

RAZVOJNE FAZE I ZIMSKO MIROVANJE JABUKE U HRVATSKOJ

Phenological phases and winter dormancy of apple in Croatia

BERNARDA KRULIĆ¹ i VIŠNJA VUČETIĆ²

¹ Mokrička 38, Ključ Brdovečki, 10292 Šenkovec
e-mail: bernardakrulic@gmail.com

² Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb
e-mail: visnja.vucetic@cirus.dhz.hr

Prihvaćeno: 2.11.2011. u konačnom obliku: 4.1.2012.

Sažetak: Da bi se istražio utjecaj klimatskih promjena na rast i razvoj jabuke, analizirani su fenološki podaci 17 fenoloških postaja diljem Hrvatske u razdoblju 1979–2009. Proučavalo se šest različitih sorti jabuke: tri jesenske starinske sorte (bobovec, kanada i kolačarka), dvije jesenske novije sorte (jonatan i zlatni delišes) te najranija ljetna sorta petrovača kojima se prate osam fenoloških faza. U unutrašnjosti Hrvatske vegetacija jabuke prosječno traje od prve polovice travnja do prve polovice studenoga, u gorskoj Hrvatskoj od kraja travnja do početka studenoga, a u primorskoj od kraja ožujka do kraja studenoga. Analiza linearnog trenda fenofaza jabuke ukazuje da klimatske promjene utječu na sve razvojne faze jabuke, a osobito na ranije listanje i cvjetanje jabuke u proljeće. U gorskoj Hrvatskoj je najizraženiji raniji početak listanja i cvjetanja (3–6 dana/10 god). Iako je početak vegetacije svih sorata jabuke pomaknut ranije u proljeće, jesenske starinske sorte završavaju vegetaciju prije pa im se bitno ne mijenja duljina vegetacije. Jesenske novije sorte jabuke više su osjetljive na klimatske varijacije, te je opaženo skraćivanje vegetacijskog razdoblja u unutrašnjosti Hrvatske i produljenje u gorskoj Hrvatskoj. Tendencija produljenja ukazuje na mogućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka u gorskoj Hrvatskoj. Ispitivanjem utjecaja vremenskih uvjeta na početak cvjetanja jabuke u razmatranje su uzeti i zimski vremenski uvjet u fazi mirovanja jabuke. Primjenom modela Utah, iz satnih vrijednosti temperature zraka u hladnom dijelu godine iz razdoblja 2001–2008, određene su prosječne vrijednosti hladnih jedinica (CU, *chill units*) za jabuku u različitim klimatskim zonama Hrvatske. Po prvi puta je kod nas pomoću modela Utah procjeno koje je područje povoljno, odnosno nepovoljno za uzgoj jabuka.

Ključne riječi: fenološke faze različitih sorti jabuke, linearni trend, model Utah, hladne jedinice (CU), jedinice prirasta (GDH)

Abstract: To investigate the impact of climate change on growth and development of apples, phenological data from 17 Croatian stations in the period 1979–2009 were analyzed. Six different varieties of apples, three varieties of old-fashioned autumn (*Bobovec*, *Canada* and *Kolačarka*), two newer autumn varieties (*Jonathan* and *Golden Delicious*) and the earliest summer variety of *Petrovača* were analyzed. Eight phenological phases were observed. In the Croatian interior the growing season begins in the first half of April and ends in the first half of November. In the mountainous region of Croatia beginning of the growing season is shifted toward the end of April and ends in early November. The earliest vegetation was observed in coastal regions where the growing season begins in late March and lasts through the end of November. Analysis of linear trends of phenological phases of different varieties of apples indicate that climate change impact all apple varieties, and especially on earlier beginning of leaf unfolding and flowering in spring. Earlier beginning of leaf unfolding and beginning of flowering is the most expressed in mountainous region (3–6 days/decade). Although the beginning of the vegetation of all varieties of apples moved earlier in the spring, old fashion autumn varieties of apple ends their vegetation period earlier in autumn. It follows that its length of vegetation did not change significantly during the last three decades. Newer autumn apple varieties show greater sensitivity to change in length of growing period. It is noted shortening of vegetation period in the continental part and prolongation in the mountainous part of Croatia. Since

the growing season in the mountainous region is the shortest related to the rest of the Croatia, the tendency of its prolongation indicate the possibility of favourable growing of apples in this region. To establish the impact of weather conditions on the beginning of apple flowering, into consideration were taken winter weather conditions during the winter dormancy of apples. Using Utah model we investigated the average chill units (CU) for different varieties of apple in different climatic zones in Croatia. Using Utah model it was for the first time evaluated what favourable or unfavourable area for growing apple is.

