



**Hrvatsko agrometeorološko društvo**

**ZBORNİK RADOVA**

**AGROMETEOROLOGIJA  
U SLUŽBI KORISNIKA**

**Klimatske promjene  
i poljoprivreda**

Zagreb, 2013.

Hrvatsko agrometeorološko društvo

**ZBORNİK RADOVA**

**AGROMETEOROLOGİJA U SLUŽBI KORISNIKA**

**Klimatske promjene i poljoprivreda**



Zagreb, 2013.

## **Pokrovitelj**

Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske

## **Suorganizatori**

Poljoprivredna savjetodavna služba  
Hrvatska gospodarska komora – Komora Zagreb  
Državni hidrometeorološki zavod  
Znanstveno vijeće za zaštitu prirode Hrvatske akademije za znanost i umjetnosti  
Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
Srednja gospodarska škola Križevci  
Srednja škola "Arboretum opeka" Marčan, Vinica  
Srednja šumarsko-drvodjeljska škola Karlovac

## **Potpورا**

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske  
Zagrel Rittmeyer d.o.o.

## **Urednica**

dr. sc. Višnja Vučetić

## **Predsjednica Organizacijskog odbora**

Jelena Ferina, dipl. ing.

## **Članovi**

Ivana Tomašević, dipl. ing.  
Tomislav Bašić, dipl. ing.  
Ivana Gašparović, dipl. ing.  
Petra Jakovčić, dipl. ing.  
Darija Bilandžija, dipl. ing.

# PROSLOV

Danas je strateško pitanje svake zemlje, kako osigurati dovoljno, ali i kvalitetne hrane za prehranu svog stanovništva. Veliki je nesrazmjer između razvijenih i nerazvijenih država. Europa je sve više ugrožena od sve većeg broja izbjeglica iz afričkih zemalja. Zbog katastrofalnih suša i klimatskih promjena lokalno stanovništvo nije više u mogućnosti proizvesti hranu za sebe već je prisiljeno tražiti utočišta u europskim zemljama. Stoga će i Hrvatska trebati izraditi strateške programe održivog sustava poljoprivredne proizvodnje i kako se prilagoditi na novonastale promjene. S druge strane, i naša područja spadaju u najugroženija područja, osobito jadransko područje i istočna Hrvatska, s obzirom na klimatske promjene, na učestalije ekstremne vremenske i klimatske nepogode, prirodne katastrofe te je potrebno donijeti i strateške planove za ublažavanje njihovih posljedica u poljoprivredi. Iz svega toga slijedi da je izuzetno važno poznavanje agroklimatskih prilika u Hrvatskoj posebice posljednjih tri desetljeća kada je došlo do znatnijih promjena. Stoga razvoj moderne poljoprivrede ne može se više zamisliti bez primjene najnovijih rezultata agrometeoroloških i agroklimatskih istraživanja. Za unapređenje održivog sustava poljoprivredne proizvodnje neophodna su agrometeorološka istraživanja koja će poslužiti kao podloga agronomskim stručnjacima, ali i donositeljima političkih odluka u izradi strateških planova. Poljoprivredna proizvodnja se ne bi smjela prepuštati slučaju već bi ju trebalo strogo planirati. Sva ta agrometeorološka saznanja i informacije nužno je približiti i prikazati ne samo znanstvenicima i stručnjacima, nego i neposrednim korisnicima, poljoprivrednicima i svima onima kojima agrometeorologija može pomoći u proizvodnji hrane.

Upravo iz tog razloga Hrvatsko agrometeorološko društvo (HAgMD) je pokrenulo projekt *Agrometeorologija u službi korisnika*. U okviru tog projekta organizirana je u Zagrebu 14. studenog 2013. agrometeorološka radionica *Klimatske promjene i poljoprivrede*, koja je bila namijenjena agronomima Poljoprivredne savjetodavne službe. Važnost te radionice prepoznalo je i Ministarstvo poljoprivrede, te je prihvatilo pokroviteljstvo. Interaktivna komunikacija predavača i korisnika na radionici omogućuje korisnicima stečeno znanje primijeniti u praksi, a stručnjacima poboljšati i prilagoditi agrometeorološka istraživanja i informacije za potrebe korisnika. Svrha ovog projekta je unapređenje moderne poljoprivrede, održivost ruralnog područja, očuvanje prirode i okoliša, te zaštita šuma od požara, s čime bi se proširila turistička ponuda, a time i pokrenuo gospodarski razvoj i poboljšanje kvalitete življenja u Hrvatskoj.

No, ova radionica je tek početak ostvarenja programa popularizacije agrometeorologije koji se širi na sve veći broj korisnika od učenika i studenata, agronoma, šumara, poljoprivrednika, vatrogasaca do novinara i donositelja političkih odluka. Ovim se projektom potiče veća pokretljivost znanstvenika i stručnjaka prema gospodarstvu i akademskom poduzetništvu. Odgovornim pristupanjem svakog predavača, koji prezentira po međunarodnim standardima najnovije rezultate agrometeoroloških istraživanja kod nas, zadovoljava se i kriterij izvrsnosti. Projekt odiše entuzijazmom, volonterstvom, iskustvom, jer su predavači iz HAgMD ugledni sveučilišni profesori i znanstvenici, ali i mladošću, jer mladi stručnjaci žele naći svoje mjesto u agrometeorologiji. U svakom slučaju nalazimo se pred izazovom da pokrenemo nešto veliko za opću dobrobit Hrvatske.

dr.sc. Višnja Vučetić  
predsjednica HAgMD

# PROGRAM AGROMETEOROLOŠKE RADIONICE

## AGROMETEOROLOGIJA U SLUŽBI KORISNIKA – „Klimatske promjene i poljoprivreda“

Zagreb, 14. studenog 2013.

Sati	Teme predavanja	Predavači	Ustanova u kojoj radi predavač
8.30	<b>Otvaranje – voditelj dr. sc. Antun Marki</b>		
9.00	Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju	dr. sc. Višnja Vučetić	Državni hidrometeorološki zavod
9.30	Pauza za kavu		
10.00	Opažene promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj	mr. sc. Ksenija Cindrić	Državni hidrometeorološki zavod
10.20	Klimatske promjene i evapotranspiracija	Jelena Ferina, dipl. ing.	Državni hidrometeorološki zavod
10.40	Utjecaj klimatskih promjena na protoke velikih rijeka u nizinskoj Hrvatskoj	mr. sc. Ksenija Česarec dr. sc. Višnja Vučetić	Državni hidrometeorološki zavod
11.00	<b>Rasprava – voditeljica dr. sc. Višnja Vučetić</b>		
11.15	Pauza		
11.30	Prilagodba na klimatske promjene i ublažavanje njezinih posljedica u poljoprivredi	prof. dr. sc. Milan Mesić dr. sc. Ivana Šestak	Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
12.00	Agrometeorološka mjerenja	mr. sc. Dražen Kaučić	Državni hidrometeorološki zavod
12.20	Kratkoročna agrometeorološka prognoza za potrebe poljoprivrede	Marko Vučetić, dipl. ing.	Državni hidrometeorološki zavod
12.40	Sezonske prognoze i poljoprivreda	Lovro Kalin, dipl. ing.	Državni hidrometeorološki zavod
13.00	<b>Rasprava – voditelj prof. dr. sc. Milan Mesić</b>		
13.15	Pauza za ručak		
14.30	Utjecaj ekstremnih vremenskih prilika na pritičanje hranjiva do korijena biljke i njihovo premještanje iz korijena u nadzemne dijelove	prof. dr. sc. Tomislav Ćosić dr. sc. Tomislav Karažija	Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
15.00	Biljke u uvjetima niskih temperatura zraka i prognoza mraza	dr. sc. Antun Marki	Geofizički odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu
15.20	Promjene plodoređa u uvjetima navodnjavanja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj	Nada Dadaček, dipl.ing. Tomislava Peremin Volf, dipl. ing.	Visoko gospodarsko učilište u Križevcima
15.40	Mogućnosti šumskog poljodjelstva u Hrvatskoj	prof. dr. sc. Željko Španjol prof. dr. sc. Damir Barčić dr. sc. Roman Rosavec	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
16.00	Prezentacija agrometeoroloških instrumenata	Željko Bašić, dipl. ing.	Zagrel Rittmeyer d.o.o.
16.20	<b>Rasprava – voditelj prof. dr. sc. Tomislav Ćosić</b>		
16.35	<b>Zaključne napomene – voditeljica dr.sc. Višnja Vučetić i izvjestiteljica Petra Jakovčić, dipl. ing.</b>		
17.00	Zatvaranje		

# Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju

Višnja Vučetić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, visnja.vucetic@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

U svakodnevnom životu susrećemo se s problematikom klimatskih promjena vezanih uz globalno zatopljenje. Znanstvenici diljem svijeta istražuju s različitih aspekata utjecaj klimatskih promjena i ekstremnih događaja na pojedine grane gospodarstva. Danas kada nedostatak vode i sve dulja sušna razdoblja, s jedne strane, a poplave, s druge strane, stvaraju velike gospodarske štete u poljoprivredi, važna je objektivna informiranost javnosti o utjecaju regionalnih klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju kao i pravilno gospodarenje vodom za potrebe poljoprivrede. Istraživanja u svijetu pokazuju da utjecaj budućih klimatskih promjena neće biti ujednačen za sve poljoprivredne kulture. Tako će se pojaviti neka nova područja s optimalnim uvjetima za uzgoj nekih sorata, koja to do sada nisu bila. Na drugim područjima, gdje su se tradicionalno uzgajale neke sorte, klimatski uvjeti neće više biti tako povoljni.

## 2. PODACI I METODE

U radu su korišteni meteorološki i fenološki podaci za odabrane postaje u Hrvatskoj najčešće u razdoblju 1961–2010. Za utjecaj klimatskih promjena na voćarske kulture razmatrani su linearni trendovi njihovih razvojnih faza. Kako bi se istražili nepovoljni učinci klimatskih promjena na duljinu vegetacijskog razdoblja i prinose kukuruza u sadašnjim i budućim klimatskim uvjetima, primijenjen je agrometeorološki model DSSAT (Vučetić, 2011).

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Da bi se uz pomoć fenoloških opažanja utvrdile klimatske promjene na nekom području, pogodno je promatrati one biljke za koje postoje dugogodišnja fenološka motrenja jednog te istog feno objekta. Stoga su analizirane voćarske kulture i to one koje se kod nas tradicionalno uzgajaju: jabuka, vinova loza i maslina. Analiza utjecaja klimatskih promjena na različite sorte jabuka pokazala je u svim klimatskim zonama raniji početak listanja i cvjetanja jabuka za 2–6 dana/10 god što je posljedica toplije zime i proljeća (Krulić i Vučetić, 2011). U jesen se ne uočava tako jednoznačno kašnjenje žućenja i opadanja lišća u svim klimatskim zonama. Jesenske novije sorte jabuke (jonaton i zlatni delišes) više su osjetljive na klimatske varijacije nego starinske sorte, te je opaženo njihovo skraćivanje vegetacijskog razdoblja u unutrašnjosti Hrvatske i produljenje u gorskoj Hrvatskoj. Tendencija produljenja ukazuje na mogućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka u gorskoj Hrvatskoj.

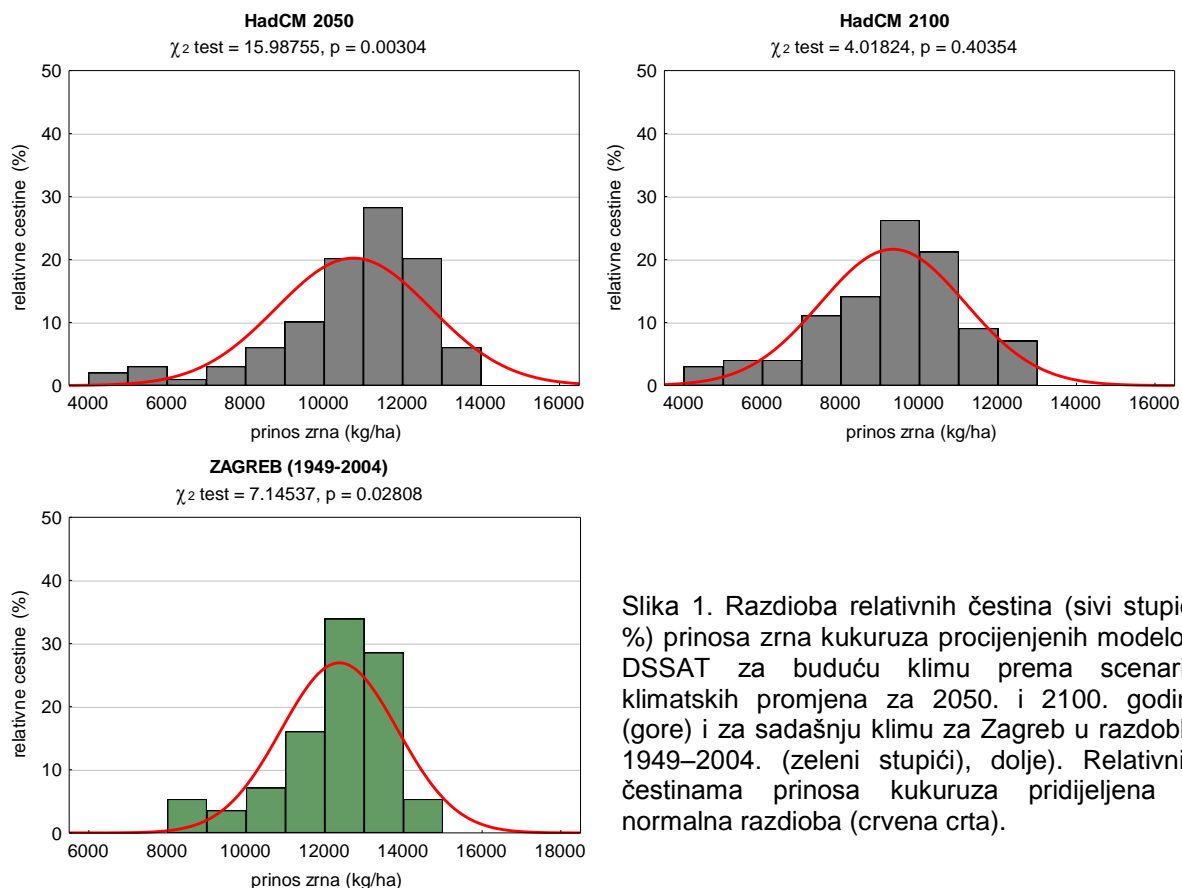
Slično se događa i s ranijim početkom proljetnih fenofaza vinove loze za 2–3 dana/10 god u unutrašnjosti Hrvatske (graševina) i Istri (malvazija, Čiček, 2011). U Dalmaciji se ne opaža tako ujednačen raniji početak vegetacije plavca malog. Puno zrenje i berba pokazuju signifikantno raniji početak u kontinentalnoj Hrvatskoj i Istri nego na srednjem Jadranu. Tako je u prosjeku došlo do skraćivanja razdoblja od početka zrenja do punog za oko tjedan dana u Dalmaciji i oko dva tjedna u kontinentalnoj Hrvatskoj (tablica 1). To potvrđuju iskustva vinogradara da se izraženije promjene u ranijem nastupu fenofaza vinove loze događaju u unutrašnjosti Hrvatske nego u Dalmaciji. Tako primjerice u ekstremno toplim godinama početkom 21. st. rane i kasne sorte dozorile su gotovo istovremeno. Posljedica toga je bila prevelika koncentracija šećera u grožđu, a time i preveliki postotak alkohola u vinu. Takva vina više podsjećaju na dalmatinska vina te vinogradari su počeli više uzgajati crne sorte grožđa u unutrašnjosti Hrvatske. Dakle, očekuje se da će se na postojećim vinorodnim područjima uzgajati i širi sortiment vinove loze čime bi se izgubio regionalni karakter vina.

Tablica 1. Srednja duljina trajanja (dani) zrenja graševine i plavca malog od početka do punog zrenja na postajama Daruvar i Hvar u razdobljima 1961–1990, 1971–2000. i 1981–2010.

Sorta	Postaje	Duljina trajanja zrenja grožđa (dani)		
		1961–1990.	1971–2000.	1981–2010.
Graševina	Daruvar	35	30	22
Plavac mali	Hvar	32	33	26

Cvjetanje masline je ranije 2 dana/10 god na sjevernom Jadranu, a u Dalmaciji 3 dana/10 god. Ranije zrenje plodova masline opaža se u Dalmaciji 2 dana/10 god, ali ranija berba nije samo utjecaj vremenskih prilika već ovisi i o raspoloživim postrojenjima za preradu maslinova ulja, količini uroda koja se može u danom trenutku preraditi, te o potražnji tržišta za određenom kakvoćom ulja (Vučetić i Vučetić, 2005). Dakle, fenološka analiza na promatranim voćarskim kulturama je pokazala raniji početak vegetacije u proljeće, ali i ne jednoznačno produljenje vegetacijskog razdoblja u jesen. Ti rezultati su u skladu i s opaženim izraženijim porastom srednje temperature zraka u proljeće nego u jesen.

