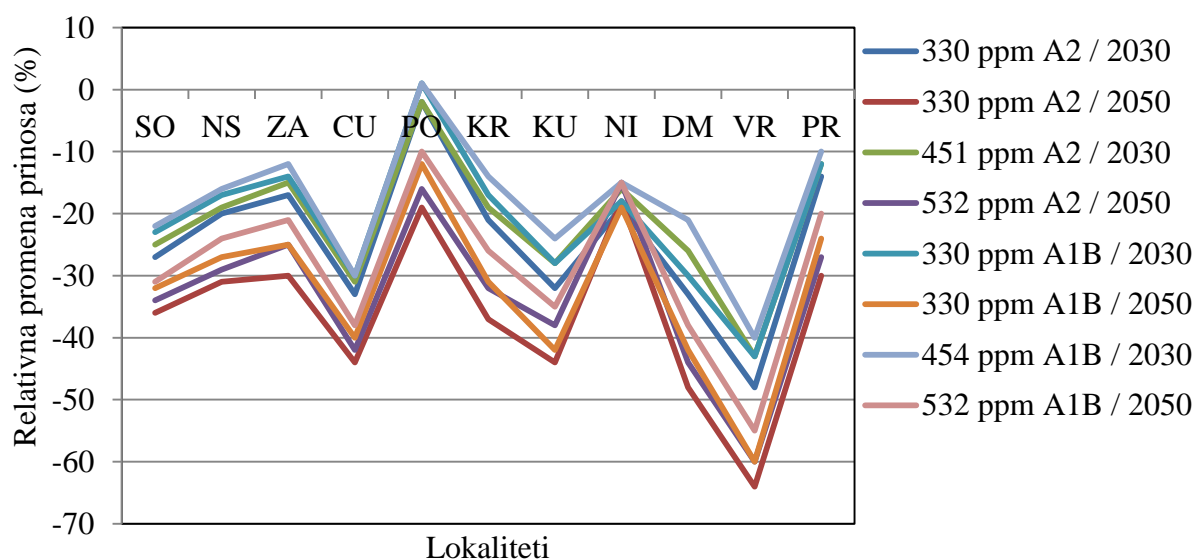
Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-56	-53	-58	-59	-57	-60	-65	-62	-65	-68	-66	-69
DM	-29	-30	-28	-33	-29	-34	-44	-45	-46	-50	-51	-52
KR	-45	-41	-39	-50	-44	-43	-59	-54	-53	-65	-59	-58
KU	-59	-52	-62	-63	-55	-66	-71	-64	-76	-74	-68	-81
NI	-45	-40	-54	-49	-45	-61	-63	-56	-78	-67	-59	-86
NS	-60	-55	-52	-63	-59	-55	-73	-68	-65	-77	-71	-69
PO	-47	-37	-37	-54	-42	-43	-68	-56	-56	-74	-62	-64
SO	-51	-40	-33	-56	-44	-41	-66	-54	-53	-70	-57	-57
VR	-58	-51	-57	-62	-54	-60	-72	-63	-70	-76	-66	-74
ZA	-44	-40	-46	-48	-43	-48	-53	-50	-57	-56	-53	-60
PR	-20	-19	-16	-25	-21	-19	-33	-29	-28	-39	-34	-33



Slika 2. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza (%) u ogledu bez navodnjavanja u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

Tabela 75. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima norme navodnjavanja od 180 mm dodatke vode korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