Keywords: phenological phases of different apple varieties, linear trend, the Utah model, chill units (CU), growing hour degree (GDH)

1. UVOD

U budućnosti klimatske promjene bi mogle izazvati promjene biljnih vrsta te se na nekim područjima predviđaju pustinje, a na drugim, staništa bujne vegetacije, koja to danas nisu. To pokazuje koliko je biljni svijet ovisan o vremensko-klimatskim prilikama, ali i da svaka promjena u ekosustavu prvo utječe na vegetaciju. Istraživanje utjecaja klimatskih promjena na biljke zasniva se na ideji da biljke prvo reagiraju na vremenske i klimatske promjene, a u tu svrhu su pogodni fenološki podaci pomoću kojih se prate razvojne faze određenih biljnih vrsta.

Cilj ovog rada je odgovoriti na pitanje da li utvrđene klimatske promjene kod nas utječu na rast i razvoj jabuke. Međutim, osim utjecaja vremenskih prilika na biljke, koje prevladavaju u vegetacijskom razdoblju, neobično su važni i meteorološki uvjeti u vrijeme zimskog mirovanja biljke. Stoga je istraživano koliko prosječno jabuka treba skupiti tzv. hladnih jedinica (eng. *chill units*, CU) i jedinica prirasta (eng. *growing-degree-hours*, GDH) tijekom zimskog mirovanja. U tu svrhu u radu su analizirane fenološke (razvojne) faze različitih sorti jabuke i linearni trendovi njihovih faza te je po prvi puta kod nas primijenjen model Utah (Richardson i dr., 1974; Rea i Eccel, 2006) za određivanje hladnih jedinica jabuke.

Zimsko mirovanje voćaka započinje opadanjem lišća, a završava kolanjem sokova i brenjem pupova. Tijekom zimskog mirovanja prestaje vidljiv rast nadzemnih dijelova biljke, međutim, sustav korijenja tada ima intenzivan rast. U zimskom mirovanju biljka mora skupiti dovoljno hladnih jedinica mirovanja (CU) i jedinica prirasta (GDH) kako bi u proljeće mogla nastaviti normalno sa svojim razvojem. Za normalni početak vegetacije jabuke treba biti ispunjen sljedeći uvjet za hladne jedinice: 900

$< CU < 1250$. Sve dok je skupljeno dovoljno CU, cvjetni i lisni pupovi se razvijaju normalno. Ukoliko biljka ne skupi dovoljno CU u mirovanju može doći do sljedećih fizičkih posljedica: odgođeno listanje, odgođeno i produženo cvjetanje koje dovodi do smanjenja uroda, te smanjenje kvalitete plodova (Lorimer i Hill, 2006). Kemijski pripravci (hidrogen-cijanamid) primjenjivi u proljeće mogu djelomično umanjiti posljedice manjka prikupljenih CU. Oni mogu zamijeniti manjak CU do 300, ali pretjerana primjena može dovesti do oštećenja pupoljaka (Petri i dr., 2004.).

Osim CU važno je da biljka skupi i dovoljno topline, odnosno dovoljnu količinu i intenzitet svjetlosti tijekom razdoblja mirovanja. Toplina koju biljka skupi izražena preko temperaturnih suma za temperaturni prag 4.4°C nazivamo jedinicama prirasta (GDH). Iako su i GDH vrlo bitne za kvalitetnu procjenu početka vegetacijskog razdoblja, u ovom radu najveća pozornost posvećena je određivanju i komentiranju CU, jer one su u Hrvatskoj rijetko određivane. Dakle, za početak vegetacije važne su dvije faze. Prva faza je skupljanje dovoljnog broja hladnih jedinica (CU), a druga faza je akumuliranje topline koja počinje nakon što je skupljeno dovoljno CU. Akumulacija topline izražena je preko jedinica prirasta (GDH). Kada biljka skupi dovoljan broj CU i GDH, dolazi do početka vegetacije (Rea i Eccel, 2003).

2. FENOLOŠKI I METEOROLOŠKI PODACI

Da bi se istražio utjecaj klimatskih promjena na rast i razvoj jabuke, analizirani su fenološki podaci 17 fenoloških postaja diljem Hrvatske u razdoblju 1979–2009. (slika 1). Proučavalo se šest različitih sorti jabuke: tri jesenske starsinske sorte (bobovec, kanada, i kolačarka),



Slika 1. Položaj analiziranih meteoroloških i fenoloških postaja.

Figure 1. The analyzed phenological and meteorological network.

dvije jesenske novije sorte (jonatan i zlatni delišes) te najranija ljetna sorta petrovača.

Za jabuku se prati osam fenoloških faza: početak listanja (UL), početak cvatnje (BF), puna cvatnja (FE), završetak cvatnje (EF), prvi zreli plodovi (RF), berba (RP), opće žućenje lišća (CL) i opće opadanje lišća (FL). Za fenološku analizu odabrano je razdoblje 1979–2009. jer ono obuhvaća najveći broj postaja s fenološkim opažanjima jabuke.

Za određivanje CU i GDH rabljene su satne vrijednosti temperature zraka s glavnih meteoroloških postaja. U slučaju da fenološka postaja nije ujedno i glavna meteorološka postaja, satni podaci su uzeti s glavne meteorološke postaje koja je najbliža postaji s fenološkim opažanjima.