Rezultati modeliranja fenoloških faza i prinosa kukuruza u sadašnjim klimatskim uvjetima ukazala je na signifikantno skraćivanje vegetacijskog razdoblja kukuruza za oko 5 dana/10 god i smanjenja prinosa kukuruza za 216 kg/ha u središnjoj Hrvatskoj. Projekcije scenarija klimatskih promjena do polovice 21. st. pokazuju skraćivanje vegetacije kukuruza do mjesec dana uz smanjenje prinosa za 9–13 % (slika 1). Do kraja stoljeća moguća je ranija berba kukuruza i do mjesec i pol dana uz pad prinosa zrna za 14–25% u odnosu na sadašnje klimatske uvjete ako bi se zadržale jednake agrotehničke mjere i hibridi kukuruza kao što su danas. Skraćivanju vegetacijskog razdoblja i smanjenju prinosa kukuruza najviše doprinosi porast temperature zraka. Uz pomicanje datuma sjetve, kao jedna od mjera prilagodbe na klimatske promjene, nužno je sijati i hibride s duljim vegetacijskim razdobljem i otpornije na sušu. Iskustvo poljodjelaca i agronoma pokazuje da oni sve više prilagođavaju proizvodnju kukuruza toplijim vremenskim uvjetima posljednjih desetak godina. Iako je u središnjoj Hrvatskoj uobičajeno uzgajati hibride kukuruza sa srednjom duljinom vegetacije, danas se sve više siju i hibridi s duljim vegetacijskim razdobljem koji su karakteristični za istočnu Hrvatsku.



Slika 1. Razdioba relativnih čestina (sivi stupići, %) prinosa zrna kukuruza procijenjenih modelom DSSAT za buduću klimu prema scenariju klimatskih promjena za 2050. i 2100. godinu (gore) i za sadašnju klimu za Zagreb u razdoblju 1949–2004. (zeleni stupići), dolje). Relativnim čestinama prinosa kukuruza pridijeljena je normalna razdioba (crvena crta).

#### 4. LITERATURA

- Čiček, P, 2011: Utjecaj klimatskih promjena na fenološke faze vinove loze i Huglinov indeks u Hrvatskoj, Geofizički odsjek PMF, Sveučilište u Zagrebu, 64 str.
- Krulić, B. i V. Vučetić, 2011: Razvojene faze i zimsko mirovanje jabuke u Hrvatskoj, Hrvatski meteorološki časopis, 46, 35–43.
- Vučetić V., and M. Vučetić, 2005: Variations of phenological stages of olive-trees along the Adriatic coast, Periodicum Biologorum, 107, 335–340.
- Vučetić, V, 2011: Modelling of maize production in Croatia: present and future climate, The Journal of Agricultural Science – Cambridge, 149, 145–157.

# Opazene promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj

Ksenija Cindrić  
Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, ksenija.cindric@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

U radu su prikazane prostorne i vremenske promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj. Opažena maksimalna trajanja tih razdoblja, s dnevnom količinom oborine manjom od 1 mm, pripadaju skupu indeksa oborinskih ekstrema koje je definirala Zajednička radna grupa za utvrđivanje klimatskih promjena Komisije za klimatologiju Svjetske meteorološke organizacije (WMO-CCL) i Istraživačkog programa o klimatskoj varijabilnosti i prediktabilnosti (CLIVAR) (ETCCDI, Peterson i sur. 2001). Na području Hrvatske, Cindrić i sur. (2010) su analizirali prostorno vremenske karakteristike sušnih razdoblja u razdoblju 1961–2000. Međutim, evidentno je da je prva dekada 21. stoljeća bila dekada ekstremnih događaja u Europi, uključujući i suše (WMO, 2013.). Stoga je cilj ovoga rada istražiti vremenske trendove sljedova sušnih dana u posljednjem 50-godišnjem razdoblju (1961–2010.)

## 2. PODACI I METODE

Vremenske promjene sušnih razdoblja u Hrvatskoj prikazane su pomoću godišnjeg i sezonskog trenda njihovih maksimalnih trajanja. Sušno razdoblje je definirano kao uzastopni slijed dana s dnevnom količinom oborine manjom od određenog praga: 1 mm i 10 mm. Te kategorije će u ovom tekstu biti označene s CDD1 i CDD10 za sušna razdoblja (od engl. *consecutive dry days*). Razdoblja koja počinju u jednoj sezoni, a nastavljaju se u drugu, pridružena su onoj sezoni u kojoj su započela. Analiza je provedena za 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Trend je procijenjen metodom linearne regresije, a neparametarski Mann-Kendallov test (Gilbert, 1987) primijenjen je za procjenu statističke značajnosti trendova na 95% razini značajnosti. Trend je izražen kao odstupanje po dekadi u odnosu na srednjak iz klimatološkog razdoblja 1961–1990. (%/10god).

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Prema rezultatima trenda (slika 1.) najizraženije su promjene sušnih razdoblja u jesenskim mjesecima (SON) kada je u cijeloj Hrvatskoj uočen statistički značajan negativan trend. To smanjenje se kreće od -14%/10god do -1%/10god za kategoriju CDD1 odnosno od -11%/10god do 5%/10god za CDD10. U ostalim sezonama je trend sušnih razdoblja za obje kategorije slabije izražen od jesenskog. Ipak, uočava se produljenje sušnih razdoblja u proljeće (MAM) na sjevernom Jadranu (od 7%/10god do 12%/10god), dok se ljeti takva tendencija uočava i duž južne jadranske obale dosežući vrijednosti do 24%/10god. Ljeti se uočava statistički značajan trend sušnih razdoblja prve kategorije (CDD1) i u istočnoj Slavoniji (od 4%/10god do 7%/10god). Zimi nema značajnog prostornog trenda, ali se uočava tendencija povećanja CDD1 u cijeloj Hrvatskoj, osim u Gorskom kotaru i Lici gdje prevladava negativan trend, te smanjenje CDD10 u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Godišnje duljine sušnih razdoblja prve kategorije (CDD1) pokazuju tendenciju smanjenja u južnom dijelu kontinentalne Hrvatske i na sjevernom Jadranu, te statistički značajan porast na južnom Jadranu. S druge strane, sušna razdoblja kategorije CDD10 imaju tendenciju povećanja duž Jadrana i u gorju, a smanjenja u unutrašnjosti, osobito u istočnoj Slavoniji. Takav predznak trenda CDD10 može se povezati s uočenim porastom vrlo vlažnih dana (R95) u unutrašnjosti odnosno smanjenjem u gorju i na Jadranu (Gajić-Čapka i sur. 2013).

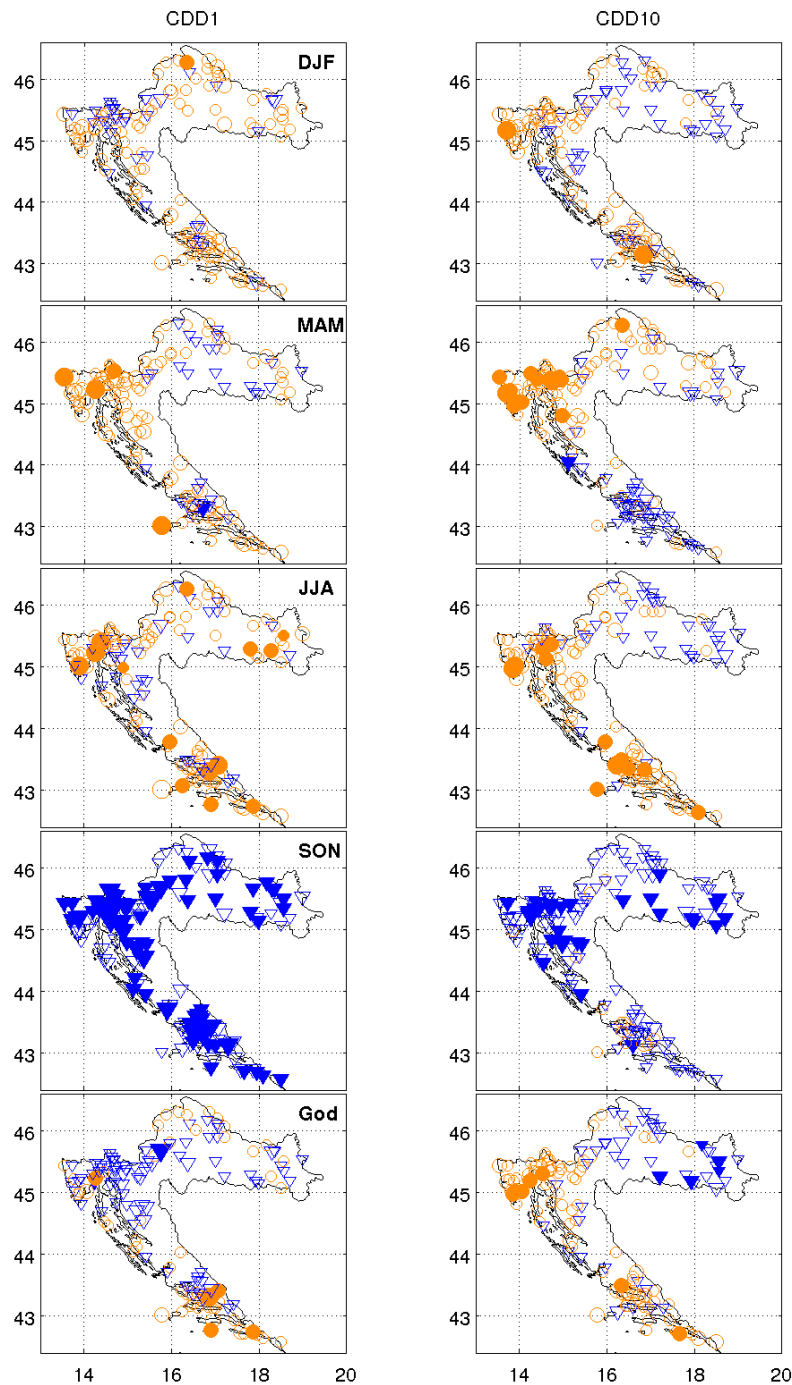
## 4. LITERATURA

- Cindrić K., Z. Pasarić i M. Gajić-Čapka, 2010: Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 102, 171–184.
- Gajić-Čapka M., K. Cindrić i Z. Pasarić, 2013: Trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, (prihvaćeno)
- Gilbert, R.O., 1987: *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Peterson, T.C., C. Folland, G. Gruza, W. Hogg, A. Mokssit and N. Plummer, 2001: Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001. World Meteorological Organization Rep. WMO-TD No 1071, WCDMP-No 47, Geneva, Switzerland



WMO, 2009: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WCDMP- No 72.

WMO, 2013: The global climate 2001–2010: a decade of climate extremes, Summary report. WMO-No 1119.



Slika 1. Dekadni trendovi (%/10god) maksimalnih sušnih razdoblja za kategorije 1mm i 10 mm (CDD1, CDD10), po sezonama i za godinu u razdoblju 1961–2010. Krugovi označavaju pozitivan trend, trokuti negativan, a popunjeni znakovi označavaju statistički značajan trend. Četiri veličine znakova su proporcionalne relativnim vrijednostima promjena na desetljeće u odnosu na odgovarajući srednjak iz razdoblja 1961–1990: <5%, 5–10%, 10–30% i >30%.

# Klimatske promjene i evapotranspiracija

Jelena Ferina  
Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, jelenifer@yahoo.com

## 1. UVOD

Na sve napućenijoj i zagađenoj Zemlji vrlo je važno iskoristiti svaku kap vode ne samo u poljoprivredi nego i u ostalim granama gospodarstva (opskrba vodom/vodoprivreda, vatrogastvo, turizam). Stoga je nužno procijeniti trenutno stanje, ali i buduće, kako bi se pravovremeno reagiralo i smanjilo negativne posljedice na gospodarstvo.

Evapotranspiracija je proces isparavanja vode s površine tla te s biljaka i životinja. Potrebno je razlikovati potencijalnu (PET) i stvarnu evapotranspiraciju (ET). PET je procjena najveće moguće evapotranspiracije a jednaka je količini vode koja bi mogla ispariti kada bi u tlu i biljkama bilo dovoljno vlage. ET je jednaka PET kada ima dovoljno vode za isparavanje ili manja od PET kada nema dovoljno vode.

Cilj rada je dati prostorni prikaz evapotranspiracije te ispitati je li je došlo do njenih promjena posljednjih desetljeća na području Hrvatske.

## 2. PODACI I METODE

Za računanje evapotranspiracije korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda i to: srednje mjesečne temperature i relativne vlažnosti zraka, te mjesečne količine oborine s meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Za prostorni prikaz evapotranspiracije korišteni su podaci s 82 postaje u razdoblju 1981–2009, podaci s 14 postaja novijeg razdoblja 1981–2010. su uspoređivane sa standardnim klimatološkim razdobljem 1961–1990, a za procjenu trenda korišteni su podaci s 4 postaja s nizom od 1901–2010.

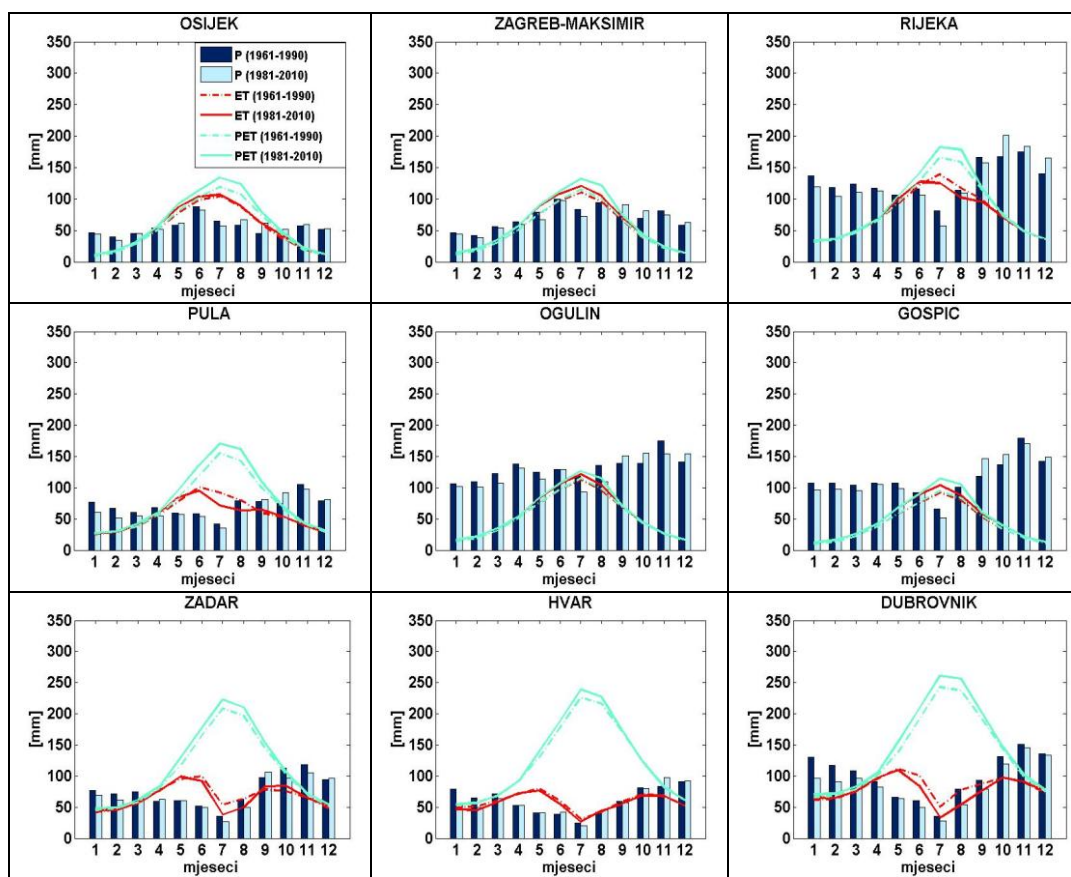
PET je računana koristeći modificiranu Egelmanovu formulu koja uz podatke o temperaturi zraka, relativnoj vlažnosti uzima u obzir i brzinu vjetra te geografski položaj postaje. ET je računana koristeći Palmerovu metodu (Palmer, 1965) koja uz podatke o PET i oborini uzima i procijenjene pedološke podatke odnosno maksimalne kapacitete tla u površinskom sloju do 20 cm i dubljem sloju do 1 m.

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

PET najvećim dijelom ovisi o klimatskim elementima a ET poprilično ovisi i o geografskom položaju i geološkoj podlozi. Vrijednosti PET, te ukoliko ima dovoljno oborine i ET najviše su u toplijem dijelu godine kada su i temperature najviše.

Prostorno gledajući na godišnjoj skali, evapotranspiracija je najviša u primorskoj Hrvatskoj, zatim u nizinskoj a najmanja u gorskoj. Analizano razdoblje 1981–2010. ukazuju na više temperature zraka i manje količine oborine u odnosu na standardno klimatsko razdoblje 1961–1990. što nepovoljno utječe na ET u područjima s nedovoljnom količinom oborine (primorska Hrvatska i istočna Hrvatska). Na osnovi 109-godišnjeg niza podataka s četiri postaje Osijek, Zagreb-Grič, Crikvenica i Hvar izračunat je sekularni trend koji pokazuje signifikantan porast temperature a samim time i trend porasta PET, te trend smanjenja oborine i relativne vlažnosti zraka.