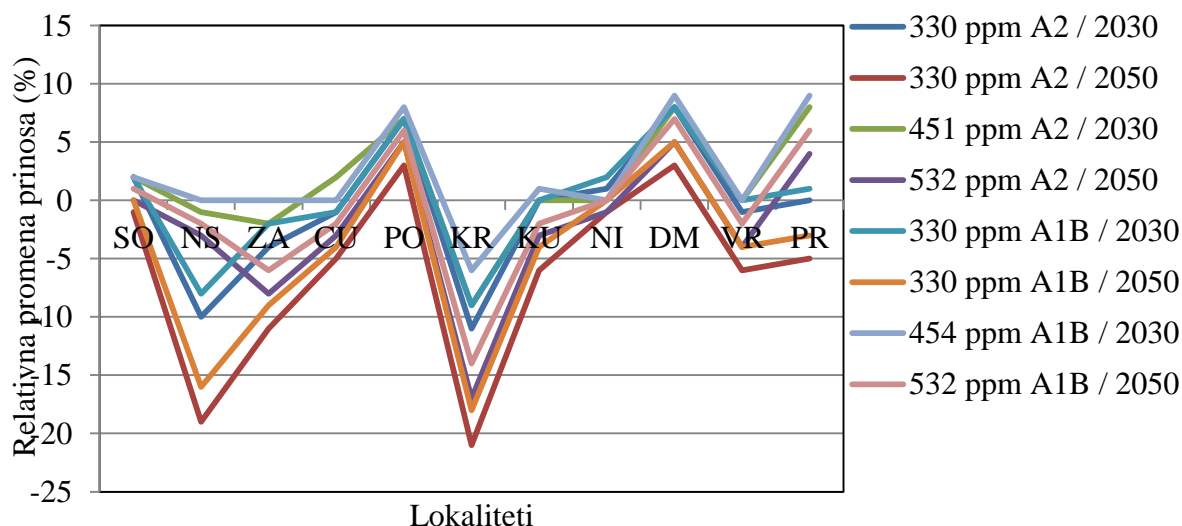
Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-30	-28	-26	-31	-31	-29	-38	-36	-35	-42	-39	-39
DM	-21	-20	-20	-26	-31	-24	-38	-43	-39	-44	-48	-47
KR	-14	-15	-8	-19	-19	-11	-26	-28	-17	-32	-33	-22
KU	-24	-24	-22	-28	-27	-25	-35	-32	-33	-38	-36	-37
NI	-15	-14	-20	-16	-17	-21	-15	-15	-23	-15	-17	-25
NS	-16	-13	-8	-19	-16	-10	-24	-23	-14	-29	-28	-16
PO	1	3	5	-2	1	4	-10	-7	1	-16	-12	-2
SO	-22	-18	-13	-25	-19	-17	-31	-23	-20	-34	-27	-23
VR	-40	-41	-37	-43	-46	-42	-55	-55	-53	-60	-58	-58
ZA	-12	-12	-9	-15	-16	-12	-21	-22	-17	-25	-27	-22
PR	-10	-10	-7	-12	-13	-8	-20	-21	-14	-27	-27	-19



Slika 3. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza u ogledu sa normom navodnjavanja 180 mm H₂O/veg. sez. u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

Tabela 76. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima norme navodnjavanja od 50% dostupne vode biljci, korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta. (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	0	0	1	2	2	3	-2	-3	0	-3	-4	-2
DM	9	8	9	8	8	9	7	6	8	5	5	7
KR	-6	-10	-4	-9	-12	-6	-14	15	-10	-17	-20	-14
KU	1	0	2	0	0	1	-2	-2	0	-3	-4	-1
NI	0	1	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	0
NS	0	-2	0	-1	-2	0	-2	-4	-2	-3	-6	-3
PO	8	7	8	7	7	8	6	4	7	5	2	6
SO	2	1	3	2	1	2	1	-1	1	0	-2	0
VR	0	0	1	0	-1	1	-2	-4	-1	-4	-6	-2
ZA	0	-4	0	-2	-6	0	-6	-11	-4	-8	-15	-6
PR	9	9	9	8	8	9	6	7	8	4	6	6



Slika 4. Prikaz poređenja relativne promene prinosa zrna kukuruza u ogledu sa normom navodnjavanja 50% dostupne vode biljci u budućim uslovima sa koncentracijom CO₂ od 330 ppm i očekivanom koncentracijom CO₂ po IPCC (2007)

Tabela 77. Relativna promena prinosa zrna soje II grupe zrenja (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci, korišćenjem tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (CO₂ = 330 ppm; E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-1	1	-2	-1	4	-1	1	4	3	2	1	5
DM	13	14	12	14	24	14	18	26	18	18	24	19
KR	6	9	6	7	9	7	6	8	8	5	5	7
KU	5	10	6	6	10	6	7	10	9	7	7	8
NI	2	6	3	3	5	3	1	-1	3	-1	-6	2
NS	6	7	7	7	7	7	8	5	8	6	2	8
PO	14	18	14	16	20	16	22	21	20	23	19	20
SO	9	10	10	10	9	10	9	6	10	8	3	10
VR	0	-3	-1	-2	-4	-2	-7	-15	-4	-10	-23	-6
ZA	8	9	8	9	9	10	10	9	12	10	5	11
PR	4	7	5	4	7	5	2	4	4	0	0	3

Tabela 78. Rezultati promene broja dana od setve do cvetanja soje II grupe zrenja (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