3. METODE RADA

3.1. Statističke metode

Koristeći osnovne statističke metode određen je srednji datum nastupa fenofaze, standardna devijacija, najraniji i najkasniji datum nastupa fenofaze te raspon ili amplituda definirana kao razlika između najkasnijeg i najranijeg datuma nastupa određene fenofaze.

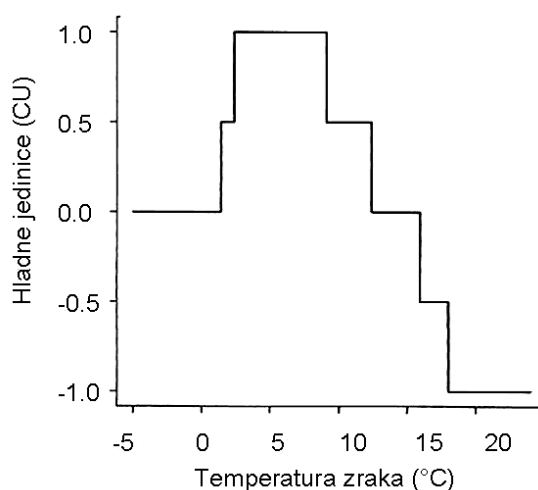
Ponekad fenofaze nastupe ranije ili kasnije od srednjeg datuma te je za procjenu tendencije kašnjenja/ranjenja pojedinih fenofaza primijenjen linearni trend. Linearni trend je dobiven metodom najmanjih kvadrata.

Ocjenu statističke signifikantnosti linearnog trenda daje neparametarski Mann-Kendallov rang test (Mitchell i dr., 1966). Definiran je s pomoću Kendallova koeficijenta, i razine signifikantnosti. Što je vrijednost manja, to je Kendallov koeficijent veći tj. vrijednosti vremenskog niza podataka se tada smanjuju ili povećavaju.

3.2. Model hladnih jedinica Utah

CU je mjera za određene satne vrijednosti temperature zraka kojima je pridijeljena određena vrijednost između -1.0 i 1.0. Model Utah predlaže akumulaciju CU kao razlomljenu (konačnu) linearnu funkciju temperature (slika 2). Akumulacija CU iznosi nula ispod 1.4°C, zatim raste i postiže 0.5 za satnu temperaturu zraka između 1.5°C i 2.4°C, a svoju najveću vrijednost od 1.0 postiže između 2.5°C i 9.1°C. Nakon toga se smanjuje pri većoj temperaturi jer ona umanjuje korisne učinke od već skupljenih CU. Za temperaturu iznad 16°C doprinos je negativan, tj. zbroj CU se smanjuje. Kada je temperatura zraka između 16°C i 18°C iznosi -0.5, a za veće od 18°C je -1.0.

Početni dan skupljanja CU, tj. prvi dan zimskog mirovanja određen je kao onaj jesenski dan kada započinje akumulacija pozitivnih vrijednosti CU (nakon što je postignuta najveća negativna vrijednost hladnih jedinica, CU), počevši od prvog dana jeseni (23. rujna) pret-



Slika 2. Ovisnost hladnih jedinica (CU) o temperaturi zraka (Richardson i dr, 1974).

Figure 2. Chill units (CU) as a function of hourly air temperature (Richardson et al, 1974).

hodne godine, a posljednji dan određen je pomoću početka cvjetanja određene sorte jabuke na određenoj postaji rabeći fenološke podatke za iduću godinu.

3.3. Model jedinica prirasta

Nakon faze hlađenja, koja je potrebna da mirovanje završi (Ashcroft i dr, 1977) predložena je primjena satnog linearnog modela prisile predstavljajući akumuliranu toplinu, kao jedinice prirasta (GDH) dobiveno iz satnih vrijednosti temperature zraka, što je definirano pomoću određenog temperaturnog praga u relaciji:

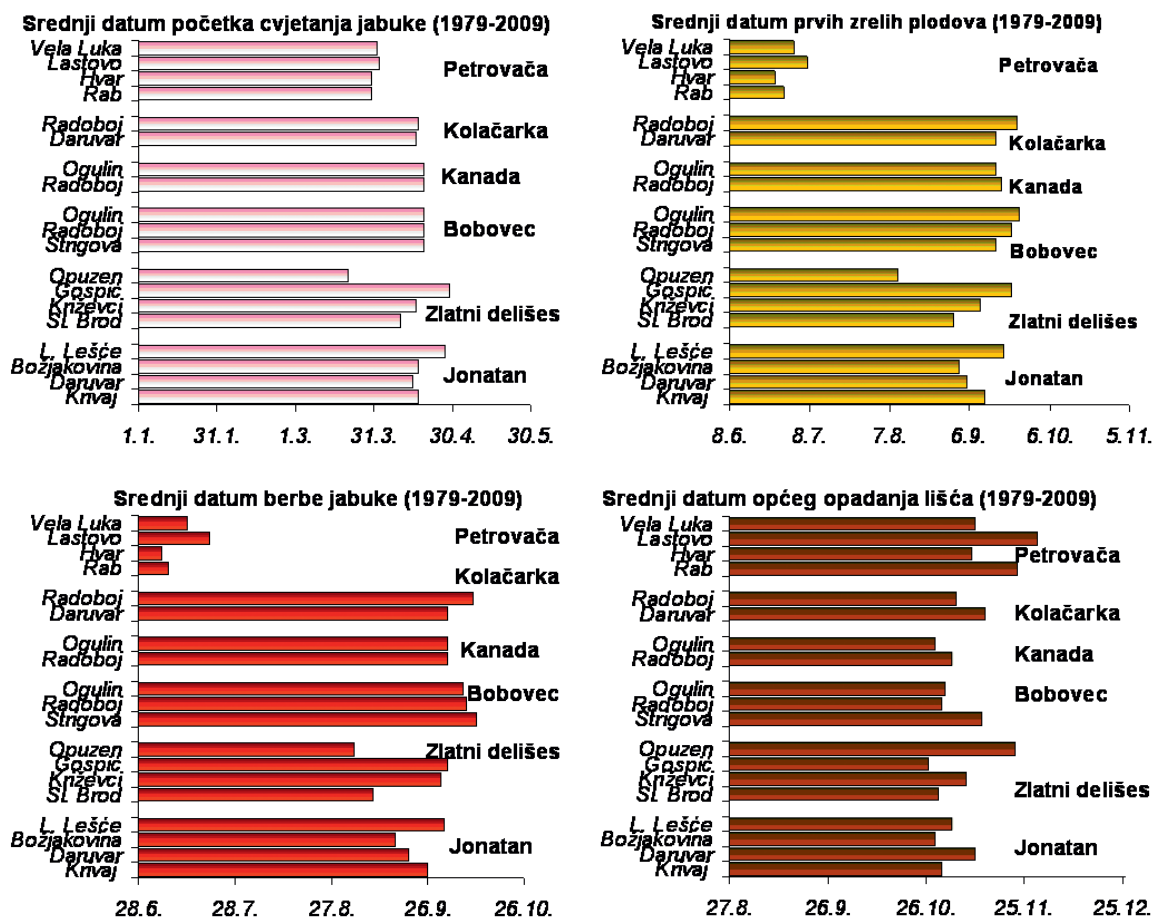
$$GHD(k) = \sum_{i=m}^k \sum_{h=1}^{24} \max[0, T_h(i) - T_p]$$

gdje je k generički (plodonosni) dan ($k > m$), m je dan završetka faze mirovanja, $T_h(i)$ je srednja dnevna temperatura za h -ti sat i za i -ti dan, te T_p je temperaturni prag koji iznosi 4.4°C.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. Srednji datumi fenoloških faza različitih sorti jabuke

Na slici 3 nalaze se grafički prikazi srednjeg datuma nastupa početka listanja, prvih zrelih plodova, berbe i općeg opadanja lišća različitih sorata jabuke na analiziranim postajama u razdoblju 1979–2009. Uočavamo da je vegetacijsko razdoblje jabuke najranije započelo na Jadranu, a najkasnije u području Gorskog kotara i Like. Srednji datum prvih zrelih plodova prvi nastupa krajem lipnja i početkom srpnja



Slika 3. Prikaz srednjih datuma nastupa početka cvjetanja, prvih zrelih plodova, berbe i općeg opadanja lišća za različite sorte jabuka na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 1979–2009.

Figure 3. Mean dates of beginning of flowering, first ripe fruits, fruit ripe for picking and leaf fall of different varieties of apples at selected stations in Croatia in the period 1979–2009.

na sjevernom Jadranu, gdje postoje fenološka opažanja rane sorte petrovača. Najkasniji srednji datum pojave zrelih plodova uočava se u Radoboju, Božjakovini i Gospiću. Berba najranije započinje na Jadranu, a najkasnije u Radoboju i Štrigovi. Opće opadanje lišća, čime završava vegetacijsko razdoblje jabuke, najranije započinje u Gospiću, a najkasnije na Lastovu. Tako vegetacijsko razdoblje jabuke u unutrašnjosti Hrvatske traje oko sedam mjeseci, u gorskoj Hrvatskoj oko šest mjeseci, a na Jadranu oko osam mjeseci.

4.2. Linearni trendovi nastupa pojedinih fenofaza za različite sorte jabuke

Da bi se procijenila tendencija kašnjenja ili ranjenja fenoloških faza različitih sorti jabuke na različitim postajama diljem Hrvatske, izračunati su linearni trendovi njihovih nastupa za promatrano dugogodišnje razdoblje.