Komponente vodne ravnoteže za četiri promatrane postaje u razdoblju 1901-2010. su testirane Mann-Kendallovim rang testom. Dobiveni rezultati ukazuju na signifikantan porast godišnjih vrijednosti temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije na promatranim postajama. Signifikantno smanjenje se zapaža kod godišnjih vrijednosti količine oborine, relativne vlažnosti zraka, otjecanje (RO) i zaliha vode u tlu (S). Primjena proračuna komponenti vodne ravnoteže moguća je i bitna u racionalnom gospodarenju s vodom, u poljoprivredi i vodnom gospodarstvu.



Slika 1. Usporedba mjesečne količine oborine, potencijalne evapotranspiracije i stvarne evapotranspiracije (mm) razdoblja 1981–2010. sa standardnim klimatskim razdobljem 1961–1990. za odabrane postaje u Hrvatskoj.

#### 4. LITERATURA

- Palmer C.W., 1965: Meteorological drought. Research paper 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., 58 pp.
- Pandžić K., 1985: Bilanca vode na istočnom primorju Jadrana. Rasprave 20, 21–29.
- Penzar I. i B. Penzar, 2000: Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb, 83–144.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1994: Istraživanje evapotranspiracije u nizinskom dijelu Hrvatske. Zbornik radova „Poljoprivreda i gospodarenje vodama”, Bizovačke Toplice, 17–19. studenog, 477–486.
- Vučetić M. i V. Vučetić, 1996a: Evapotranspiration in the mountain area of Croatia. Zbornik radova „24. međunarodna konferencija za alpsku meteorologiju”, Bled, Slovenija, 9–13. rujna, 401–408.
- Vučetić, V. i M. Vučetić, 1996b: Determination of evapotranspiration in Croatia, *Biometeorology*, 14, 141–148.
- Zaninović K. i M. Gajić-Čapka, 1999: Changes in components of the water balance in the Croatian lowlands. *Theoretical and Applied Climatology*, 65, 111–117.

# Utjecaj klimatskih promjena na protok velikih rijeka u nizinskoj Hrvatskoj

Ksenija Cesarec  
Klovićeva 14, 10000 Zagreb, ksenija.cesarec@gmail.com

Višnja Vučetić  
Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, visnja.vucetic@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

Prikazan je dio istraživanja u okviru znanstvenog projekta *Klimatske varijacije i promjene i odjek u područjima utjecaja* (004-1193086-3035) koji je između ostaloga trebao dijagnosticirati varijabilnost hidroloških parametara na području nizinske Hrvatske kao moguću posljedicu klimatske varijabilnosti i promjena. Nizinska Hrvatska zauzima rubni dio panonskog bazena i pretežno je ravničarsko područje (80-135 m.n.m) s nešto niskog gorja eruptivnog porijekla. Dominiraju izdužene doline rijeka Save i Drave, ispunjene velikom količinom barskog i aluvijalnog sedimenta. Najniža je istočna Slavonija i Baranja s prostranim vlažnim poplavnim nizinama i razmjerno suhim i ocjeditim lesnim terasama i kao takova glavno je područje za uzgoj žitarica u Hrvatskoj. Prevladava površinsko otjecanje na gustoj mreži većih i manjih vodotoka. Vodni režim i hidrološke prilike važni su čimbenici u području gospodarenja vodom i poljoprivredi, posebno pri planiranju i projektiranju sustava za navodnjavanje.

## 2. PODACI I METODE

U radu su korišteni meteorološki podaci temperature zraka i količine oborine s postaja Zagreb-Grič i Osijek u razdoblju 1901-2012, te postaja Varaždin, Križevci, Bjelovar, Daruvar i Slavonski Brod u razdoblju 1949–2012. Za isto razdoblje analizirani su i podaci o protoku za slivno područje rijeke Save za hidrološke postaje Zagreb i Županju, a za slivno područje Drave za hidrološku postaju Donji Miholjac. Analizirani su linearni trendovi godišnjih i sezonskih vrijednosti temperature zraka, količine oborine i protoka po metodi najmanjih kvadrata, a statistička značajnost je testirana Mann-Kendallovim testom.

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

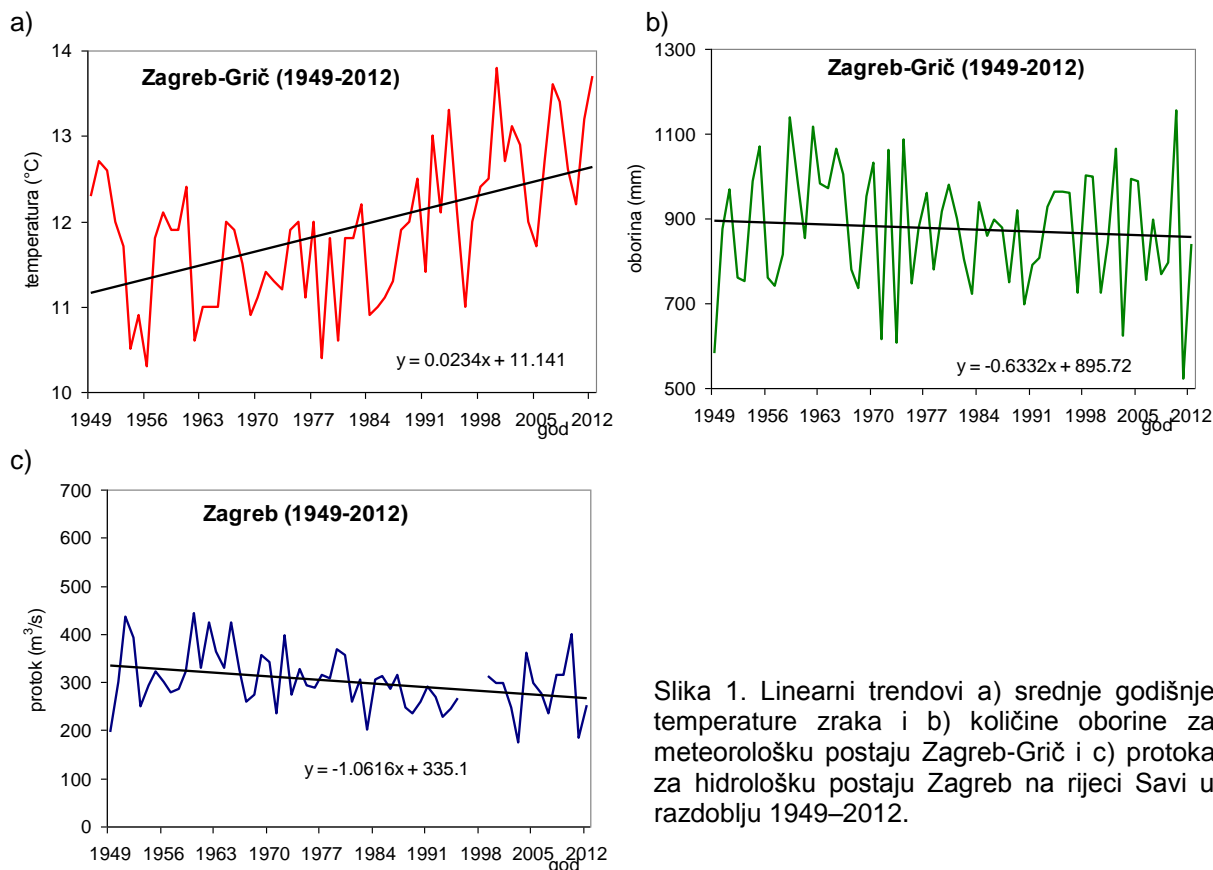
Pozitivan linearni trend u srednjim godišnjim temperaturama pojavljuje se u cijelom nizinskom području Hrvatske s maksimalnim vrijednostima u njezinom sjeverozapadnom dijelu (tablica 1 i slika 1). Na cijelom analiziranom području zapaža se značajan porast proljetnih i ljetnih vrijednosti temperature zraka. Pri tome se primjećuje brži porast temperature zraka u posljednjih šest desetljeća u odnosu na cijelo prošlo stoljeće. Trendovi srednje godišnje temperature su  $0.11^{\circ}\text{C}/10$  god za Zagreb-Grič i  $0.06^{\circ}\text{C}/10$  god za Osijek u razdoblju 1901–2012.

Tablica 1. Linearni trendovi srednje godišnje i sezonske temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}/10$  god) i količine oborine (mm/10 god) za odabrane postaje u nizinskoj Hrvatskoj za razdoblje 1949–2012. Statistički signifikantni trendovi na razini od 5% su podebljani.

trend (/10god)	Zagreb-Grič		Varaždin		Križevci		Bjelovar		Daruvar		Sl. Brod		Osijek	
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
Godina	<b>0.23</b>	-6.3	<b>0.23</b>	-21.1	<b>0.24</b>	-13.2	<b>0.32</b>	-12.5	<b>0.11</b>	6.0	<b>0.15</b>	-2.4	<b>0.15</b>	1.5
Zima	0.25	-4.6	0.26	-5.2	<b>0.25</b>	-1.7	<b>0.26</b>	-5.7	0.11	-1.2	0.15	-5.0	0.18	-4.7
Proljeće	<b>0.30</b>	-4.5	<b>0.31</b>	-7.5	<b>0.32</b>	-0.1	<b>0.42</b>	-3.2	<b>0.18</b>	0.0	<b>0.24</b>	-1.6	<b>0.24</b>	-1.1
Ljeto	<b>0.30</b>	-2.4	<b>0.31</b>	-9.0	<b>0.29</b>	-9.0	<b>0.47</b>	-7.0	<b>0.21</b>	-3.2	<b>0.26</b>	-1.4	<b>0.21</b>	1.4
Jesen	0.09	5.1	0.09	0.7	0.09	4.1	0.15	3.5	0.02	10.4	0.00	6.3	0.04	5.8

Tablica 2. Linearni trendovi srednjeg godišnjeg i sezonskog protoka ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}/10$  god) slivova Save i Drave za razdoblje 1949-2012. Statistički signifikantni trendovi na razini od 5% su podebljani.

Vodotok	Sava		Drava
	Zagreb	Županja	Donji Miholjac
Godina	<b>-10.6</b>	<b>-38.3</b>	-11.5
Zima	-11.4	<b>-43.1</b>	-6.8
Proljeće	<b>-15.1</b>	-56.6	-17.3
Ljeto	<b>-11.3</b>	<b>-41.1</b>	<b>-28.1</b>
Jesen	-4.6	-12.4	6.2



Slika 1. Linearni trendovi a) srednje godišnje temperature zraka i b) količine oborine za meteorološku postaju Zagreb-Grič i c) protoka za hidrološku postaju Zagreb na rijeci Savi u razdoblju 1949–2012.

Nesignifikantni negativni linearni trend godišnjih količina oborine pojavljuje se u perifernom sjeverozapadnom dijelu nizinske Hrvatske, a suprotno tome porast u istočnome dijelu. To se može objasniti porastom jesenske količine oborine koja uzrokuje porast godišnjih oborina u istočnom dijelu u posljednjih šest desetljeća.

Analiza trenda sezonskih hidroloških podataka upućuje na smanjenje protoka u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske u svim sezonama (tablica 2). U nizvodnom dijelu rijeke Drave je zapaženo povećanje protoka u jesen, što je u skladu sa jesenskim porastom količine oborine.

Ovi rezultati pokazuju negativan utjecaj na vodno gospodarstvo i poljoprivrednu proizvodnju. U gospodarenju vodnim resursima u cilju održivog razvoja treba veću pozornost posvetiti preraspodjeli raspoloživih vodnih količina. Poplavne valove na manjim slivovima treba zadržati u višenamjenskim akumulacijama iz kojih će se ispravnom i pravovremenom raspodjelom namiriti manjak vode, posebno na poljoprivrednim površinama ljeti.

#### 4. LITERATURA

Beraković, M., B. Beraković and K. Cesarec, 2007: Climate changes-some observation in Croatia, The third international conference on climate and water, Helsinki, Finland 3–6 September 2007, 51–57.

Gajić-Čapka, M. and K. Cesarec, 2008: Trends and variability in precipitation and discharge in the Drava River basen, Croatia, HydroChange, Kyoto, Japan, 1–3 October 2008 Session1, Land-Atmosphere interaction, CD proceedings

Vučetić, V. and K. Cesarec, 2009: Research of climate change in the Croatian lowland in the frame of the COST Action 734, Climate Change: Global Risks, Challenges in Decisions, Copenhagen, Denmark, 10–12 March 2009, CD proceedings

Cesarec, K. and V. Vučetić, 2010: Climate variations of temperature, precipitation and water regime in the Croatian lowland, Sixth world Friend Conference in 2010, Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources, Fez, Morocco, 25–29 October, CD proceedings

# Prilagodba na klimatske promjene i ublažavanje posljedica u poljoprivredi

Milan Mesić

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, mmesic@agr.hr

Ivana Šestak

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, isestak@agr.hr

## 1. UVOD

Poljoprivreda je djelatnost koja je usko povezana s klimom. Opći model razvoja poljoprivrede kroz duže vremensko razdoblje podrazumijeva međusobni utjecaj klimatskih, ekoloških i ekonomskih čimbenika u proizvodnji. Glavni problem u shvaćanju učinaka klimatskih promjena na poljoprivredu Hrvatske je taj što se ne može precizno predvidjeti gdje će se i kada pojaviti negativni ili pozitivni utjecaji. Dugoročno, klimatske promjene su problem kojem se današnja poljoprivreda mora prilagoditi, posebice ako se uvažavaju sve uloge poljoprivrede i gospodarenja tlom u društvu. Ipak, uvodno je potrebno naglasiti da danas nismo u stanju predvidjeti mogućnosti prilagodbe poljoprivrede prognoziranima klimom, već i zato što se u budućnosti mogu razviti tehnologije proizvodnje koje danas ne poznajemo, kao što je primjerice, prije 100 godina bilo nemoguće poznavati današnji način uzgoja biljaka i domaćih životinja. Cilj ovog rada je da se prikaže utjecaj suše na prinos pšenice, agronomsku učinkovitost gnojidbe, te gubitke dušika iz tla. Važnost povećanja iskorištenja mineralnog dušika primijenjenog u gnojivima ističu i drugi autori (Raun i Johnson, 1999., Vuković i sur. 2008).

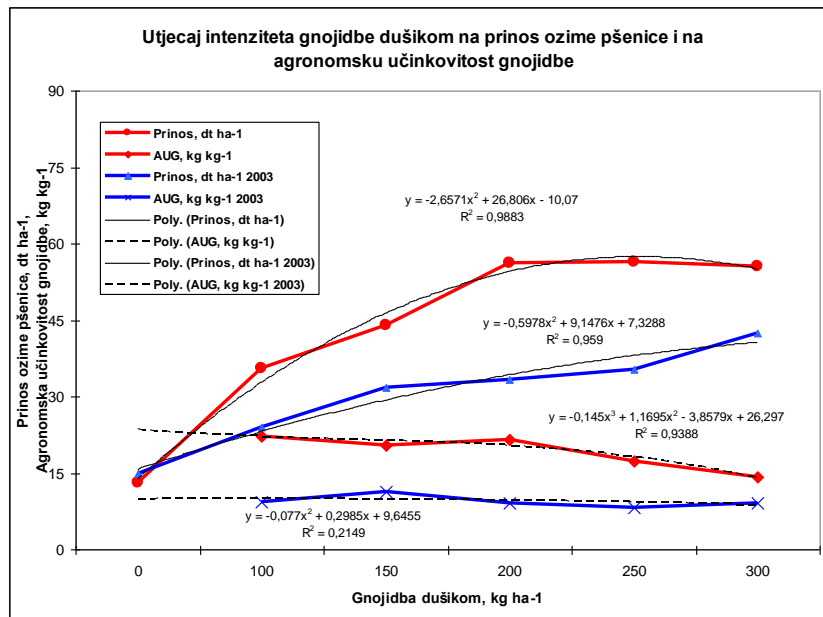
## 2. PODACI I METODE

Za prikaz učinaka nepovoljnih vremenskih prilika u toku vegetacije ratarskih kultura izabran je primjer sa ozimom pšenicom u sušnoj 2003. godini. Na pokusnom polju u Potoku pokraj Popovače provode se istraživanja utjecaja gnojidbe različitim količinama mineralnog dušika na prinos nekih ratarskih kultura, promjene u tlu, te ispiranje dušika s vodom iz lizimetara, te iz drenskih cijevi. U radu je prikazana usporedba utjecaja gnojidbe na prosječan prinos pšenice za vegetacijske godine 1996/97. i 1999/2000. s prinosom ostvarenim 2003. godine, agronomska učinkovitost gnojidbe, kao i gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi.