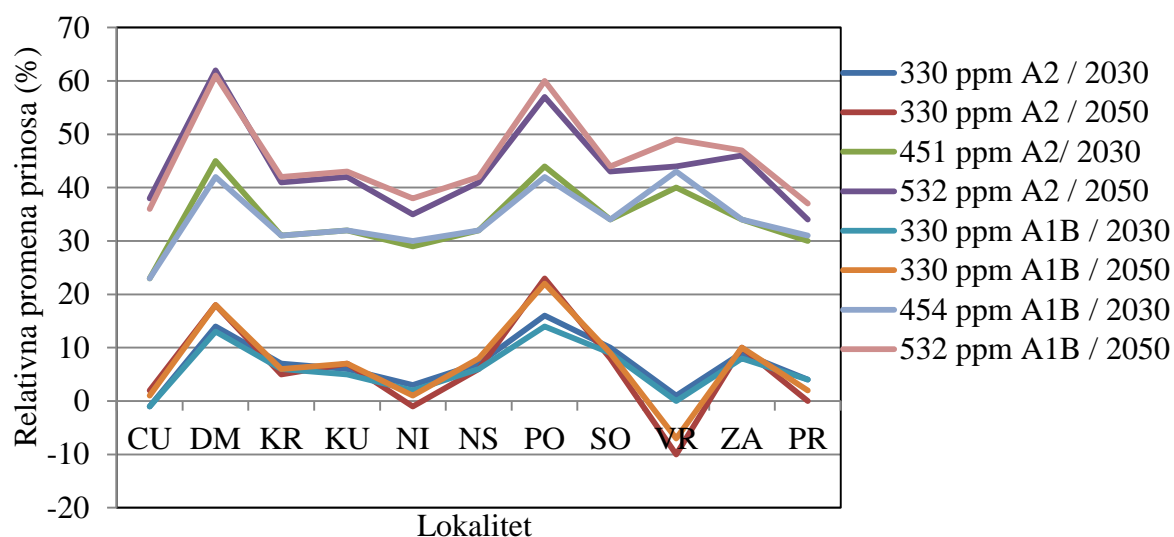
Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	E	H	N	E	E	H	N	E
CU	-6	-8	-6	-5	-8	-7	-7	-9	-8	-7	-11	-7
DM	-6	-7	-5	-7	-9	-6	-11	-13	-9	-13	-16	-11
KR	-4	-6	-4	-5	-8	-6	-8	-12	-7	-10	-14	-10
KS	-7	-8	-7	-8	-10	-8	-9	-12	-10	-9	-14	-12
NI	-8	-6	-4	-5	-7	-5	-8	-11	-8	-10	-13	-9
NS	-4	-7	-5	-5	-8	-6	-4	-7	-8	-10	-14	-10
PO	-9	-12	-7	-8	-13	-8	-2	-17	-12	-1	-19	-14
SO	-8	-10	-8	-9	-11	-9	-11	-15	-11	-12	-17	-13
VR	-5	-7	-6	-6	-9	-6	-10	-13	-9	-9	-15	-11
ZA	-2	-6	-4	-5	-8	-3	-2	-10	-6	-7	-13	-9
PR	-5	-6	-4	-5	-7	-5	-8	-10	-7	-9	-12	-9

Tabela 79. Rezultati promene broja dana od setve do zrenja soje II grupe zrenja (%) u uslovima navodnjavanja 50% dostupne vode biljci koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 2030. i 2050. godinu za 11 lokaliteta (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B			A2			A1B			A2		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-8	-11	-8	-7	-9	-9	-7	-8	-9	-6	-9	-6
DM	-7	-9	-6	-8	-10	-7	-11	-14	-10	-13	-16	-12
KR	-4	-6	-4	-5	-8	-7	-8	-11	-7	-9	-12	-10
KS	-9	-9	-8	-10	-12	-9	-10	-12	-10	-9	-12	-13
NI	-8	-7	-5	-6	-8	-5	-8	-10	-8	-9	-12	-9
NS	-4	-7	-5	-5	-8	-6	-4	-7	-8	-9	-12	-9
PO	-11	-13	-8	-10	-15	-10	-1	-18	-13	-1	-20	-16
SO	-8	-10	-8	-9	-11	-9	-11	-14	-11	-12	-15	-12
VR	-5	-9	-6	-7	-10	-7	-11	-14	-10	-10	-16	-12
ZA	-2	-6	-4	-5	-7	-3	-2	-8	-5	-6	-11	-9
PR	4	2	4	3	1	3	1	1	1	1	-2	1

Tabela 80. Relativna promena prinosa zrna soje II grupe zrenja (%) u uslovima 50% dostupne vode biljci za 2030. i 2050. godinu koristeći tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta. (E-ECHAM; H-HadCM; N-NCAR).