4.2.1. Jesenske starinske sorte

U tablici 1 su prikazi linearni trendovi za tri jesenske starinske sorte: bobovec, kanadu i kolačarku. Postaja Radoboj je jedina postaja na kojoj su postojala fenološka opažanja svih triju navedenih sorti. Za sve tri sorte zamijećen je raniji početak cvjetanja u proljeće, ali i raniji završetak vegetacijskog razdoblja u jesen. To dovodi do zaključka da se za jesenske starinske sorte duljina vegetacijskog razdoblja nije bitno promijenila u posljednjih 30-tak go-

dina. Međutim, cijelo njihovo vegetacijsko razdoblje se pomaknulo prema proljeću.

4.2.2. Jesenske novije sorte

Od jesenskih novijih sorti jabuke opažaju se fenološke faze dviju sorti: zlatni delišes i jonatan. Za zlatni delišes postoje fenološka opažanja u svim klimatskim zonama Hrvatske, pa su tako Križevci i Slavonski Brod predstavnici kontinentalne Hrvatske, Gospić gorske, a Opuzen primorske. Međutim, poznato je da sredozemna klima općenito ne pogoduje rastu i razvoju jabuke, već se radi o pojedinačnim stablima jabuke koja se uzgajaju na okućnicama. I fenološka opažanja jabuke u Opuzenu obavljaju se na jednom takvom pojedinačnom fenološkom objektu. U Opuzenu se primjećuje vrlo veliki linearni trend početka cvatnje i prvih zrelih plodova, a u Slavonskom Brodu se primjećuje zrenja plodova i berbe. Pretpostavlja se da je uzrok tako velikim linearnim trendovima nedovoljno precizno opažanje tih fenofaza. Iz tablice 2 se zapaža sve raniji početak proljetne vegetacije jabuke zlatni delišes.

Analiza linearnog trenda fenofaza jabuke jonatan ukazala je na pomicanje vegetacijskog razdoblja ranije u proljeće u unutrašnjosti Hrvatske, ali i na njegovo skraćivanje (do 8 dana/10 god) u kontinentalnoj Hrvatskoj i približno toliko produljenje u gorskoj Hrvatskoj u posljednja tri desetljeća.

Tablica 1. Linearni trendovi (dani/10 god) za fenološke faze starinskih jesenskih sorti (BO – bobovec, KA – Kanada i KO – kolačarka) na odabranim postajama u Hrvatskoj u razdoblju 1979–2009. Signifikantni trend ($\alpha < 0.5$) je podebljan.

Table 1. Linear trends (days/decade) of the phenological stages of old-fashioned autumn varieties (BO – Bobovec, CA – Canada and KO – Kolačarka) at selected stations in Croatia in the period 1979–2009. A significant trend ($\alpha < 0.5$) is bold.

1979–2009.	Radoboj			Štrigova	Daruvar	Ogulin	
	BO	KA	KO	BO	KO	BO	KA
Fenofaza	Trend (dan/10 god)						
UL	-4.1	-3.1	-4.2	-1.7	0.2	-6.0	-6.8
BF	-3.8	-3.3	-2.9	-1.8	-1.2	-5.6	-6.2
FF	-4.8	-1.5	-4.1	-2.7	-3.2	-2.9	-3.9
EF	-3.3	-2.2	-2.1	-3.4	-0.7	-1.1	-2.4
RF	-4.7	-2.1	-2.0	-1.2	-7.6	-7.7	-3.8
RP	-3.0	-0.3	-0.7	-1.2	-4.8	-9.5	-6.0
CL	-4.4	-5.5	-3.4	2.9	-3.9	-1.9	1.4
FL	-1.7	-7.2	-0.7	0.8	-0.9	-6.7	-3.2

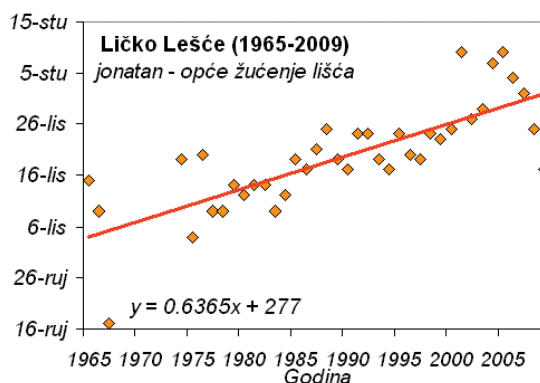
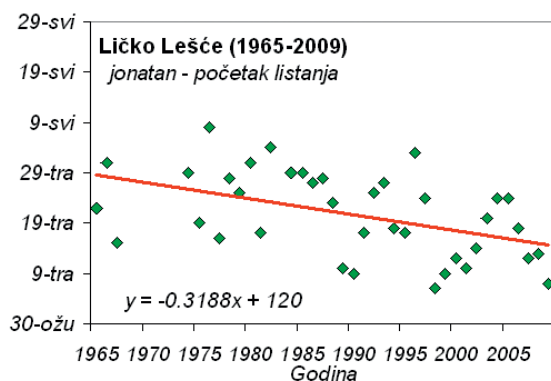
Tablica 2. Linearni trendovi (dani/10 god) za fenološke faze jesenskih sorti za zlatni delišes na odabranim postajama u Hrvatskoj (KŽ – Križevci, SB – Slavonski Brod, GO – Gospić, OP – Opuzen) i jonatan (BŽ – Božjakovina, DA – Daruvar, KR – Krivaj, MA – Mandićevac i LL – Ličko Lešće) u razdoblju 1979–2009. Signifikantni trend ($\alpha < 0.5$) je podebljan.