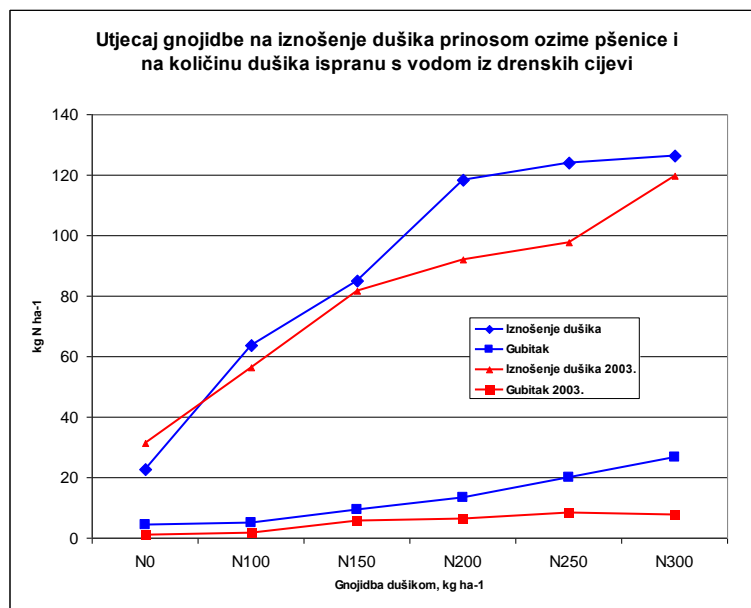
## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Prinos ozime pšenice u 2003. godini bio značajno manji od prosječnog ostvarenog u vegetacijskim godinama 1996/97. i 1999/2000., ali različito prema pojedinim varijantama gnojidbe mineralnim dušikom (slika 1). Najmanja razlika u visini prinosa zabilježena je u kontrolne varijante bez gnojidbe. Međutim, prinos ostvaren u kontrolne varijante u sve je tri analizirane godine prenizak da bi bio isplativ. Istovremeno, prosječna agronomska učinkovitost gnojidbe bila je znatno manja u 2003. godini i u svih se varijanata pokusa kretala oko  $10 \text{ kg kg}^{-1}$ , za razliku od dvogodišnjeg prosjeka kad se kretala od 15 do  $20 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Osim prinosa, zanimljiv je i podatak o iskorištenju dušika, preciznije o njegovom iznošenju s prinosom zrna ozime pšenice, te o gubitku dušika s vodom iz drenskih cijevi (slika 2). Značajnija razlika u iznošenju dušika javila se tek u slučaju primijenjenih 200, te 250 kg primijenjenog dušika, u kojih je iznošenje u 2003. godine bilo znatno manje pri usporedbi s prosjekom. Istovremeno, gubitak dušika s vodom iz drenskih cijevi bio je, zahvaljujući malom drenskom isteku, niži u 2003. godini. Dio apliciranog dušika ispran je u sljedećoj godini, pa se ovdje ne prikazuje, a može se samo pretpostaviti da su određene količine dušika izgubljene volatilizacijom. Osim gnojidbe na ispiranje vode iz drenskih cijevi utječe i sam razmak drenova (Šimunić i sur., 2011). Ako se pretpostavi učestalo ponavljanje ovakvih vremenskih prilika u vrijeme intenzivnog porasta, cvatnje, oplodnje i zriobe pšenice, za očekivati je smanjenje prinosa, manju iskoristivost primijenjenih dušičnih gnojiva, a samim tim i manju isplativost proizvodnje, te veći negativan utjecaj na okoliš.



Slika 1. Usporedba prosječnog prinosa ozime pšenice i agronomske učinkovitosti gnojidbe s onima zabilježenim u sušnoj 2003. godini



Slika 2. Iznošenje dušika s prinosom zrna ozime pšenice i gubitak dušika s vodom i drenskih cijevi u prosjeku i za 2003. godinu.

#### 4. LITERATURA

Raun, W.R., and G.V. Johnson, 1999: Improving nitrogen use efficiency for cereal production, *Agron. J.* 91(3), 357–363.

Šimunić, I. Mesić, M., Sraka M., Likso T., Čoga L. 2011: Influence of Drainpipe Spacing on Nitrate Leaching and Maize Yield, *Cereal Research Communications*, 39 (2), 273–282.

Vuković, I., M. Mesić, Z. Zgorelec, A. Jurišić, and K. Sajko. 2008: Nitrogen use efficiency in winter wheat, *Cereal Res. Commun*, 36(2) Suppl. 5, 1199–1202.

# Agrometeorološka mjerenja

Dražen Kaučić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, drazen.kaucic@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

Agrometeorološka mjerenja prvi su korak do spoznaja o utjecaju vremena i klime na rast i razvoj poljoprivrednih kultura. S obzirom na raznolik habitus poljoprivrednih kultura, mjerenja imaju svoje specifičnosti. No, zajedničko svima je što sadrže mjerenja osnovnih meteoroloških elemenata: temperature zraka, relativne vlažnosti zraka, količine oborine, trajanje sisanja Sunca i temperature tla.

Posljednjih smo godina svjedoci sve veće zainteresiranosti poljodjelaca za praćenjem vremena, pa od tuda i velika ponuda brojnih agrometeoroloških postaja raznih proizvođača iz inozemstva, ali i iz Hrvatske. Cijene postaja su različite, pa se kupac vrlo teško odlučuje ne samo za proizvođača, nego i za konfiguraciju postaje. Upravo zato, cilj rada je ukazati na neke karakteristike agrometeoroloških mjerenja, a koja su se unatrag nekoliko godina obavljala u Državnom hidrometeorološkom zavodu, odnosno u Agrometeorološkom odjelu.

## 2. REZULTATI

### 2.1. Osnove meteoroloških i agrometeoroloških mjerenja

Agrometeorološka mjerenja mogu se obavljati klasičnom meteorološkim instrumentima: termometri, termografi, higrografi, obrografi, kišomjeri, heliografi, evaporimetri, anemometri i evaporimetri. No, mjerenja mogu biti i automatizirana koristeći osjetnike (senzore). Osnovno pravilo klasičnih i automatiziranih mjerenja je da budu točna, a to znači da svi instrumenti prije upotrebe moraju biti ispitani u zato ovlaštenim laboratorijima. No, i jedna i druga mjerenja imaju svoje prednosti i nedostatke. Prednosti mjerenja klasičnim instrumentima je što su instrumenti relativno jeftini, a mjerenja sigurna i jednostavna. Nedostatak tih mjerenja je što je za njih potrebna jedna osoba, tj. motritelj koji svakodnevno mora obavljati mjerenja u zadanim vremenskim terminima. Prednost automatskih mjerenja u odnosu na klasična je što nema prisutnosti motritelja, relativno je laka demontaža i montaža instrumenata, što učestalost mjerenja ne ovisi o prisutnosti jedne osobe, a izmjerene vrijednosti vrlo brzo dolaze do krajnjeg korisnika. Nedostatak ovih mjerenja je prvenstveno još uvijek relativno visoka cijena senzora i pratećih jedinica namijenjenih pohranjivanju i distribuciji podataka. Ova mjerenja u slučaju kvarova traže brzu i pravovremenu intervenciju za to osposobljene osobe, a to katkada u slučaju većih udaljenosti znači i gubitak zadanih mjerenja, odnosno očekivanih meteoroloških podataka.

Agrometeorološka mjerenja u odnosu na klimatološka obiluju specifičnostima, pa ako već u početku mjerenja nisu zadovoljeni uvjeti za ostvarenje ciljeva, ona ne donose očekivane rezultate. Specifičnosti mjerenja odnose se na mjerenja tijekom:

- sjetve
- sadnje
- pojave fenofaza rasta i razvoja poljoprivrednih kultura
- razdoblja kad su kulture najosjetljivije prema minimalnim i maksimalnim temperaturama zraka
- razdoblja kad su kulture najosjetljivije na manjak ili višak potrebne količine vode u tlu

Neosporno je kako lokalitet mjerenja mora biti reprezentant mikroklimе unutar nasada. Zbog poznavanja klime šireg područja uzgajanih kultura u kojima se obavljaju mjerenja u nasadima, poželjno je mjerenja uskladiti s mjerenjima na glavnim ili običnim meteorološkim postajama koje su u nadležnosti Državnog hidrometeorološkog zavoda.

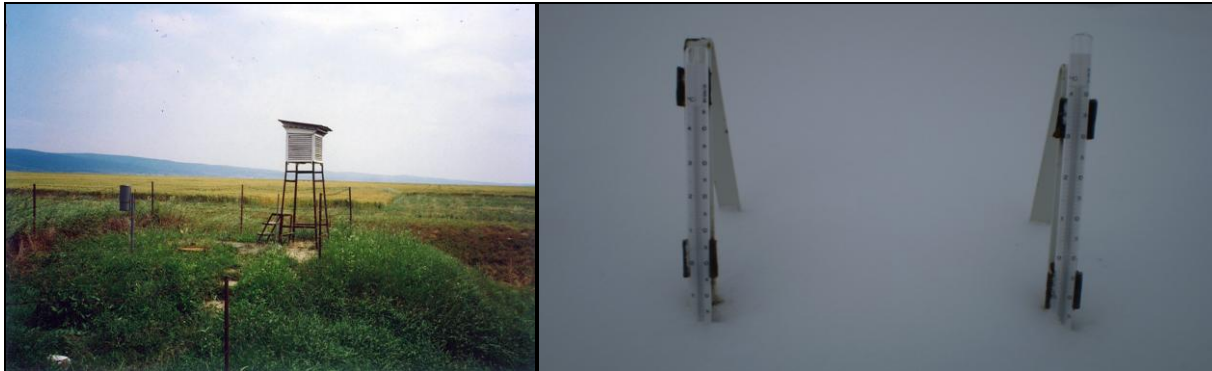
### 2.2. Primjena u praksi

#### 2.2.1. Agrometeorološka mjerenja unutar ratarskih i povrtlarskih kultura

Temperaturu zraka dovoljno je mjeriti na 5 i 200 cm od tla. Posebno su važni podaci mjerenja minimalne temperature zraka na 5 cm od tla jer time se dolazi do informacije o spuštanju temperature zraka ispod



točke smrzavanja. Temperature zraka mjerene na 200 cm ( slik 1) koriste se pri izračunavanju temperaturnih suma, odnosno akumulacije topline tijekom vegetacije.



Slika 1. Agrometeorološka stanica za potrebe ratarstva (lijevo) i mjerenje temperature tla tijekom zime (desno)

Tijekom sjetve, ali i prezimljavanja ozimih ratarskih kultura ( slika 1 ) potrebno je mjeriti temperature tla na 2 i 5 cm dubine. Mjerenja se obavljaju na golom tlu, tj tlu na kojem nema vegetacije. Na postajama s koljenastim živinim termometrima termini mjerenja su u 7, 14 i 21 h.

Mjerenja temperature zraka kod ozimih ratarskih kultura su potrebna već tijekom jarovizacije, odnosno tijekom zime. Mjerenje minimalne temperatura zraka na 5 cm iznad tla pomaže u otkrivanju pojave golomrazice. Tijekom trajanja golomrazice tlo se smrzava, a zatim odmrzava pri čemu se korjenov sustav odvaja od tla. Kako biljka u takvim uvjetima ne može uzimati potrebna hranjiva i vodu, ona propada. Štete na ozimim usjevima nastaju i zbog pojave ledene kore koja može biti viseća ili ležeća, a i ona je posljedica negativne vrijednosti minimalne temperature zraka na 5 cm od tla, ali uz uvjet da su usjevi prekriveni vodom.

Isto tako su važne vrijednosti minimalne temperature tla na 5 cm dubine pri kojima sjeme nekih povrtlarskih kulture počinje nicati. Primjerice, prema Bierhuizen (1974) minimalna temperatura tla na 5 cm dubine potrebna za nicanje špinata je 5.0° C, graška 9.0° C, a peršina 13.0° C.

Količina oborine se mjeri jednom dnevno ( u 7 h ) iz koje se onda procjenjuje sadržaju vode u tlu, da se ustanovio višak i manjak vode potrebne sjemenu za uspješno klijanje i nicanje. Preporuka je da mjerenja količine oborine počinju već tijekom pripreme tla za sjetvu ratarskih kultura. Kako navodi Martinić (1997) forsiranje pripreme tla i sjetva pri višku oborine osobito se štetno odražava na urod.

## 2.2.2. Agrometeorološka mjerenja unutar nasada voćaka i vinove loze

Mjerenje minimalne temperature zraka unutar nasada voćaka potrebno je početi već nakon berbe. Naime, prema Hadroviću (1997) osjetljivost pupova bresaka na stradanje od niske temperature zraka najveća je na kraju jeseni, odnosno kad breskve uđu u fazu mirovanja. Mjerenja minimalne temperature zraka moraju se obavljati i tijekom zime. Provedena istraživanja spomenutog autora dokazala da svi cvjetni pupovi bresaka stradavaju pri temperaturi zraka od -25.0° C. Međutim, prema Miljkoviću (1991) tijekom zime kad je minimalna temperatura zraka samo 90 minuta na -17.0° C stradava 98% cvjetnih pupova bresaka. Naglasak na mjerenja temperature zraka na 50 i 100 cm od tla unutar voćnjaka pa i vinograda, interesantan je tijekom travnja i svibnja kad dolazi do pojave advektivnog ili radijacijskog mraza. U tablici 1. osjetljivost na niske temperature zraka pokazuje kako su voćke najosjetljivije u fazi zametnutih mladih plodova.

Tablica 1. Osjetljivost na niske temperature zraka (Otošec, 1980)

Voćke	Puna cvatnja	Mladi zametnuti plodovi
Jabuka	2.2° C	1.7° C
Kruška	2.2° C	1.1° C
Breskva	2.7° C	1.1° C
Šljiva	2.2° C	1.1° C
Orah	1.1° C	1.1° C

I tijekom sadnje loznih cjepova vinogradare zanima temperatura tla na 20 cm dubine (slika 3 ). Njena srednja vrijednost mora biti jednaka ili veća 10 °C, što je prvi preduvjet ne samo probijanja pupova kroz voštanu ovojnicu, nego i početka kolanja sokova iz generativni u vegetativni dio biljke.



Slika 3. Mjerenje temperature tla na nakon sadnje loznih cjepova (ljevo) i mjerenje oborine u vinogradu (desno)

Tijekom vegetacije vinove loze potrebna su i mjerenja oborine (slika 3 ), te i relativne vlažnosti zraka na 50 i 100 cm iznad tla. Poznato je da pojava i širenja biljnih bolesti i štetnika ovisi o relativnoj vlažnosti zraka i količini oborine.

### 2.2.3. Specijalna agrometeorološka mjerenja

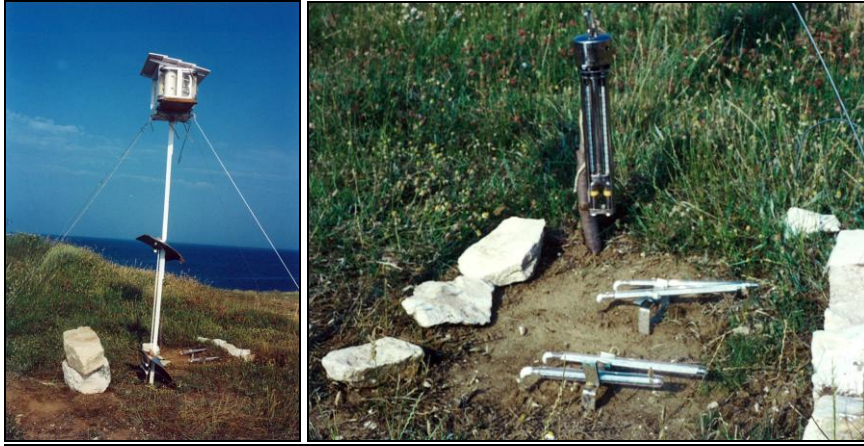
#### 2.2.3.1. Mjerenja na otvorenom prostoru

Agrometeorološka mjerenja mogu biti i specijalna, a to znači da se ona obavljaju s točno definiranim ciljem. Jedno od takvih mjerenja provodila su se tijekom veljače i lipnja 1997. god. na rtu Kamenjak. Cilj je bio utvrditi specifičnosti mikroklimatske staništa nekih biljnih zajednica. Kako su mjerenja bila učestala, a mjesto Premantura udaljeno od lokaliteta postavljenih instrumenata, unutar kruga mjerenja podignut je logor namijenjen boravku osoblja s pripadajućom opremom (slika 4).



Slika 4. Mjerenja na rtu Kamenjak

Mjerenja su se odnosila na mjerenje temperature i relativne vlažnosti zraka i to na više razina a temperature tla na 5 i 20 cm dubine (slika 5 ).Oborine su mjerene kišomjerom. Za mjerenja dnevnog hoda temperature i relativne vlažnosti zraka na 200 cm od tla korišten je termohigrograf. Smjer i brzina vjetra mjerena je ručnim anemometrom. Mjerenja su trajala 7 dana, a rezultati su bili dio izvješća projekta geobotaničkih istraživanja spomenutog rta. Nosiocelj projekta bio je Zavod za botaniku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 5. Mjerenje temperature zraka 5 , 100 i 200 cm izna tla (lijevo) i mjerenje temperature zraka, tla te relativne vlažnosti zraka (desno)

Tijekom boravka na rtu Kamenjak pratile su se i meteorološke pojave. Slika duge (slika 6 ) iznad meteoroloških instrumenata jedna je od zabilježenih pojava koja nas i danas podsjeća na cjelodnevni, a i noćni boravak uz meteorološke instrumente na tru Kamenjak.



