



MINISTARSTVO POLJOPRIVREDE,  
ŠUMARSTVA I RIBARSTVA  
UPRAVA ZA STRUČNU PODRŠKU RAZVOJU  
POLJOPRIVREDE

## *Klimatske promjene i naši voćnjaci*



*Srpanj, 2025.*

Tijekom tridesetak proteklih godina, svjedoci smo klimatskih promjena koje su (zahvaljujući ljudskoj aktivnosti) doprinijele postepenom zagrijavanju planeta. Na nekim dijelovima planeta prosječni trend zagrijavanja iznosi oko 0,13 °C po desetljeću. Ovo baš i nije bezazleno kad znamo da se nasadi podižu na period oko 20-25 godina. Što se tiče našeg proizvodnog klimata, gledano s hortikulture (voćarsko-vinogradarske) proizvodnje, klimatske promjene rezultirale su kasnijim ulaskom u period mirovanja, sve blažim i sve toplijim zimama te ranijem kretanju vegetacije. Isto tako, neke vrste iz toplijih klimata počele su se sve više saditi u sjevernijim krajevima, (badem i maslina u Međimurju) pošto hladnih i dugih zima više zapravo i nema. Fenofaza ulaska u period mirovanja (nakon berbe) važna je za pripremu voćke da što lakše uđe u hladnije vremenske uvjete tijekom zimskih mjeseci. Temperatura ima najveći utjecaj na ulazak u period mirovanja i prestanak perioda mirovanja. Utjecaj također imaju i duljina dana, količina vode u tlu i biljci, temperatura tla te koncentracija hormona rasta u vršnim pupovima. Period mirovanja voćke možemo podijeliti u tri faze:

- Jesensko mirovanje (kraj vegetacije, prestanak rasta, opadanje lišća)
- Zimsko mirovanje (pravo mirovanje kad se skupljaju **inaktivne** temperature)
- Ekološko mirovanje (mirovanje nakon skupljenih inaktivnih temperatura i čekanje sume **pozitivnih**)

Vrijeme kretanja pupova ovisi o dvama različitim skupljenim zbrojevima temperatura:

- Akumulacija potrebnih sati, **niskih** (inaktivnih) temperatura (niske temperature potrebne su za razvoj osnove funkcionalnog cvjetnog pupa).
- Akumulacija zbroja, **sume, toplih** temperatura (kada pupovi mogu krenuti u završne faze formiranja organa cvijeta, cvjetanje i listanje).

Da bi voćka u proljeće mogla neometano krenuti u vegetaciju i funkcionalnu cvatnju, ona sve tri faze mirovanja mora proći bez problema. Međutim, klimatskim promjenama i zagrijavanjem planeta dolazimo do nekih novih problema:

1. Vegetacija nakon berbe traje dulje nego je to bilo prije 30 - 40 godina.
2. Sve je manje hladnih zima i sve se teže skupljaju sati inaktivnih temperatura potrebni za pravilnu funkcionalnu diferencijaciju cvjetnih pupova (cvjetni pup s razvijenim funkcionalnim prašnicima i plodnicama).
3. Tijekom zime dolazi do povremenih zatopljenja te mogućeg kolanja sokova, što se nepovoljno odražava u slučaju da se nakon istog pojave vrlo niske temperature. Temperature iznad 8 °C tijekom zime mogu poništiti skupljene hladne sate.
4. Sve je češće prerano skupljanje sume toplih temperatura, što izaziva ranije kretanje i do 15 dana, a time i veće mogućnosti za stradavanje od kasnih proljetnih mrazova.

Jabuka je voćna vrsta koja potječe iz sjevernijih klimata. Svaka sorta svake voćne vrste, pa tako i jabuke zahtijeva određeni broj sati tijekom zimskog mirovanja, provedenih na temperaturama ispod nule (0, -5, -10 °C). Neke metode uzimaju prag od 0 °C, druge 8 °C. Broj potrebnih sati

hlađenja ispod nule kreće se od 400 - 1000 sati, ovisno o sorti i metodi. U tom razdoblju svi hormoni rasta moraju se razgraditi. Bez dovoljno hladnih sati/dana, stablo jabuke ne može stvoriti funkcionalne (sposobne za oplodnju) cvjetne pupove. Srednja vrijednost od oko 500 sati inaktivnih temperatura može se predočiti kao potreba za četrdesetak dana tijekom zime na temperaturi oko nule. Prije tridesetak godina ovo uopće nije bio problem, no rezultati klimatskih mjerenja pokazuju da svake godine uzastopno, zapravo, imamo ponovno najtopliji ikad zabilježen listopad, najtopliji studeni, najtopliji prosinac. Također, određena ispitivanja pokazuju da temperature iznad 12 °C tijekom zime rezultiraju gubitkom nekih akumuliranih rashladnih jedinica, što se sve češće događa uslijed klimatskih promjena.

Ispitivanja u UK držanjem voćaka u staklenicima tijekom jeseni i zime na +8 °C, rezultirala su s gotovo 90% nefunkcionalnih cvjetova koji nisu mogli donijeti plod. Neka istraživanja pokazala su da visoke temperature (30 °C ili više) u lipnju i srpnju tijekom stvaranja začetaka cvijeta imaju štetan učinak na cvatnju u sljedećoj sezoni, kao i temperature preko 26 °C u kolovozu tijekom razvoja cvijeta. U lipnju 2025. godine gotovo svaki dan imao je temperature preko 30 °C.