Table 2. Linear trends (days/decade) of the phenological stages of autumn varieties of apple for Golden Delicious at selected stations in Croatia (KŽ – Križevci, SB – Slavonski Brod, GO – Gospić, OP – Opuzen) and Jonathan (BŽ – Božjakovina, DA – Daruvar, KR – Krivaj, MA – Mandićevac i LL – Ličko Lešće) in the period 1979–2009. A significant trend ($\alpha < 0.5$) is bold.

1979–2009.	Zlatni delišes				Jonatan				
	KŽ	SB	GO	OP	BŽ	DA	KR	MA	LL
Fenofaza	Trend (dan/10 god)								
UL	-1.3	-4.4	-4.5	-7.0	1.6	-0.8	-3.3	-6.2	-4.9
BF	-2.3	-4.2	-4.1	-13.1	-1.9	-2.7	-2.9	-5.5	-3.4
FF	-3.7	-4.8	-5.8	-8.4	-1.5	-3.3	-4.4	-5.7	-1.8
EF	-2.5	-4.8	-6.2	-2.2	-2.6	-2.7	-2.2	-5.3	-1.8
RF	-3.5	-10.9	-2.8	-19.4	-5.0	-3.8	1.2	-3.1	0.9
RP	4.7	-14.8	-3.6	-8.8	-7.5	-1.9	1.4	-4.3	1.5
CL	1.3	-1.1	-4.6	2.6	-7.8	-4.4	-5.3	-3.6	6.6
FL	7.4	-2.2	-6.2	4.0	-10.0	-0.1	-7.9	-1.6	7.5

Kako se u Ličkom Lešću raspolaže s fenološkim opažanjima jabuke jonatan i za dulje razdoblje 1965–2009., detaljnije su analizirani njihovi linearni trendovi za to razdoblje. Opažen je signifikantan negativan trend početka listanja i cvatnje (2–3 dana/10 god) te signifikantan pozitivan trend općeg žućenja i opadanja lišća (6 dana/10god) (slika 4). Prema tome, i na dugogodišnjem nizu fenoloških podataka jabuke pokazala se tendencija produljenja vegetacijskog razdoblja jabuke u gorskoj Hrvatskoj (oko 9 dana/10 god).

Jesenske novije sorte jabuke pokazuju veću osjetljivost na promjenu duljine vegetacijskog razdoblja tijekom posljednja tri desetljeća. Tako je u kontinentalnoj Hrvatskoj primijećeno njeno skraćivanje, a u gorskoj Hrvatskoj njegovo produljenje što je i u skladu s klimatskim promjenama odnosno signifikantnim povećanjem temperature zraka kod nas posljednjih desetljeća (MZOPUG, 2010). Budući da je vegetacijsko razdoblje u gorskoj Hrvatskoj najkraće u odnosu na ostatak Hrvatske, tendencija njegovog produljenja ukazuje na mo-



Slika 4. Vremenski nizovi fenoloških faza početka listanja i žućenja lišća u Ličkom Lešću za jonatan u razdoblju 1965–2009. te pripadni linearni trendovi (crvena crta). U jednadžbi linearnog trenda x je broj godina ($x = 0, 1, \dots, n$).

Figure 4. The time series of phenological phases beginning of leaf unfolding and colouring of leaves in Ličko Lešće for Jonathan apple in the period 1965–2009 and associated linear trends (red line). In equation for linear trend x is the number of years ($x = 0, 1, \dots, n$).

gućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka na tom području.

4.2.3. Rana ljetna sorta petrovača

Za fenofaze sorte petrovače, koja je najranija ljetna sorta jabuke, postoje pojedinačna stabla

Tablica 3. Linearni trendovi (dani/10 god) za fenološke faze rane sorte petrovača na odabranim postajama u Hrvatskoj (RA – Rab, HV – Hvar, LA – Lastovo, VL – Vela Luka) u razdoblju 1979–2009. Signifikantni trend ($\alpha < 0.5$) je podebljan.

Table 3. Linear trends (days/decade) for the phenological stages of early varieties *Petrovača* at selected stations in Croatia (RA – Rab, HV – Hvar, LA – Lastovo, VL – Vela Luka) in the period 1979–2009. A significant trend ($\alpha < 0.5$) is bold.