Slika 6. Pojava duge tijekom mjerenja na rtu Kamenjak

#### 2.2.3.2. Mjerenja u zatvorenom prostoru

Jedno od specijalnih mjerenja odnosi se i na mjerenja u stajama (slika 7). Tijekom ožujka i svibnja 1986. na zahtjev Instituta za mehanizaciju, tehnologiju i graditeljstvo u poljoprivredi Fakulteta poljoprivrednih znanosti, današnjeg Agronomskog fakulteta u Zagrebu obavljeno je mjerenje mikrokime staja za tov junadi PPK „Kutjevo“.



Slika 7. Mjerenja u stajama za tov junadi

Problem je bio utvrditi učestalost oboljenja teladi od Broncho pneumonije. Osim temperature i relativne vlažnosti zraka mjereno je strujanje zraka na prozorima i otvorima za ventilaciju, te koncentracija ugljičnog dioksida, amonijaka i sumporovodika. Mjerenja su se obavljala od 0 – 24 sata svaka 3 sata u trajanju od 7 dana. Tijekom provedenih mjerenja utvrđene su visoke vrijednosti temperature i relativne vlažnosti zraka u zoni boksova s junadi. Koncentracija ugljičnog dioksida također je bila vrlo visoka. Uzrok neadekvatne mikroklimе staja bio je nepravilno izveden rešetkasti pod, termička izolacija krova, te veličina prozora.

### **3. ZAKLJUČAK**

Svjesni već utvrđenih klimatskih promjena i na području Hrvatske, potreba kontinuiranih mjerenja meteoroloških elemenata u neposrednoj blizini poljoprivrednih kultura iz dana u dan sve je veća. Agrometeorološka mjerenja moraju se obavljati ispravno, tj. prethodno baždarenim instrumentima, moraju poštovati pravila definirana od Svjetske meteorološke organizacije, te moraju zadovoljavati osnovne principe reprezentativnosti mikroklimе poljoprivrednih kultura.

Težeći potpunoj automatiziranosti agrometeoroloških postaja, ne smiju se događati eventualne pogreške vezane na kontinuitet mjerenja. Svaki gubitak i jednog zadanog mjerenja, neovisno o uzroku, je nenadoknadiv. Upravo zato, samo savjesnim pristupom takvim mjerenjima od strane proizvođača automatskih agrometeoroloških postaja, pogreške su minimalne. No, u uvjetima kad su novčana sredstva ograničena, agrometeorološka mjerenja klasičnom meteorološkim instrumentima još uvijek bi morala naći svoju primjenu.

### **4. LITERATURA**

Hadrović, A. i I. Miljković, 1997: Prilog istraživanju osjetljivosti cvjetnih pupova sorti bresaka i nektarina na niske zimske temperature, *Gospodarski list*, Zagreb, 445–455.

Miljković, I. 1991: *Suvremeno voćarstvo*, Znanje, Zagreb, 1–547.

Otorepec, S. 1980: *Agrometeorologija*, Nolit, Beograd

Rierhuizen, J. F. und Wagenvoort, W. A. 1974: Some aspects of seed bermination in vegetables. *Sci Hortic.* 2, 213–219.

# Kratkoročna agrometeorološka prognoza za potrebe poljoprivrede

Marko Vučetić

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, marko.vucetic@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

Prognoza vremena za potrebe poljoprivrede ili preciznije agrometeorološka prognoza, za širu javnost pojavljuje se od 1988. godine prvenstveno u periodičkim časopisima ili specijaliziranim dodacima pojedinih dnevnih novina. Istina, i prije ove godine bilo je pokušaja prognoziranja vremenskih situacija nepovoljnih za poljoprivrednu proizvodnju kao što je pojava mraza (pad temperature zraka ispod točke smrzavanja) ili razvoj pojedinih bolesti ili štetnika s obzirom na vremenske uvjete (temperatura zraka, količina oborine, relativna vlažnost zraka i sl.). Međutim, svi su ti pokušaji bili na razini inicijative pojedinaca prvenstveno voćara, a time i kratkoga vijeka. U početku agrometeorološke prognoze više su bile klimatološkog karaktera. Naime, više su se oslanjale na klimu pojedinog kraja, a manje na prognozirane meteorološke vrijednosti. Kako je prognoza vremena bivala sve pouzdanija i sve dugoročnija, tako se i agrometeorološka prognoza sve više oslanjala na prognozirane vrijednosti. Ujedno su se iz prognoziranih osnovni meteoroloških vrijednosti postupno mogli dobiti i izvedene vrijednosti kao isparavanje s površine tla, te je time agrometeorološka prognoza dobila na još većoj važnosti i postaje potreba koju se uvažava kod planiranja obavljanja radova u poljoprivredi.

Danas se agrometeorološka prognoza može čuti na HR-1 (Za selo i poljoprivredu) gdje se redovito emitira od 1990., na HTV-1 (Plodovi zemlje, Dobro jutro Hrvatska, slika 1) od 1999., a nakon kraćeg prekida od 2004., a DJH od 2009., u raznim specijaliziranim časopisima od 2004 (Maslina, Mljekarstvo i td.). Na WEB stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda (meteo.hr) od 2004. izrađuje se Agrometeorološki bilten za pet hrvatskih regija. Posebno je zanimljiv slučaj izrade agrometeorološke prognoze za potrebe klijenta jedne banke kojima se od 2008. dostavljala putem SMS poruka.



Slika 1. Primjer agrometeorološke prognoze (HTV-1, *Dobro jutro Hrvatska*)

## 2. PODACI I METODE

Osnovne informacije koje nudi danas dostupna agrometeorološka prognoza jesu podaci o očekivanim najvišim i najnižim vrijednostima temperature zraka, količini oborine i srednjoj dnevnoj temperaturi tla obično na 10 cm dubine (ponekad i do 100 cm dubine). Osim ovih podataka objavljuju se i podaci o očekivanoj insolaciji (osunčavanju) odnosno očekivanom broju sati sisanja Sunca, količini isparene vode s slobodne površine tla, relativnoj vlažnosti zraka, temperaturnim sumama i dr. Kod prognoziranja pojedinih ovih vrijednosti veće poteškoće nastaju kod prognoziranja količine oborine. Međutim, već sama prognoza da li će biti ili ne, oborine u nekom razdoblju i te kako je korisna informacija prema kojoj se može planirati košnja livada, žetva ratarskih kultura, obavljanje zaštite od bolesti i štetnika, gnojidba i sl. Kod prognoze gubitka (isparavanjem) vode s slobodne površine tla poteškoća nastaje jer mjerenja pomoću isparitelja razreda A, u mreži meteoroloških postaja DHMZ-a, nisu dostupna kao dnevni podatak nego kao mjesečno izvješće te se prognozirane vrijednosti ne mogu usporediti s izmjerjenima. Tako su vrijedni podaci o isparavanju bilo prognozirani bilo izmjereni neupotrebljivi za agrometeorološku prognozu, a time i za poljoprivredu napose u slučaju potrebe navodnjavanja.

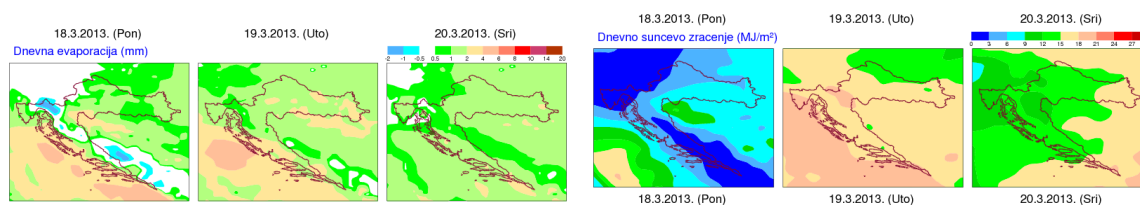
Podaci o temperaturnim sumama su također slabo iskorišteni. Naime temperaturne sume računane su po formuli:

$$TS = ((T_{maks} + T_{min})/2) - T_p$$

gdje su:  $T_{maks}$ ,  $T_{min}$  – dnevna maksimalna i minimalna temperatura zraka,  $T_p$  – temperaturni prag (5°C, 7°C i 12°C).

U agrometeorološkoj prognozi obično su se prikazivale temperature sume iznad tri temperatura praga (5°C, 7°C i 12°C) i time uvažavao početak vegetacije kod šumskog drveća i grmlja (5°C), kod voćaka (7°C) i iznad praga od 12°C kao pokazatelj mogućeg temperaturnog stresa kod biljaka. Međutim, ovakav pristup i prikaz temperaturnih suma pokazao se nerazumljiv za veći broj korisnika i time neiskoristiv u praksi što ukazuje na nedovoljno poznavanje iskoristljivosti temperaturnih suma u praksi ali i na potrebu mijenjanja ovakvog oblika prezentacije i time poboljšanja agrometeorološke prognoze.

Poboljšanje agrometeorološke prognoze moguće je postići i korištenjem sve većeg prognostičkog materijala i dakako, poboljšanjem klasične prognoze vremena. Međutim to nije dovoljno. Obim prognostičkog materijala koji stoji na raspolaganju DHMZ-u dovoljno je velik da bi agrometeorološka prognoza bila daleko više korisna nego li je to slučaj danas. Pored standardnog prognostičkog materijala za agrometeorološku prognozu bi se mogli koristiti i specifični produkti Europskog centra za srednjoročnu prognozu (ECMWF, slika 2) kao što su, prognozirane vrijednosti temperature tla, sadržaj vlage u tlu sve na raznim dubinama, ili dnevno Sunčevo zračenje i dnevno isparavanje s površine tla. Međutim, zbog nedostatka ili nedostupnosti tih izmjerenih vrijednosti na meteorološkim postajama nije moguće verificirati prognostičke vrijednosti s stvarnim stanjem pa se prognozirane vrijednosti niti ne daju za javnost kroz agrometeorološku prognozu.



Slika 2. Prognozirane dnevne vrijednosti evaporacije i Sunčevog zračenja (izvor: ECMWF)

Veliki nedostatak dosadašnjih agrometeoroloških prognoza je potpuni izostanak prognoze pada temperature zraka ispod točke smrzavanja napose one na 5 cm od tla (mraz) tijekom proljeća i jeseni kada takva nagla hlađenja prizemnog sloja zraka izazivaju velike štete u voćarstvu i povrćarstvu. Među nedostatke možemo ubrojiti i izostanak prognoze vlažnosti lista i vlažnosti tla odnosno zalihama vode u tlu. Uz već spomenuti nedostatak vezan uz isparavanje vode s slobodne površine tla ovo čini agrometeorološku prognozu nepotpunom, a raspoloživi prognostički materijal neiskorištenim.

Posebno u agrometeorološkoj prognozi izostaje čvršća veza između vremenskih uvjeta i nastupa pojedinih fenoloških faza biljaka, barem onih važnijih u pojedinom uzgojnom području kao i divljih biljaka čije je medenje važno za pčelare.

Ovim nedostacima svakako treba pribrojiti i nepostojanje sustavnog upozorenja (postoji *Meteoalarm* koji je preopćenit) kojim bi se upozorilo na vremenske prilike koje izazivaju štete u poljoprivredi kao mraz, tuča, obilna oborina (kiša, snijeg), kiša koja se ledi u dodiru s podlogom, jak i olujan vjetar, suša, poplava itd.

### 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Agrometeorološka prognoza nudi iznimno korisne informacije uz pomoć kojih se mogu spriječiti ili barem ublažiti štete u poljoprivredi izazvane nepovoljnim vremenskim uvjetima. Za takvim informacijama postoji „potražnja“ korisnika koju ne prati adekvatna ponuda. Uglavnom se agrometeorološke prognoze svode na procjenu gledanosti emisije ili čitanosti tiska a ne na korisnost informacije. Time je korisnost agrometeorološka prognoze prepuštena ocjeni urednika emisije ili časopisa i dnevnog tiska.

Da bi se povećala korisnost agrometeorološke prognoze trebalo bi sve informacije više usmjeriti na određeno godišnje doba, na određene kulture i njihove osjetljive fenološke faze te na specifične radove koji se obavljaju u danom trenutku. Uz to agrometeorološka prognoza mora povezati vremenske uvjete i nastupe fenoloških faza kod važnih kultura i divljih biljaka čije je medenje važno za pčelare. Poželjno bi bilo uvesti sustav upozorenja na nepovoljne vremenske prilike koje mogu izazvati velike štete u poljoprivredi.

# Sezonske prognoze i poljoprivreda

Lovro Kalin

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, lovro.kalin@cirus.dhz.hr

## 1. UVOD

Meteorološki uvjeti su vrlo važni u svim granama poljoprivrede. Naoblaka (posljedično i količina Sunčevog zračenja), temperatura zraka, oborina, vjetar, vlažnost i mnogi drugi atmosferski elementi snažno utječu na razvoj većine poljoprivrednih kultura. Posebno je to naglašeno u posljednja dva desetljeća, kada su – zbog klimatskih promjena – sve češća ekstremna atmosferska stanja. Ona u pravilu nepovoljno utječu na poljoprivredne kulture: npr. suša, obilne količine oborine (poplave), mraz, toplinski stres (visoke temperature) itd.

Vremenska prognoza je stoga važan proizvod za mnoge poljoprivrednike. Osim standardnih srednjoročnih (desetodnevnih), u novije vrijeme velik je interes za dugoročnim (mjesečnim i sezonskim) prognozama. Njihova je pouzdanost zasad ograničena, no u posljednjih desetak godina – koliko su u upotrebi – ubrzano se razvijaju. Pouzdana informacija o mogućem razvoju sezone koja predstoji omogućila bi bolje planiranje i olakšala pravovremenu zaštitu od mogućih nepovoljnih utjecaja, koji nerijetko mogu biti i katastrofalni.

## 2. PODACI I METODE

U Državnom hidrometeorološkom zavodu (DHMZ) se redovno, jedanput mjesečno, izdaje sezonska prognoza. Ona sadrži informaciju o vremenskom razvoju za sljedeća tri mjeseca, i to za dijelove Hrvatske s karakterističnim klimatskim prilikama (središnja Hrvatska, Slavonija, gorska Hrvatska, sjeverni Jadran, Dalmacija – slika 1). Važna je osobitost dugoročne prognoze da ne prognozira vrijeme za pojedine dane ili kraće intervale, nego ukupno odstupanje nekog klimatološkog elementa (npr. temperature zraka ili oborine) u čitavom prognoziranom razdoblju, uz pripadajuću vjerojatnost ostvarivanja tog događaja. Stoga je i za krajnjeg korisnika vrlo važno da razumije način interpretiranja dugoročnih prognoza, koji se uvelike razlikuje od kratkoročnih i srednjoročnih prognoza.

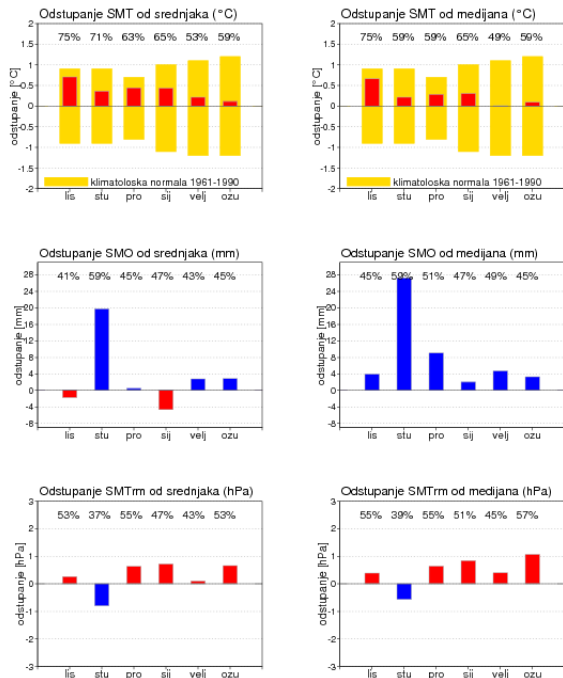
Dugoročne prognoze u pravilu su tzv. ansambl prognoze, po uzoru na srednjoročne ansambl prognoze koje su se u numeričkog prognozi vremena pojavile osamdesetih godina prošlog stoljeća. Tako se na početne uvjete uvode neznatne promjene (perturbacije) koje vremenom rezultiraju različitim rješenjima prognostičkog modela. Korištenjem svih rješenja – bilo upotrebom srednjaka ili pak udruživanjem u grozdove (clustere) – dobija se uvid u vjerojatnost ostvarivanja nekog (najizglednijeg) rješenja, ali i u mogućnost ostvarenja alternativnih rješenja.

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

U DHMZ-u se sezonske prognoze redovno verificiraju. Rezultati verifikacije u pravilu ukazuju na pojavu tzv. «slabog signala», odnosno prognozu anomalije koja je vrlo često mala u usporedbi sa stvarno izmjerenom. To se posebno odnosi na prognozu anomalije temperature, čija je varijanca čak za red veličine manja od stvarne. Osim toga, prognoze su u prosjeku „hladnije” od stvarnih temperatura, što u praksi znači da se ekstremno tople sezone – koje su u posljednja dva desetljeća bile česte – ne prognoziraju dovoljnim intenzitetom. Ipak, ostvarena je stanovita vještina, a ona se očituje npr. u relativno pouzdanom prepoznavanju vjerojatnosti za pojavu iznadprosječno tople ili hladne sezone. Zbog svega se nameće potreba – umjesto korištenja srednjaka (medijana) ansambla – da se na osnovu članova ansambla računa vjerojatnost pojavljivanja nekog (ekstremnog) događaja. Prognoza oborine općenito se smatra još manje pouzdanom.