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	23	26	22	23	30	23	36	41	38	38	38	40
DM	42	44	41	45	58	43	61	75	62	62	73	63
KR	31	34	31	31	34	30	42	44	44	41	40	43
KU	32	37	32	32	38	33	43	48	45	42	45	45
NI	30	33	31	29	32	31	38	40	40	35	33	40
NS	32	32	32	32	32	32	42	39	43	41	35	43
PO	42	47	42	44	48	43	60	62	60	57	60	61
SO	34	34	34	34	34	34	44	40	45	43	36	45
VR	43	40	42	40	37	41	49	36	52	44	28	49
ZA	34	35	34	34	36	36	47	44	48	46	41	48
PR	31	34	31	30	33	31	37	40	40	34	35	38



Slika 5. Uticaj očekivane koncentracije CO₂ na prinos zrna soje : a) relativna promena (%) ECHAM (A1B, A2);

Tabela 81. Relativna promena prinosa zrna kukuruza NSSC 640 (%) u uslovima bez navodnjavanja za tri klimatska modela (ECHAM, HadCM i NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za 11 lokaliteta. datum setve 05. april) (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	-27	-23	-30	-34	-25	-34	-42	-35	-43	-47	-40	-49
DM	26	25	28	19	25	20	4	9	0	-4	1	-9
KR	-20	-14	-12	-25	-19	-16	-36	-30	-27	-43	-37	-34
KU	-39	-30	-42	-44	-33	-46	-51	-38	-58	-56	-44	-64
NI	-34	-26	-43	-38	-29	-46	-50	-35	-61	-56	-40	-66
NS	-52	-46	-43	-56	-51	-45	-66	-59	-54	-70	-64	-59
PO	-33	-21	-20	-38	-24	-25	-58	-41	-44	-64	-48	-53
SO	-29	-15	-13	-34	-26	-14	-48	-34	-35	-54	-40	-36
VR	62	71	64	54	67	56	41	54	39	33	45	29
ZA	-32	-25	-34	-34	-30	-37	-39	-34	-45	-43	-38	-40
PR	3	8	8	-2	4	4	-9	-4	-5	-17	-9	-12

U Tabela 82. Relativna promena norme navodnjavanja za kukuruz za tri klimatska modela (ECHAM, HadCM i NCAR) i dva scenarija za jedanaest lokaliteta. (E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	24	25	21	35	41	32	33	34	28	38	39	31
DM	25	24	21	28	31	24	35	40	28	38	45	31
KR	25	22	17	30	25	20	40	36	27	34	43	32
KU	20	20	16	23	23	18	28	30	21	33	35	25
NI	11	13	9	12	14	10	16	20	13	18	25	15
NS	13	8	5	15	10	7	22	16	11	26	20	12
PO	45	34	29	52	41	35	74	59	50	84	70	58
SO	21	18	14	23	20	16	30	26	19	33	30	22
VR	13	16	10	14	17	11	17	23	12	18	26	14
ZA	12	9	10	14	11	12	20	16	16	23	19	19
PR	21	19	17	23	21	19	31	30	25	36	36	29

Tabela 83. Relativna promena norme navodnjavanja u proizvodnji soje II grupe zrenja (%) u uslovima 50% dostupne vode biljci za 2030. i 2050. godinu, sa tri klimatska modela (ECHAM, HadCM, NCAR) i dva scenarija (A1B, A2) za jedanaest lokaliteta.(E-ECHAM, H-HadCM; N-NCAR)

Lokalitet	2030						2050					
	A1B (454 ppm)			A2 (451 ppm)			A1B (532 ppm)			A2 (532 ppm)		
	E	H	N	E	H	N	E	H	N	E	H	N
CU	18	20	12	22	28	16	39	50	30	50	63	40
DM	28	25	23	33	39	26	45	59	36	53	72	42
KR	13	13	5	20	20	9	40	44	25	52	60	34
KU	10	16	6	14	19	9	30	38	22	39	52	27
NI	16	21	13	19	26	20	30	43	24	35	54	29
NS	23	22	14	28	26	16	43	42	26	51	54	33
PO	40	34	27	50	41	32	91	71	52	110	88	62
SO	26	26	18	29	30	20	42	45	29	49	55	35
VR	12	12	11	12	13	12	13	14	12	13	15	13
ZA	22	21	18	25	26	22	40	43	34	48	52	40
PR	29	31	23	34	37	27	51	60	41	61	74	49