1979–2009.	Petrovača			
	RA	HV	LA	VL
Fenofaza	Trend (dani/10 god)			
UL	-5.8	-0.7	-0.6	-1.9
BF	-1.8	0.0	-0.3	-0.9
FF	-1.7	0.4	0	-0.2
EF	3.8	-1.7	-0.2	-1.7
RF	-5.5	1.5	4.8	2.8
RP	-6.3	1.8	5.3	5.6
CL	10.2	-0.4	0.9	0.8
FL	10.9	3.5	0.8	-1.4

Tablica 4. Koeficijent korelacije (r) između procijenjenog datuma početka cvjetanja modelom Utah i opaženog za različite sorte jabuke, te srednje hladne jedinice (CU) i jedinice prirasta (GDH) za odabrane postaje u Hrvatskoj u razdoblju 2002–2008.

Table 4. The correlation coefficient (r) between the estimated date of beginning of flowering using Utah model and observed for different varieties of apples, and mean chill units (CU), and mean growing degree hour (GDH) for selected stations in Croatia in the period 2002–2008.

Postaje	r	CU	GDH
Zlatni delišes			
Slavonski Brod	0.977	981	3752
Gospić	0.977	1088	4610
Opuzen	0.994	1066	3489
Jonatan			
Cubinec	0.959	1028	6040
Baške Oštarije	0.988	1068	9224
Ličko Lešće	0.995	1088	6565
Opuzen	0.957	994	3018
Petrovača			
Cubinec	0.987	1055	5056
Hvar	0.841	892	3645

duž jadranske obale na kojima se obavljaju fenološka opažanja. Stoga su njezini linearni trendovi analizirani za Rab, Hvar, Lastovo i Velu Luku u razdoblju 1979–2009. (tablica 3). Signifikantan negativni trend početka listanja, zrenja plodova i berbe pokazuje se samo u Rabu (oko 6 dana/10 god), kao i signifikantno kašnjenje općeg žućenja i opadanja lišća (oko 10 dana/10 god). Za razliku od toga na dalmatinskim postajama uočava se signifikantno kašnjenje berbe jabuke petrovače. Tendencija produljenja vegetacije jabuke petrovače zapaža se na sjevernom Jadranu, ali ne i u Dalmaciji posljednja tri desetljeća.

4.3. Primjena modela Utah

Primjenom kriterija modela Utah (slika 2) procijenjene su CU za tri sorte: zlatni delišes, jonatan i petrovaču na različitim postajama diljem Hrvatske u razdoblju 2002–2008. U tablici 4 su prikazani koeficijenti korelacije (r) između procijenjenih datuma početka cvjetanja primjenom modela Utah i opaženih datuma početka cvjetanja preuzetih iz fenoloških izvještaja. Najmanji koeficijent korelacije izračunat je za postaju Hvar. To dovodi do zaključka da kriteriji modela Utah nisu zadovoljavajući u područjima s toplim zimama. U tim područjima može se dogoditi da vegetacijsko razdoblje traje praktično cijelu godinu. Uzrok je što tijekom zime nije bilo dovoljno pogod-

nih temperaturnih uvjeta koje bi dovele do dovoljne akumulacije CU. U takvim situacijama, kada biljka nije skupila dovoljno CU, ona će svejedno započeti svoju vegetaciju, ali će njezin razvoj biti otežan, a urod slab.

U tablici 4 su prikazane procijenjene srednje vrijednosti CU i GDH za različite sorte na različitim postajama. Zapaža se da sve promatrane postaje, osim postaje Hvar, zadovoljavaju uvjet da hladne jedinice mirovanja budu u intervalu od 900 do 1250 da bi jabuka u proljeće mogla normalno započeti sa svojom vegetacijom. Postaja Hvar nije zadovoljila uvjet, što znači da dalmatinsko područje nije pogodno za kvalitetan uzgoj jabuka, što je također potvrđeno i najmanjim koeficijentom korelacije.

5. Zaključak

U unutrašnjosti Hrvatske vegetacija različitih sorti jabuke počinje u prvoj polovici travnja, a završava u prvoj polovici studenoga. U gorskoj Hrvatskoj početak vegetacije pomaknut je prema kraju travnja, a završava početkom studenoga. Najraniji početak vegetacije zapažen je u primorskoj Hrvatskoj gdje vegetacijsko razdoblje počinje krajem ožujka i traje skroz do kraja studenoga.

Analiza linearnih trendova fenoloških faza različitih sorti jabuke za odabrane postaje u Hrvatskoj pokazala je signifikantan raniji početak listanja i cvjetanja. Raniji početak vegetacijskog razdoblja najizraženiji je u gorskoj Hrvatskoj gdje je zamijećen raniji početak listanja i cvjetanja 3–6 dana/10 god. Te varijacije su posljedica povećanja osunčavanja zimi i u proljeće što uzrokuje povećanje srednjih zimskih minimalnih i proljetnih maksimalnih temperatura zraka (Vučetić i Vučetić, 2006).