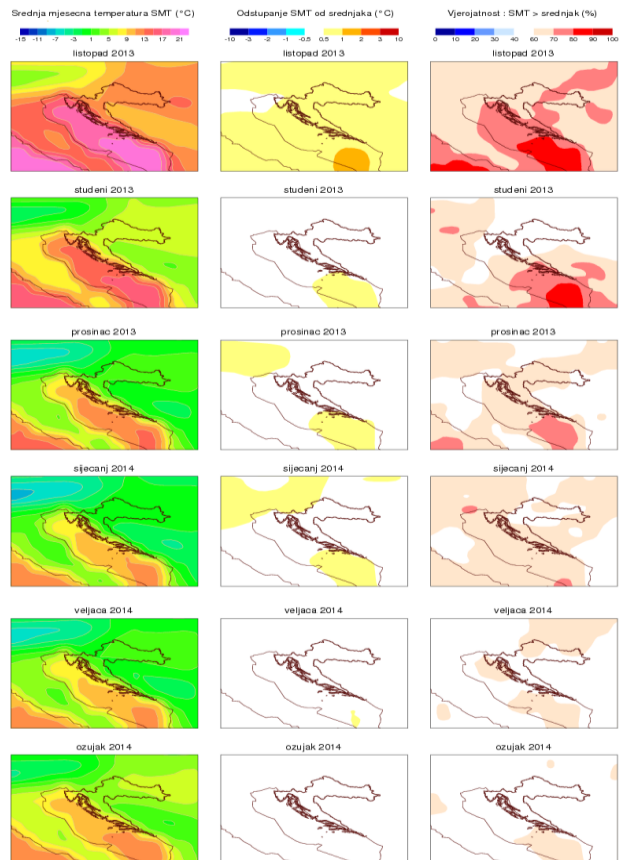
Meteorološki uvjeti su vrlo važni u poljoprivredi, posebno zbog sve češćih ekstremnih stanja, koja u pravilu nepovoljno djeluju na mnoge kulture. Zbog toga je sve veći interes za dugoročnim vremenskim prognozama, koje se redovito izdaju na Državnom hidrometeorološkom zavodu. Njihova pouzdanost postupno raste, no za krajnjeg je korisnika vrlo važno da upozna njihove karakteristike i pravilno ih tumači, što će mu omogućiti bolje planiranje sezone i pravovremenu zaštitu od nepovoljnih utjecaja.

ECMWF sezonska prognoza za Dalmaciju  
 Odstupanja prognoza od klimatologije modela po mjesecima  
 Izracun modela: 08.09.2013.



ECMWF SEZONSKA PROGNOZA PO MJESECIMA

Izracun modela: 08.09.2013.

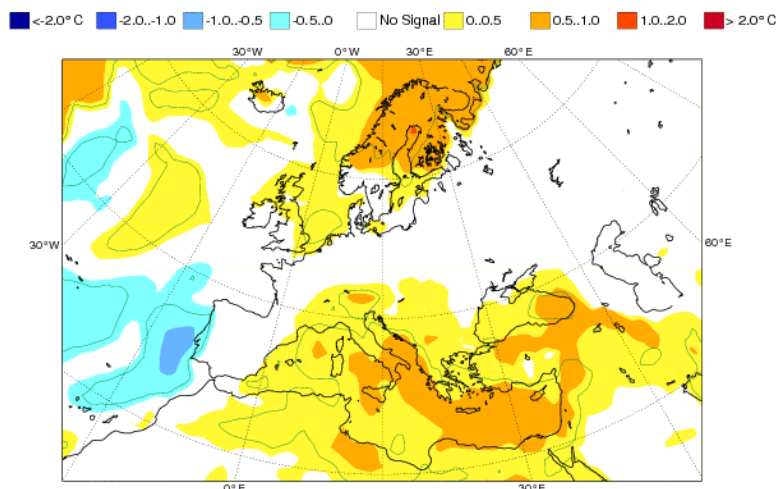


Slika 1. Primjer vizualizacije sezonske (šestomjesečne) prognoze ECMWF-a za Hrvatsku (lijevo), kao i izvod elemenata za pojedine regije, npr. Dalmaciju (desno)

Glavni izvor u dugogročnim prognozama DHMZ-a je sezonska (šestomjesečna) prognoza Europskog centra za srednjoročnu prognozu vremena (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) u Readingu u Velikoj Britaniji (slika 2). Ona sadrži prognozu odstupanja srednjaka glavnih elemenata (srednja temperatura, ukupna količina oborine i tlak) od klimatološkog prosjeka.

ECMWF Seasonal Forecast  
 Mean 2m temperature anomaly  
 Forecast start reference is 01/09/13  
 Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4  
 OND 2013  
 Shaded areas significant at 10% level  
 Solid contour at 1% level



Slika 2. Primjer sezonske (tromjesečne) prognoze ECMWF-a za listopad, studeni i prosinac 2013. Prikazana je prognoza odstupanja srednje temperature, u odnosu na klimatološki srednjak.



# Utjecaj ekstremnih vremenskih prilika na pritjecanje hraniva do korijena biljke i njihovo premještanje iz korijena u nadzemne dijelove

Tomislav Ćosić

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, tcosic@agr.hr

Tomislav Karažija

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, tkarazija@agr.hr

## 1. UVOD

Glavni cilj je ukazati na nepovoljne klimatske čimbenike, posebice nedostatak vode, u ishrani bilja. Iznijeti nekoliko važnijih momenata o vlazi u tlu, pritjecanju hraniva vodom do korijena biljke, premještanju hraniva iz korijena u nadzemne dijelove biljke vodom i općenito o ulozi vode u biljci.

## 2. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

### 2.1. Uloga vode u tlu

Voda je od presudne važnosti za pritjecanje hraniva do korijena biljke, ulazak hraniva u apoplast korjenove dlačice, a posebice za premještanje pojedinih hraniva iz korijena u nadzemne organe biljke (list). Kretanje hraniva otopinom i ulazak otopine u korijen, a koja sadrži nisko molekularne spojeve poput iona, organskih kiselina, aminokiselina, šećera, u stanice korijena u „slobodni prostor“ (eng. *free space*) pasivan je proces (nemetabolički), a vođen je **difuzijom ili masovnim strujanjem vode**. Difuzija je kretanje čestica plina ili otopine iz veće koncentracije u manju i proporcionalna je razlici koncentracija, a naziva se difuzijski ili koncentracijski gradijent. Naime, kada biljka troši hraniva, u neposrednoj okolini korijena dolazi do „pražnjenja“, odnosno smanjenja koncentracije u odnosu na okolni medij. Hraniva stoga slučajnim termalnim gibanjem (difundiranjem) počinju strujati iz više koncentracije u nižu, odnosno iz okolnog medija ka korijenu, dok se koncentracije ne izjednače.

Čimbenici koji utječu na brzinu pritjecanja iona do korijena difuzijom (fluks) su:

- koncentracija pojedinog iona u otopini tla,
- mobilnost iona,
- intenzitet primanja iona,
- vlaga tla.

Koncentracije pojedinih iona u okolini korijena se mijenjaju. Na početku absorpcijskog perioda mogu biti vrlo visoke, a onda polako padaju, na što značajno utječe kapacitet tla iz kojeg se hraniva oslobađaju u otopinu tla (plodnost tla). Što je veća koncentracija iona u otopini tla, bolje je primanje, odnosno korijen prima više iona po jedinici površine.

Mobilnost iona je različita pa i difuzija nije jednaka za sve ione. Korijen se difuzijom snabdijeva uglavnom s ionima kojih ima malo u otopini tla (fosfatni,  $K^+$  te  $NH_4^+$ ). Najmobilniji je  $NO_3^-$  ( $D = 5 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) te ima i najveću zonu pritjecanja do korijenove dlačice (do 2 cm udaljenost).

U nedostatku vlage u tlu otežan je difuzijski tok otopine prema korijenu. Razlog tome je što se suze promjeri pora po kojima se normalno kreće voda jer se napune zrakom. Vlažna opna koja okružuje čestice tla je sve tanja, pa je i veća privlačna moć između pojedinih čvrstih čestica i više se iona veže. Time se povećava kapacitet zamjene, otopina tla postaje sve razrijeđenija, a koeficijent se smanjuje tako da u suhom tlu može biti 10 do 100 puta niži u odnosu na vlažno tlo.

Masovno ili slobodno strujanje vodom ima značajnu ulogu za hraniva koja se nalaze u otopini tla u visokim koncentracijama te kada je visoka transpiracija. Tada se značajne količine vode kreću prema korijenu noseći sa sobom otopljene tvari (hraniva) koje biljka zajedno s vodom prima. Svakako, ukoliko nema dovoljno vode u tlu, nema ni strujanja hraniva, dok prevelike količine vode mogu povećati ispiranje hraniva. U sušnom razdoblju limitirajući čimbenik rasta biljaka je nedostatna opskrbljenost hranivima, a potom vodom. Transport hraniva masovnim strujanjem vode značajan je za anione:  $NO_3^-$ ,  $BO_3^-$ ,  $HBO_3^-$ ,  $H_2BO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $MoO_4^{2-}$ , kao i za katione koji se iz tla premještau prvenstveno ksilemom ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ).

## 2.2 Uloga vode u biljci

Život biljke, kao i svih ostalih bića, ovisi o vodi. Prosječan sadržaj vode u biljci kreće se oko 70%, sadržaj organske tvari iznosi oko 27%, a mineralne tvari oko 3%. Mlado tkivo biljke sadrži i daleko više vode, od 90 do 95%. U biljci razlikujemo nekoliko vrsta vode, a svaka od njih ima određenu funkciju.

**Transpiracijska ili slobodna voda** struji od korijena do lišća i cvjetova i isparava se nadzemni organima biljke, prvenstveno preko lista. Ona služi za hlađenje, odnosno reguliranje topline biljke kao i za translokaciju tvari iz korijena u nadzemne organe biljke.

Voda koja ulazi u kapilarne prostore staničnih stijenki i drugih dijelova stanica je **imbibiciona** voda. Ta voda predstavlja samo mali dio od ukupne vode u biljci i prouzrokuje bubrenje, npr. sjemena. Ona je adsorbirana na površini organela, staničnih stijenki, ionima i molekulama. Voda u biljci je često vezana i u organskim spojevima. To je **metabolitička ili vezana voda**.

Uloga vode u biljnom organizmu je višestruka. Ona se može smatrati biljnim hranivom jer snabdijeva biljku vodikovim atomima i kisikom, koji se oslobađaju prilikom cijepanja vode kod fotosinteze (fotoliza vode), a potrebni su za tvorbu svih organskih spojeva. Voda je neophodno potrebna za proces fotosinteze, iako se za taj proces troši samo 0,01% od ukupne količine vode koju biljka koristi. Bez vode ne može doći do premještanja i raspodjele hraniva i metabolita u biljci. Ona omogućuje premještanje hraniva iz korijena u nadzemne dijelove biljke te premještanje stvorenih asimilata iz lišća u druge organe biljke. Sve biokemijske i fiziološke reakcije u biljci odvijaju se uz učešće vode. Voda u vakuoli potrebna je za održavanje **turgescenosti** biljnih stanica. Voda je također potrebna za klijanje sjemena jer pomoću nje dolazi do bubrenja organske tvari u sjemenu i do aktivacije enzima. Voda u biljci omogućava otapanje organskih i anorganskih soli i šećere.

## 3. LITERATURA

- Anić, Jelka, 1973: Ishrana bilja, Zagreb.  
Anić, Jelka, 1991: Voda u sistemu tlo – biljka – atmosfera. Zagreb.  
Butorac, A. 1999: Opća agronomija. Školska knjiga, Zagreb  
Vukadinović, V. i V. Vukadinović, 2011: Ishrana bilja. „Zeba“ Vinkovci.

# Promjene plodoreda u uvjetima navodnjavanja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj

Nada Dadaček

Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, ndadacek@vguk.hr

Tomislava Peremin Volf

Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, tperemin@vguk.hr

## 1.UVOD

Plodored je smišljeni sustav iskorištavanja poljoprivrednih površina uzgojem ratarskih i povrćarskih kultura na oranicama. Kako nekad, tako i danas, plodored zauzima ključno mjesto u biljnoj proizvodnji i njegovim uvođenjem započinje II. poljoprivredna revolucija za koju se sa sigurnošću može reći da je jedno od najuravnoteženijih razdoblja u agrikulturi uopće.

Pri čestom uzgoju iste kulture na istoj površini dolazi do pojave umornosti tla. Umornost tla je opći izraz za sve uzroke koji dovode do stalnog smanjenja prinosa, a koja nastaje zbog čestog vraćanja iste kulture na istu površinu ili monokulture, tj. stalnog uzgoja iste kulture na istoj površini. Plodored, osim na prinos, djeluje na plodnost tla te ga čuva od erozije. Izbor plodoreda, a time i kultura u plodoredu, uvjetuju brojni čimbenici, od kojih su najvažniji:

- agroekološki uvjeti nekoga područja, od kojih je dominantna klima,
- želje i ovlasti poljoprivrednika za granu proizvodnje kojom se žele i mogu baviti,
- potrebe gospodarstva za kvalitetnom i jeftinom hranom za podmirenje vlastitih potreba,
- zahtjevi tržišta koji određuju ratarske, povrćarske i plodorede industrijskog bilja, a koji moraju zadovoljiti potrebe konzumenata i prerađivačke industrije.
- postojeća proizvodnja i opskrbljenost gospodarstva opremom i skladišnim prostorom
- tradicija uzgoja pojedine kulture na nekom području jer je to potvrda povoljnih agroekoloških uvjeta,
- cijena i ekonomičnost proizvodnje, važni u uvjetima tržišnog gospodarenja.

Budući da su agroekološki uvjeti, tlo s pripadajućim reljefom i klima, dominantni čimbenici o kojima ovisi plodored, oni značajno utječu na poljoprivrednu proizvodnju nekog uzgojnoga područja. Tlo sa svojom bonitetnom vrijednošću kompleksno djeluje na biljku pa su tla ilovaste teksture pogodna za sve kulture, lagana, pjeskovita tla pogodnija su za uzgoj gomoljastog i korjenastog bilja te raži i lupine, a glinasta tla za trave i strne žitarice.

Klimatski elementi kao faktor pedogeneze trajno djeluju na tlo i živi svijet Zemlje. Tako svjetlost različitog spektralnog sastava, intenziteta i trajanja utječe na raspodjelu poljoprivrednih kultura i kakvoću prinosa pa su klimati s >2.000 sati sijanja Sunca i srednjom godišnjom temperaturom >15,0°C pogodni za uzgoj kultura za dobivanje šećera, ulja i aromatičnih tvari, umjerena područja za proizvodnju škroba i bjelančevina, dok se u manje povoljnijim klimatima uzgajaju kulture za vegetativnu masu pa u plodoredu dominiraju trave i djeteline. Toplina je klimatski element koji određuje dužinu vegetacije pa utječe na izbor kultura u plodoredu jer se u područjima s dužom vegetacijom pored kriofilnih i mezofilnih mogu uzgajati i termofilni usjevi. Osim toga, duže vegetacijsko razdoblje omogućuje i sjetvu međusjeka, što omogućuje dvije žetve godišnje. Količina oborine određuje humidnost nekog područja pa ako su i ostali klimatski elementi povoljni, dovoljno vlažna klima s povoljnim rasporedom oborine daje najveću mogućnost izbora kultura. Općenito, pri pomanjkanju oborine tijekom vegetacije birati će se kserofitni usjevi i usjevi koji završavaju vegetaciju prije pojave suše, te usjevi s manjim transpiracijskim koeficijentom kao što su prosolike žitarice, šećerna repa i suncokret. U vlažnijoj, subhumidnoj klimi, u plodored se uključuju i mezofiti kao što su ozime žitarice i mahunarke, dok u humidnoj i perhumidnoj klimi dominiraju krmne trave i djeteline. No, klima je faktor poljoprivrednog staništa na koji najmanje možemo utjecati i pored obrade tla i izbora sorte, navodnjavanje je jedna od najstarijih mjera kojom čovjek ublažava utjecaj klime na biljnu proizvodnju. Utjecaj navodnjavanja na promjenu plodoreda pa tako i na cijelu biljnu proizvodnju sjeverozapadne Hrvatske glavni je cilj ovoga rada.