Biografija

Milena Jančić je rođena 14.03.1982. god. u Novom Sadu. Osnovnu školu je pohađala u Novom Sadu. Prirodno - matematički smer Gimnazije "Jovan Jovanović - Zmaj" završila je u Novom Sadu kao odličan učenik. (U toku četvrte godine Gimnazije Milena je upisana u osnovnu muzičku školu, odsek solo pevanje u Novom Sadu, nakon koje upisuje i završava avgusta 2006. i Srednju muzičku školu, odsek solo pevanje.) Posle gimnazije 2001. godine upisuje Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, smer ratarsko povrtarski. Nakon druge godine postaje jedna od petoro stipendista Univerziteta u Novom Sadu i dobija nagradu Univerziteta za postignut uspeh. Završila je osnovne studije u roku sa prosečnom ocenom 9,15. Novembra 2006. godine upisuje master studije pri Poljoprivrednom fakultetu, Univerziteta u Novom Sadu, koji je završila u roku februara 2008, prosek 9,75 i dobija zvanje diplomirani inženjer master Biotehnologije. Na doktorske studije je upisana u prvom akreditovanom roku (po Bolonjskoj deklaraciji) 2008/2009. Prijava doktorske teme realizovana je tokom 2011. godine pod nazivom "Uticaj klimatskih promena na biljnu proizvodnju". Tema obuhvata detaljnu analizu agrotehnologije, dinamike vegetacije i prinosa povrtarskih i ratarskih kultura u klimatskim uslovima 1971.-2000. i u očekivanim uslovima 2030. i 2050. godine. Milena je stipendista na projektu pod rukovodstvom Prof. dr Žarka Ilina, predmet povrtarstvo Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj na predmetu februara 2009. i od 2011. godine jena projektu III 43007 stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj na predmetu Meteorologija kod Profesora dr Dragutina T. Mihailovića. Od 2012. godine Milena Jančić zasniva radni odnos na Poljoprivrednom fakultetu u zvanju istraživač saradnik. U protekle tri godine, osim rada u nauci, angažovana je kao pomoć na vežbama pri pregledanju zadataka na vežbama i svim testovima, kao i držanju konsultacija studentima, što je regulisano ugovorom Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja.

Usavršavanja - odlazak u Nemačku (Krefeld) proizvodnja i organska proizvodnja semena u kompaniji „Freudenberger“, druga po veličini semenska kuća u svetu i Holandiju (Hus) Mosselmann i proizvodnja luka arpadžika i lukovičastog cveća. Obavljena višenedeljna praksa za diplomski i master rad u Begeču kod proizvođača povrća Janka Medveđa - proizvodnja mladog krompira, mrkve na mini gredicama - holandskom tehnologijom i obilazak doradnog centra i centra za pakovanje povrća. Milena Jančić vrlo dobro govori, čita i piše engleski jezik. Nemački jezik čita i piše vrlo dobro i govori dobro. Italijanski jezik govori, čita i piše dobro.

Objavljeni radovi: domaći časopisi (8), međunarodni časopisi (3), poglavlje u monografiji od nacionalnog značaja (1), međunarodni zbornici (6), domaći zbornici (1). Odmah po dolasku na predmet Meteorologija 2011. god. pružena joj je šansa da sarađuje na nacionalnoj monografiji od izuzetnog značaja Prvog izveštaja Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime, Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja, a potom i drugog Izveštaja 2014. godine. Septembra 2013. godine učestvuje na Svetskom Kongresu u Bariju (Italija) gde stiče poznanstva sa profesorima i kolegama i nakon godinu dana u julu mesecu 2014. odlazi ponovo u Bari na Agronomski Institut zbog kraće specijalizacije - testiranja modela "Aquacrop". Nakon šestogodišnjeg učešća na Međunarodnom Simpozijumu u Opatiji u organizaciji Agronomskog fakulteta iz Zagreba *Actual Tasks in Agricultural Engineering* Milena dobija pozivno pismo za učešće na narednom Simpozijumu u Opatiji 2015. godine, kao jedna od poslovnih gostiju organizatora.