Budući da je analizirano šest sorti jabuka: tri jesenske starinske sorte (bobovac, kanada i kolačarka) i dvije novije (jonatan i zlatni delišes) te najranija starinska sorta petrovača, uočene su neke promjene u duljini vegetacijskog razdoblja u ovisnosti o sorti posljednja tri desetljeća. Pokazalo se da je kod svih sorata jabuke početak vegetacije pomaknut ranije u proljeće, ali kod jesenskih starinskih sorata dogodilo se da su one i ranije završile vegetaciju te se bitno nije promijenila duljina vegetacije. Tendencija produljenja vegetacije jabuke petrovače u posljednja tri desetljeća uočava se samo na sjevernom Jadranu, ali ne i u Dalmaciji. Jesenske no-

vije sorte jabuke pokazuju veću osjetljivost na promjenu duljine vegetacijskog razdoblja tijekom posljednja tri desetljeća. Tako je u kontinentalnoj Hrvatskoj primijećeno njeno skraćivanje, a u gorskoj Hrvatskoj produljenje. To je i u skladu s klimatskim promjenama, odnosno signifikantnim povećanjem temperature zraka kod nas posljednjih desetljeća (MZOPUG, 2010). Poznato je da su klimatski uvjeti u središnjoj Hrvatskoj vrlo povoljni za kvalitetan uzgoj jabuka. Međutim, porast temperature zraka i tendencija skraćivanja vegetacijskog razdoblja jabuke u tom dijelu Hrvatske, sve više će ugrožavati kvalitetan uzgoj jabuka na tom području. Budući da je vegetacijsko razdoblje u gorskoj Hrvatskoj najkraće u odnosu na ostatak Hrvatske, tendencija njegovog produljenja zbog zatopljenja, ukazuje na mogućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka na tom području.

Primjenom satnih vrijednosti temperature zraka i fenoloških podataka testiran je model Utah u različitim klimatskim zonama Hrvatske. Pokazalo se da je model dobar pokazatelj je li neko podneblje povoljno za uzgoj jabuke. Određivanjem hladnih jedinica i jedinica prirasta na temelju višegodišnjih prosjeka određeno je u različitim našim klimatskim zonama koliko je prosječno potrebno hladnih jedinica da bi biljka u proljeće mogla započeti normalno sa svojom vegetacijom. U Hvaru je procijenjeno najmanje hladnih jedinica što je potpuno u skladu s činjenicom da dalmatinsko područje nije povoljno za uzgoj jabuka.

Model Utah svoju primjenu može pronaći u voćarstvu jer je od velike važnosti za voćare znati procjenu hladnih jedinica i jedinica prirasta koje voćka mora ispuniti da bi ona u proljeće mogla normalno nastaviti sa svojim rastom i razvojem. U ovom radu određivane su hladne jedinice samo za jabuku, ali ovakav tip modela može se primijeniti i na druge voćke. Iako bi bilo poželjno imati dulji niz satnih vrijednosti temperature zraka, rezultati dobiveni primjenom modela i za tako kratak niz podataka mogu poslužiti kao dobra smjernica za određivanje je li neko područje pogodno za uzgoj određenih kultura. Iako se pomoću modela Utah ne može odrediti početak vegetacijskog razdoblja za godinu unaprijed, već se mogu samo izračunati hladne jedinice koje su bile skupljene od godine do godine, postoje modifikacije modela Utah pomoću kojih se može procijeniti početak vegetacijskog razdoblja za sljedeću godinu.

Zahvala: Ovo istraživanje je ostvareno u okviru znanstvenoistraživačkog projekta *Klimatske varijacije i promjene i odjek u područjima utjecaja* – 004-1193086-3035 Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

Literatura

- Ashcroft L.G, Richardson E.A. and D.S, Schuyler, 1977: A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees, *HortScience*, **12**, 347–348.
- Lorimer S. and S. Hill, 2006: Chill Units of Stone Fruit, *Agricultural Notes*, **1094**, 2 pp.
[http://www.dpi.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/v/4767527BB92E1F47CA25749600816439/\\$file/Chill_Units_of_Stone_Fruit.pdf](http://www.dpi.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/v/4767527BB92E1F47CA25749600816439/$file/Chill_Units_of_Stone_Fruit.pdf)
- Mitchell, J.M. Jr. and B. Dzerdzeevskii and H. Flohn and W. L. Hofmeyr and H. H. Lamb and K.N. Rao and C. C. Wallen, 1966: Climatic Change, WMO Tech. Note **79**. Geneva, 58–75.
- MZOPUG, 2010: Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb, 215 str, <http://meteo.hr>
- Petri, J.L. and G.B. Leite, 2004. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break, *Acta Horticultura*, (ISHS), **662**, 53–60.
http://www.actahort.org/books/662/662_4.htm
- Rea, R. and E. Eccel, 2006: Phenological models for blooming of apple in mountainous region, *International Journal of Biometeorology*, **51**, 1–16., DOI 10.1007/s00484-006-0043-x
- Richardson E.A, and S.D. Seeley and D. R. Walker, 1974: A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta Peach Trees, *Hort Science*, **82**, 302–3006.
- Vučetić, V. and M. Vučetić, 2006: Phenological fluctuations as a possible signal of climatic changes in the Croatian mountain area, *Meteorologische Zeitschrift*, **15**, 2, 237–242.