## 2. PODACI I METODE

U ovom radu korišteni su podaci iz agrotehničkog i agroekonomskog dijela Idejnog projekta navodnjavanja pilot područja u Međimurskoj županiji, koje je Učilište realiziralo s Institutom građevinarstva Hrvatske Zagreb tijekom 2006. Iako smo kasnije sudjelovali na izradi Planova i Projekata navodnjavanja drugih županija i pilot područja na području sjeverozapadne Hrvatske, odabran je ovaj projekt jer je on u potpunosti realiziran i već treću godinu u upotrebi. Za sistematizaciju i određivanje prostornog rasporeda tala na Pilot-području korištena je Pedološka karta Republike Hrvatske, a provedena su i dodatna istraživanja. Klimatske prilike analizirane su na osnovi podataka meteorološke postaje Čakovec i Varaždin. Za detaljnu analizu nivoa poljoprivredne proizvodnje, pa tako i plodoreda, anketirani su svi poljoprivredni proizvođači na pilot području, a korišteni su i statistički podaci Popisa poljoprivrede 2003.

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČCI

Pedološki pokrov Međimurske županije čine nemeliorirana i meliorirana automorfna i hidromorfna tla. Automorfna tla (humusno akumulativna, kambična i lesivirana tla), vlažena su samo oborinskom vodom, a zauzimaju reljefno pozitivne ili dobro ocjedite terene. Nemeliorirana hidromorfna tla su izvan direktnog utjecaja kanala i/ili vodotoka, a povremeno imaju visoku razinu podzemne vode, i/ili sporo procjeđivanje, i/ili stagniranje površinske vode. Hidromeliorirana hidromorfna tla (semiglej, pseudoglej, hipoglej i amfiglej), imaju djelomično ili optimalno regulirani vodo-zračni režim u području direktnog utjecaja reguliranih vodotoka i/ili osnovne kanalske mreže. Prema fizikalnim i kemijskim svojstvima, tla pilot područja pogodna su za sve ratarske, krmne i povrtne kulture na oranicama, te za voćnjake.

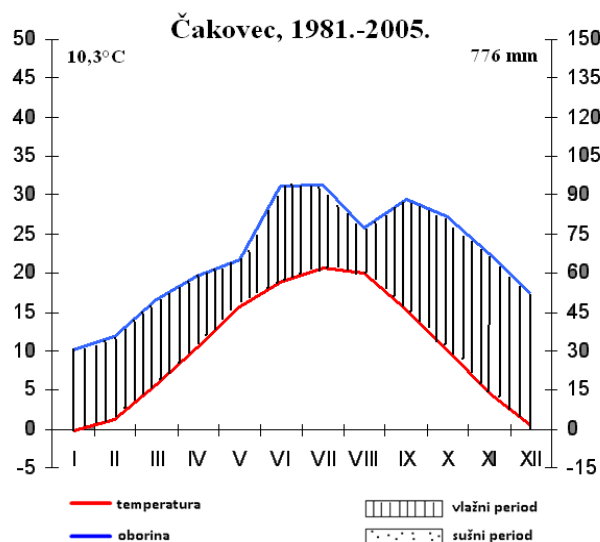
Prema Köpenovoj klasifikaciji klime, cijela nizinska Hrvatska, odnosno Panonska poljoprivredna regija spada u razred umjereno toplih kišnih klima, odnosno tip umjereno tople vlažne klime, koju karakterizira podjednaka količina oborine tijekom cijele godine u širem rasponu 500–1000 mm. Za potrebe poljoprivrede, tj. za poljoprivrednu ocjenu klime koriste se Langov kišni actor, Gračaninov mjesečni actor i grafički prikaz klime Walterovim klimadijagramom.

Pokazatelj humidnosti, odnosno aridnosti nekog područja, Langov kišni actor, za razdoblje 1981–2005. iznosi 78, što znači da Međimurska županija spada u područje humidne klime, odnosno klimatološkom području slabe šume. Međutim, u razdoblju 2000–2005., dvije su godine bile izrazito i jedna manje sušna, kada se je i Langov kišni actor smanjio ispod 60, odnosno u područje semiaridne klime. Prema Gračaninovom mjesečnom faktoru za višegodišnji prosjek, perhumidni su studeni, prosinac i veljača, humidni su ožujak i listopad, semihumidan je rujana, dok aridan i peraridan nije ni jedan mjesec u godini. Grafički prikaz klime Walterovim dijagramom, zorno prikazuje klimu nekog područja jer se jasno uočavaju sušna razdoblja. Naime, sušno razdoblje je ono razdoblje kada se krivulja količine oborine nalazi ispod krivulje temperature zraka.

Tablica 1. Poljoprivredna ocjena klime, Čakovec – višegodišnji prosjek

1981–2005.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$x, \Sigma$
Oborina u mm	31	35	49	59	65	94	75	77	88	82	68	53	776
Temperature u °C	0,0	0,8	5,5	10,3	15,4	18,6	20,5	19,7	15,5	9,9	4,2	0,5	10,0
Toplinska oznaka	n	hl	uhl	ut	t	t	v	t	t	ut	uhl	n	ut
$K_{fm}$ , Gračanin	-	43,7	8,9	5,7	4,2	5,1	3,7	3,9	5,7	8,2	16,1	106	78
Humidnost	-	ph	h	sh	sa	sh	sa	sa	sh	h	ph	ph	h

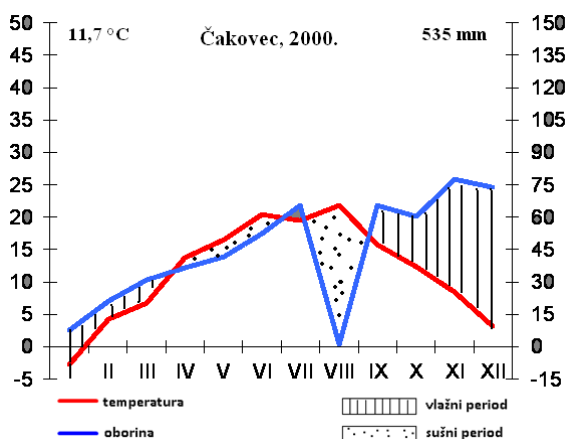
n – nivalan (srednja mjesečna actor ture zraka manja od 0.5°C), hl – hladan (0.5–4.0°C), uhl – umjereno hladan (4.0–8.0°C), ut – umjereno topao (8.0–12.0°C), t – topao (12.0–20.0°C), v – vruć (>20, 0°C), pa –peraridan (ako je Gračaninov mjesečni actor <1.6), a – aridan (1.7–3.3), sa –semiaridan (3.4–5.0), sh – semihumidan (5.1–6.6) h – humidan (6.7–13.3), ph – perhumidan (>13,3)



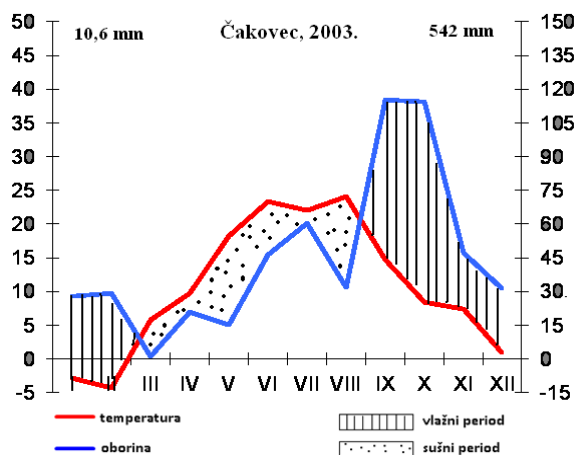
Slika 1. Klimatski dijagram po Walteru, Čakovec 1981–2005.

Iako se u klimadijagramu za razdoblje 1981–2005. ne pojavljuje suša, u klimadijagramima za svaku godinu od 2000. do 2005. kraća ili duža sušna razdoblja pojavljuju se tijekom vegetacije čak i kada je godišnja količina oborine veća od višegodišnjeg prosjeka. Izrazito suhe bile su 2000. i 2003. (slike 2. i 3). U 2000. palo je 535 mm oborine, od čega 261 mm u vegetacijskom razdoblju. Travanj, svibanj i kolovoz bili su izrazito aridni, a u kolovozu je palo samo 0.9 mm oborine. Srednja godišnja temperatura zraka bila je za 1.7°C viša od višegodišnjeg prosjeka, a Langov kišni faktor za 2000. iznosio je 46. Na području cijele Međimurske županije suša je proglašena elementarnom nepogodom, baš kao i 2003. kada je palo 542 mm oborine, od čega u vegetacijskom razdoblju 290 mm. Srednja godišnja temperatura zraka bila je za 0.6°C viša od višegodišnjeg prosjeka, a aridni mjeseci bili su travanj i lipanj. Nakon relativno sušnog kolovoza početkom rujna pale su obilne kličine oborine.

Nedostatak vode tijekom vegetacijskog razdoblja utječe na smanjenje prinosa, ali i na kvalitetu poljoprivrednih proizvoda i dovodi u pitanje isplativost proizvodnje.



Slika 2. Klimatski dijagram po Walteru, Čakovec 2000.

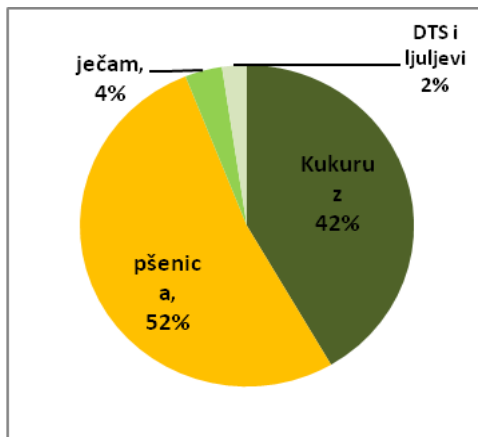


Slika 3. Klimatski dijagram po Walteru, Čakovec, 2003.

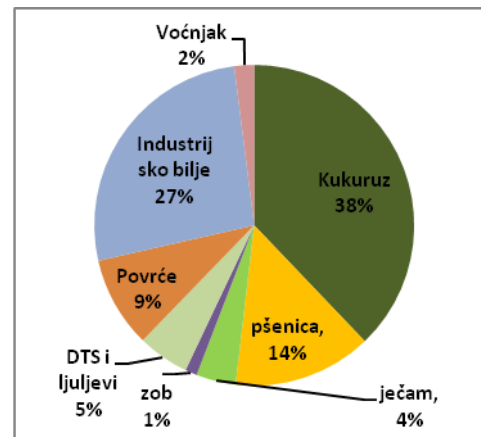
Prema analiziranim svojstvima tla i klimi, ali i poštujući geonomski princip dosadašnje proizvodnje, cijelo pilot područje povoljno je za sve ratarske, povrćarske i krmne kulture na oranicama, te drvenaste kulture. U 2006. u plodoredu na pilot području bili su zastupljeni samo kukuruz i pšenica, te ječam i djetelinsko-travne smjese (DTS).

Navodnjavanje će u klimatski nepovoljnijim godinama osigurati stabilnu proizvodnju navedenih kultura i omogućiti proširenje dosadašnjeg plodoreda na isplativije kulture. Na pilot području idealni su uvjeti za povrćarsku proizvodnju čija se ekonomičnost u uvjetima navodnjavanja povećava s 1.32 na 2.13 dok se

ekonomičnost proizvodnje ratarskih kultura povećava s 0.97 na 1.10. No, ratarske kulture su neizbježne u svakom plodoredu pa je važno stabilizirati njihov prinos. Uz povećanu ekonomičnost povećava se kakvoća proizvoda što omogućava povećanje konkurentnosti na tržištu. Reljefno povišeniji dijelovi pilot područja idealni su za trajne nasade, ponajprije za voćarske kulture.



Slika 4. Struktura sjetve u 2006.

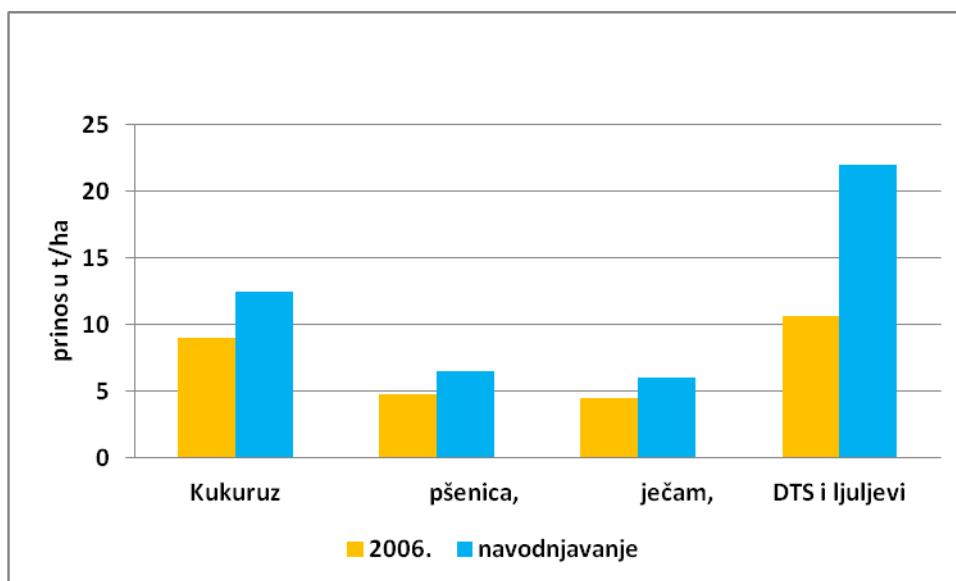


Slika 5. Struktura sjetve u uvjetima navodnjavanja

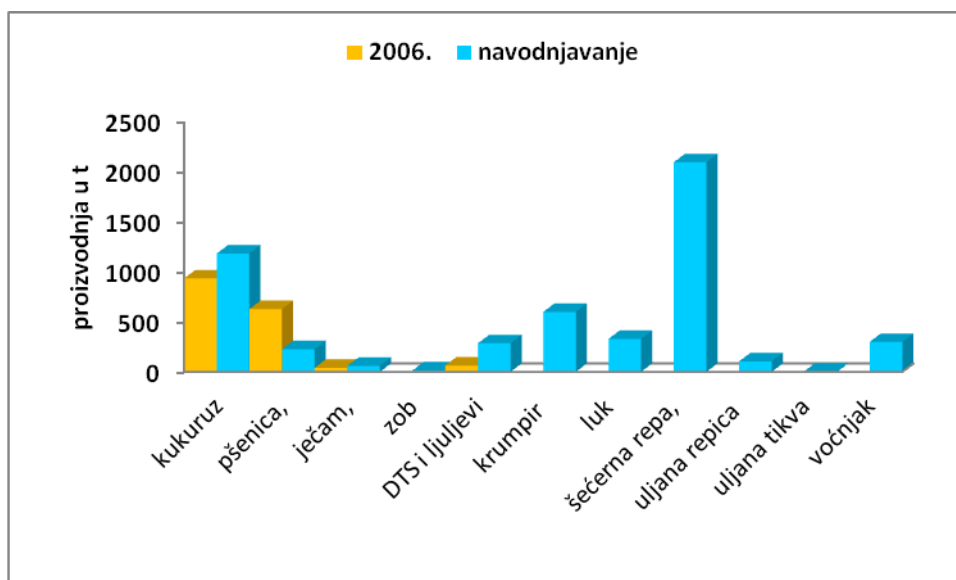
Uz navodnjavanje na istim površinama u prijelaznom razdoblju planiran je uzgoj desetak kultura, a taj broj će vjerojatno rasti do 20. Uz prinos od 12.5 t/ha, na smanjenim površinama kukuruza bi se proizvelo 250 t više. Značajno bi se smanjile površine pod strnim žitaricama, a realno je očekivati i veće prinose. Više prostora ostaje za uzgoj djetelina, trava i djetelinsko travnih smjesa, koji su u suvremenoj poljoprivredi najbolji način odmora tla, a koje dobro reagiraju na navodnjavanje povećanjem broja otkosa pa će se na 13.0 ha proizvesti i do 286 t kvalitetnog sijena. Nikako nije zanemariva proizvodnja 60 vagona krumpira i 33 vagona luka, a to bi bile vjerojatno i prve povrćarske kulture, budući da upravo za te kulture postoje i dragocjena iskustva u proizvodnji. Dobri rezultati postižu se već i sada u proizvodnji šećerne repe te uljnih tikvi i uljane repice. Promjenu plodoreda na oranicama, porast prinosa postojećih kultura i obima proizvodnje na pilot području s i bez navodnjavanja, prikazuju tablica 2. i slike 4–7.

Tablica 2. Zastupljenost kultura, prinosi i obim proizvodnje na pilot području bez navodnjavanja i planirani u uvjetima navodnjavanja (250,3 ha)

KULTURA	ha	Prinos t/ha	Ukupno t	ha	Prinos t/ha	Ukupno t
	bez navodnjavanja			s navodnjavanjem		
<b>Kukuruz</b>	<b>104.0</b>	<b>9.0</b>	<b>936.0</b>	<b>94.8</b>	<b>12.5</b>	<b>1185.0</b>
<b>Strne žitarice</b>	<b>140.0</b>		<b>669.3</b>	<b>48.0</b>		<b>302.5</b>
pšenica,	131.0	4.8	628.8	35.0	6.5	227.5
ječam,	9.0	4.5	40.5	10.0	6.0	60.0
zob				3.0	5.0	15.0
<b>DTS i ljuljevi</b>	<b>6.0</b>	<b>10.5</b>	<b>63.0</b>	<b>13.0</b>	<b>22.0</b>	<b>286.0</b>
<b>Povrće:</b>				<b>23.0</b>		<b>930.0</b>
krumpir				12.0	50.0	600.0
luk				11.0	30.0	330.0
<b>Industrijsko bilje</b>				<b>66.5</b>		
šećerna repa,				30.0	70.0	2100.0
uljana repica				30.0	3.5	105.0
uljana tikva				6.5	1.0	6.5
<b>Voćnjak</b>				<b>5.0</b>	<b>60.0</b>	<b>300.0</b>



Slika 6. Postojeći i planirani prinosi u t/ha na pilot području



Slika 7. Proizvodnja u t na pilot području

Plodored je važna agrotehnička mjera kojom djelujemo na tlo i biljku, tj. usjeve, a koju u značajnoj mjeri definira klima nekog područja. Zbog sve učestalije pojave sušnih razdoblja tijekom vegetacije na istraživanom području uspješnost poljoprivredne proizvodnje ovisit će o primjeni navodnjavanja. Budući da navodnjavanje povećava ulaze u poljoprivredu, ono zahtijeva intenziviranje plodoreda, a to znači uvođenje ekonomski isplativijih kultura i stabilnu proizvodnju usjeva koji se uzgajaju, kako bi agronomi rekli, radi plodoreda.

#### 4. LITERATURA

Dadaček, N. I T. Peremin Volf, 2008: Agroklimatologija. ZRINSKI d.d., Čakovec  
 x x x Idejni i glavni projekt navodnjavanja pilot područja Međimurske županije  
 x x x Osnovna pedološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50.000, sekcije u tiskanom i rukopisnom obliku za područje Međimurske županije, Arhiva na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
 x x x Plan navodnjavanja na području Međimurske županije  
 x x x meteorološki podaci, meteorološka postaja Čakovec

# Mogućnosti šumskog poljodjelstva (agrošumarstva) u Hrvatskoj

Željko Španjol

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, spanjol@sumfak.hr

Damir Barčić

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, damir.barcic@zg.htnet.hr

Roman Rosavec

Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, Zagreb, rrosavec@sumfak.hr

## 1. UVOD

Agrošumarstvo ili šumsko poljodjelstvo (eng. *agroforestry*) obuhvaća tehnologije koje se primjenjuju u šumarstvu i poljoprivredi s ciljem stvaranja veće proizvodnosti, ekonomske opravdanosti, ekološke prihvatljivosti i održivog korištenja zemljišta. Osnovni sustavi u agrošumarstvu prema Nairu i ICRAF-u (1991) su: agrosilvikultura (poljoprivredna kultura – ratarska + šumska kultura), podizanje šumskih kultura i plantaža uz stočarsku namjenu, agrosilvikultura uz stočarstvo (poljoprivredne kulture i pašnjačke površine ili osnivanje šumske kulture uz animalne vrste – stoka ili divljač). Cilj rada je ukazati ne samo na mogućnosti koje su prikazane prema Jarvis-u (1991), već i na dosadašnju primjenu agrošumarstva u Hrvatskoj (Vukelić i sur., 2001).

## 2. PODACI I METODE

U radu su primijenjene metode analize i sinteze i metoda kompilacije.

## 3. REZULTATI I ZAKLJUČNE NAPOMENE

Agrošumarstvo u svijetu se primjenjuje na poljoprivrednom i šumskom zemljištu, uključujući područja s narušenim stanišnim uvjetima (erodibilna područja, ekonomski slabo vrednovana devastirana i degradirana područja).

Agrošumarski sustavi trebali bi zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Postojanje cilja proizvodnje: upravljanje i osiguravanje zajedničke proizvodnosti šumskih drvenastih vrsta, poljoprivrednih kultura i/ili stočarstva kao jedinstvene gospodarske cjeline.
- Intenzivnost: potrebno je upravljanje s ciljem osiguranja proizvodne i zaštitne uloge, jer sustav obuhvaća radove kao što su kultivacija, gnojidba i dr.
- Interaktivnost: ostvarivanje učinkovitog međudjelovanja poljoprivrede i šumarstva s ciljem ekonomske isplativosti uz očuvanje staništa i zaštitne uloge.
- Integritet: podizanje šumskih i poljoprivrednih kultura i/ili moguću primjenu stočarstva što predstavlja gospodarsku cjelinu. Na taj način iskorištava se u većoj mjeri proizvodna sposobnost zemljišta, ali istovremeno postiže i ravnoteža između ekonomske opravdanosti i zaštite staništa na temeljima potrajnosti ili održivog razvoja.

Agrošumarstvo jest sustav koji uz svoje prednosti i nedostatke treba putem pokusa pokazati svoju primjenjivost u našim uvjetima s obzirom na različite oblike i podjele, ali i na različite potrebe. Bitno je istaknuti kako su neki elementi iz agrošumarstva zabilježeni kroz povijest na obalnom i priobalnom području naše zemlje. Prije svega obrada i kultiviranje zemljišta na terasama koje su korištene za podizanje višegodišnjih nasada; maslinika, vinograda, različitih voćaka i mogle su se ograničeno koristiti za stočarstvo. Drugi primjeri vezani su za krška polja (npr. Čepić polje, Sinjsko polje). U njima je potrebno koristiti vjetrozaštitne pojaseve s ciljem zaštite plodnih polja (Tomašević, 1996). Njihova je uloga mehanička i biološka. U prvom redu ublažavaju udare i brzinu vjetra, osobito bure koja često zna biti i olujne jačine te na taj način ublažavaju eolsku eroziju. Smanjuju opasnost od mehaničkih oštećenja, pozitivno utječu na temperaturu, relativnu vlagu zraka što osobito dolazi do izražaja kod pojave kasnih proljetnih mrazeva. Izvrstan primjer za suzbijanje erozijskih procesa putem bioloških i tehničkih melioracijskih radova je pokusna ploha Klačine u blizini Sinja (Topić, 1982). Fitomelioracijama, tj. sadnjom i sjetvom šumskih drvnastih vrsta uz sadnju voćaka na terasama i ispod konturnih rovova postignuti su značajni rezultati u osiguravanju plodnosti tla i proizvodne sposobnosti staništa.



Tablica 1. Osnovni sustavi u agrošumarstvu prema ICRAF-u (Međunarodno vijeće za agrošumarska istraživanja)

A – AGROSILVIKULTURA

1. Šumske plantaže	- zasađena šumska plantaža i zatim se prealazi na sjetvu neke od žitarica između redova drveća
2. Taungya	- istovremeno osnivanje šumske i poljoprivredne kulture; primjerice u Argentini se na površinama od 3 do 25 ha sadi <i>Pinus elliotii</i> ili <i>Araucaria angustifolia</i> u kratkim ophodnjama s malom gustoćom sadnica (1250 sadnica /ha), uz sjetvu u prve tri godine neke od poljoprivrednih kultura (soja, duhan, kukuruz, grah); nakon treće godine koristi se površina za pašnjačko-stočarsku proizvodnju
3. Međuredni usjevi	- šumske drvenaste vrste imaju zaštitnu ulogu, odjeljuju u redove neke poljoprivredne kulture (najčešće žitarica); koristi se na bonitetno dobrim tlima (s obzirom na fizikalno-kemijska svojstva), ali i u pogoršanim stanišnim uvjetima, na tlima koja se lako degradiraju uslijed erozije
4. Mješovite kulture na manjim površinama	- osnivaju se mješovite kulture različite gustoće na bonitetno dobrim staništima, ali u područjima s jakim antropogenim utjecajem
5. Višenamjenska uloga šumske kulture uz poljoprivredne kulture	- brzorastuće vrste šumskih drvenastih vrsta uz kulture voćaka
6. Osnivanje mješovitih plantaža	- svojstven način za tropska područja gdje se osnivaju plantaže kakaovca, kokosa, kave, agruma
7. Zaštitni vrtovi	- moguća primjena u svim ekološkim zonama, osobito u područjima veće gustoće naseljenosti, prevladavaju drvenaste vrste posebno voćke
8. Osnivanje kultura s ciljem zaštite tala	- korištenje na degradiranim staništima, pjeskovitim terenima (s ciljem melioracije pijesaka); osnovane kulture su višenamjenske (npr. kulture voćaka) i podižu se s ciljem zaštite tala i očuvanja proizvodnosti
9. Vjetrozaštitni pojasevi i žive ograde	- podižu se u područjima s jakim i učestalim vjetrovima, najčešće oko poljoprivrednih gospodarstava i plodnih polja
10. Proizvodnja ogrjevnog drva	- sastoji se od podizanja šumskih pojaseva na ili oko poljoprivrednih površina (u obzir dolaze i panjače); koristi se u svim klimatskim područjima uz veći broj vrsta koje se koriste za ogrjev (potrebna kalorična vrijednost)

Uz navedeno u Hrvatskoj se može navesti primjer šumskih plantaža i intenzivnih kultura četinjača. Na prostoru krša nije ih mnogo podizano, ali izdvojen je primjer u Lici (predjeli Medak i Žitnik) gdje je u razdoblju od 1964. do 1968. godine podignuto 1217.14 ha plantaža i intenzivnih kultura četinjača (Vukelić, 2001). U plantažama su do 4. godine uzgajane poljoprivredne međukulture s ciljem meliorativnog utjecaja na tlo. Sađen je obični bor (*P. silvestris*) - 40% i američki borovac (*P. strobus*) 60%. Sadnice su bile starosti 4 godine (2+2) s minimalnom visinom od 40 cm. Kao poljoprivredna međukultura u plodoredu je sađena raž prve godine, zob druge godine, djetelina i travne smjese 3. i 4. godine. Ophodnja šumskih vrsta drveća bila je predviđena na 25 godina, a poljoprivredne međukulture samo u prve četiri godine. Na istom predjelu osnovane su i intenzivne kulture četinjača s razmakom sadnje 2.5 x 2.5 m (1.600 sadnica/ha) i 2 x 2 m (2.500 sadnica/ha) slijedećim vrstama: *Pseudotsuga menziesii* (obična duglazija), *Larix decidua* (europski ariš), *Pinus strobus* (američki borovac), *Pinus silvestris* (obični bor), *Picea abies* (obična smreka).  
Mogućnosti agrošumarstva u Hrvatskoj mogu se sažeti iz gore navedene Tablice 1. i podjele osnovnih sustava.

## B – PODIZANJE ŠUMSKIH KULTURA I PLANTAŽA UZ STOČARSKU NAMJENU

1. Šumska kultura na pašnjacima	- šumska kultura se podiže sadnjom po nekom pravilnom rasporedu (shemi) ili što je češće nepravilan raspored po površini, na taj način površina ima višenamjensku iskoristivost; šumska kultura četinjača ili listača uz stočarstvo (ili divljač ili pčelarstvo)
2. Šumske kulture za krmivo	- intenzivna proizvodnja krmiva za stoku na pašnjacima (farmama) osnivanjem kultura listača
3. Podizanje plantaža na pašnjacima	- taj način agrošumarstva primjenjuje se u jugoistočnoj Aziji gdje se ispod plantaža kokosa uzgaja stoka

## C – AGROSILVIKULTURA UZ STOČARSTVO

1. Šumsko-poljoprivredna gospodarstva	- primjenjivo u većini ekoloških zona, moguće je podizanje šumske ili poljoprivredne kulture (voćaka) i ratarske kulture uz stočarstvo
2. Višenamjenske živice	- primjenjivo na brežuljkastim i strmim terenima, koriste se brzorastuće vrsta grmlja i drveća s ciljem zaštite tla, a ograđene površine koriste se za stočarsku proizvodnju
3. Šumske kulture za pčelarstvo	- podižu se kulture ovisno o klimatskoj zoni (bagrema, lipe, kestena, sofore ili mješovite kulture drugih vrsta) za proizvodnju meda
4. Šumske kulture višenamjenske uloge	- postojanje gospodarske uloge (pilansko drvo, celuloza, biomasa i dr.) kulture, zaštitne (u prvom redu zaštite i očuvanja proizvodne sposobnosti tla) i ograničena mogućnost za stočarstvo

Tablica 2. Izdvojeni sustavi za primjenu agrošumarstva u Hrvatskoj

## A – AGROSILVIKULTURA

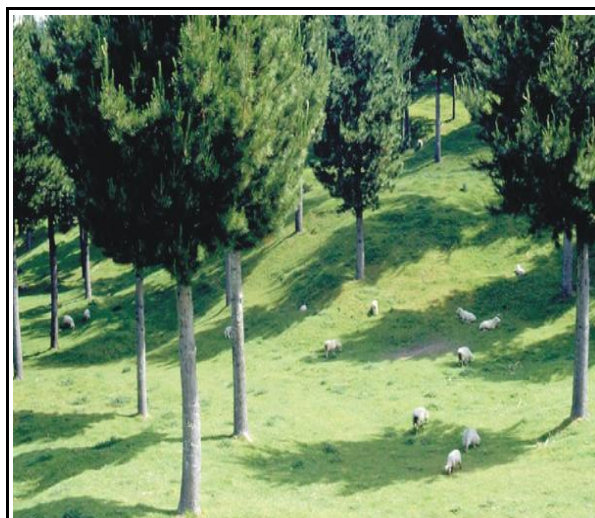
9. Vjetrozaštitni pojasevi i žive ograde	- podižu se u područjima s jakim i učestalim vjetrom, najčešće oko poljoprivrednih gospodarstava i plodnih polja
10. Proizvodnja ogrjevnog drva	- sastoji se od podizanja šumskih pojaseva na ili oko poljoprivrednih površina (u obzir dolaze i panjače); koristi se u svim klimatskim područjima uz veći broj vrsta koje se koriste za ogrjev (potrebna kalorična vrijednost)

## B - PODIZANJE ŠUMSKIH KULTURA I PLANTAŽA UZ STOČARSKU NAMJENU

1. Šumska kultura na pašnjacima	- šumska kultura se podiže sadnjom po nekom pravilnom rasporedu (shemi) ili što je češće nepravilan raspored po površini, na taj način površina ima višenamjensku iskoristivost; šumska kultura četinjača ili listača uz stočarstvo (ili divljač ili pčelarstvo)
---------------------------------	--

## C - AGROSILVIKULTURA UZ STOČARSTVO

1. Šumsko-poljoprivredna gospodarstva	- primjenjivo u većini ekoloških zona, moguće je podizanje šumske ili poljoprivredne kulture (voćaka) i ratarske kulture uz stočarstvo
3. Šumske kulture za pčelarstvo	- podižu se kulture ovisno o klimatskoj zoni (bagrema, lipe, kestena, sofore ili mješovite kulture drugih vrsta) za proizvodnju meda
4. Šumske kulture višenamjenske uloge	- postojanje gospodarske uloge (pilansko drvo, celuloza, biomasa i dr.) kulture, zaštitne (u prvom redu zaštite i očuvanja proizvodne sposobnosti tla) i ograničena mogućnost za stočarstvo



Slika 1. Primjena agrošumarstva - šumska kultura na pašnjacima (Foto: R. Burdon)

Za naše uvjete potrebno je utvrditi prednosti i nedostatke izabranog sustava (oblika) putem pokusa na manjim površinama. Na taj način jasnim planiranjem radova i određivanjem cilja moguće je ispravno procijeniti gospodarski učinak (agrosilvikultura ili podizanje monokulture) uz uvažavanje zaštitne uloge. Stoga i Stevani (1988) navodi kako koristi, ali i štete sustava mogu biti mnogostruke ukoliko se ne razradi (putem studija) ekološki i socijalni učinak te na taj način zaključi o vrijednosti primjene i mogućnosti konkurencije s drugim sustavima u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu.

Prema Lauriću i dr. (2002) za Hrvatske uvjete poljoprivreda i šumarstvo mogu značajnije pozitivno utjecati na gospodarski razvoj, ali istovremeno i temeljiti taj razvoj na načelima održivog razvoja ili potrajnog gospodarenja. Danas je takav pristup potreban, osobito na području kontinentalnog i mediteranskog krša Hrvatske uz ispunjavanje ekološke, socijalne i gospodarske uloge.

#### 4. LITERATURA

Jarvis, P.J., 1991: Forest Ecology and Management, 45, Elsevier, Amsterdam, 1–3.

Laurić, V., Ž. Španjol, i D. Barčić, 2002: Integracija šumarske i poljoprivredne proizvodnje – iskustva Argentine i Hrvatske. Ekoinženjerstvo (knjiga sažetaka), Plitvička jezera.

Nair, P.K.R., 1991: State of the art of agroforestry systems, Forest Ecology and Management, 45. Elsevier, Amsterdam, 5–29.

Stevani, R., 1988: Las necesidades de la organización y coordinación de la edición Agro-forestal en Argentina. (Potreba organizacije i koordinacije Agro-šumarskih tema u Argentini). 2; 784–785.

Tomašević, A., 1996: Vjetrozaštita Sinjskog polja. Šumarski list br. 1-2, CXX, Zagreb, 19–34.

Topić, V., 1982: Efekti biološko-tehničkih melioracijskih mjera na pokusnoj plohi Klačine. Šumarski list br. 1–3, CVI, Zagreb, 11-19.

Vukelić, M., 2001: Osvrt na intenzivne kulture crnogorice u Lici. Šumarski list br. 3–4, CXXV, Zagreb, 185–196.