Također, određeni broj sorata jabuke selekcioniran je u hladnijim klimatskim zonama. Sorte iz umjerenih ili hladnijih područja imaju veće potrebe za skupljanjem niskih temperatura u periodu zimskog mirovanja i kada dođu u uvjete gdje ne mogu skupiti dovoljnu sumu niskih temperatura, pojavljuju se problemi. Stabla kasne s pupanjem i listanjem, oplodnja je slaba zbog abortiranja velikog postotka cvjetova, cvatnja nije ujednačena. Ovo dovodi do slabe i nedovoljne oplodnje, manjeg broja sjemenki koje produciraju gibereline, pa djelomično oplođeni plodovi pokazuju deformacije u obliku. Isto tako ne postoji dovoljno krenulih lisnih pupova koji bi osigurali potrebnu lisnu površinu za proizvodnju kvalitetnih i krupnih plodova.

Nedavno je, naime, otkriveno da lisni pupovi zahtijevaju čak i veću sumu inaktivnih temperatura od cvjetnih pupova, (što se godinama smatralo nebitnim) pa je ubuduće u voćnjacima slabije bujnosti moguće očekivati i nedovoljno razvijenu lisnu površinu, koja je osnova za nakupljanje hranjiva, ugljikohidrata, šećera u plodovima, rezervi u korijenu itd. Rano skupljanje pozitivnih temperatura povlači i raniju cvatnju pa je voćka u toj fenofazi više izložena proljetnim mrazovima. Utvrđeno je da najčešće sorte koje zahtijevaju više hladnih sati, u proljeće zahtijevaju i nešto više toplih sati za početak bubrenja pupova. Tako od rezistentnih sorata jabuke Topaz cvate najranije, dok Rewena cvate najkasnije. Odabirom kasno cvatućih sorata možemo djelomično utjecati na produktivnost (Gala, Sirius, Pinova, Honeycrisp, Queen Cox, Rewena...). Problem s ranijom cvatnjom moguće je djelomično riješiti s korištenjem sredstava ojačivača koji kratkoročno zaštićuju cvatnju (Antifrost Protector – Thiofer -Thiobacillus Thioxidans & Thiobacillus Ferroxidans).

Ranija cvatnja povlači i mogućnost češćih nižih temperatura onih dana kada jabuka cvate. Poznato je da bumbari kao oprašivači lete na temperaturama već od 5 -10 °C, solitarne pčele na temperaturama od 10 -15 °C, dok su medonosne pčele uglavnom aktivne tek na temperaturama iznad 15 °C. Znači li to da moramo veću pažnju posvetiti uzgoju solitarnih pčela u vlastitim nasadima, jer nam jabuka ranije cvate? Tim više što je njihov radijus leta svega 200 - 300 m.



*Slika 1. Izbušene rupe u staroj drvenoj gredi (9 mm) naselile su se solitarne pčele (fotografija: Adrian Horvat)*

Starinske, udomaćene vrste i sorte uzgajane u toplijim klimatima kroz godine su bile selekcionirane i oplemenjivane na niže potrebe za inaktivnim temperaturama i nisu pokazivale ili pokazuju tek manje negativne efekte uslijed zatopljenja klime, tijekom perioda mirovanja. S druge strane, novije vrste i sorte sjevernih klimata, gdje možemo svrstati i jabuku, našle su se zatopljenjem u nepovoljnom položaju za stjecanje dovoljne sume inaktivnih temperatura. Ovo se naročito događa kada ljetnim rezom bujnijih nasada izazovemo retrovegetaciju, nakon čega slijedi topla zima.

Istraživanjima je također utvrđeno da postrani pupovi na jednogodišnjim mladicaama zahtijevaju veću količinu sume inaktivnih temperatura u odnosu na terminalne, vršne pupove. Ovo je posve nova spoznaja o kojoj se do sad nije vodilo računa. Radi se, dakle, o pupovima od kojih se očekuje klasično dvogodišnje rodno drvo. Jabuka je ionako akrotona vrsta s apikalnom dominacijom u vršnim pupovima. U nasadima jabuka i krušaka, povijanje postranih izboja u horizontalni položaj, odnosno očuvanje zdravog terminalnog pupa od pepelnice jednogodišnjih mladica koji cvatnjom povijaju jednogodišnju granu ima pozitivan učinak ujednačavanja apikalne dominacije u pupovima, te doprinosi ujednačenoj cvatnji, smanjenju bujnosti, pravilnom razvoju većeg broja cvjetnih pupova. Na fiziologiju jabuke znatno utječu i visoke ljetne temperature. Poznato je da temperature iznad 30 °C ometaju pravilnu fotosintezu, a posebice temperature lista iznad 35 °C. Na temperaturama iznad 35 °C, puči na listu se kod velikog broja kultura zatvaraju da se spriječi prekomjerna transpiracija. Kad su puči zatvorene slabi fotosinteza. Čim nema transpiracije, nema povlačenja vode iz tla putem korijenovog sustava, a time i dolaska hranjivih elemenata iz korijena do lista. Tijekom lipnja 2025. godine u Međimurju je palo tek oko 17- 22 mm oborina, evapotranspiracija je iznosila 154 mm, što znači deficit vode od oko 130 mm. Navodnjavanje kap po kap u ekstremno sušnim uvjetima često ne omogućuje dostup vode do cjelokupnog korijenovog sustava voćke, pa je kišenje, s čime se ujedno hladi i lisna površina, barem jednom tjedno daleko korisnija mjera.



*Slika 2. Hlađenje lisne površine i navodnjavanje kišenjem u nasadu jabuke, lipanj 2025. (fotografija: Adrian Horvat)*

Tablica 1. Podaci iz agroklimatskih stanica Pinove za 2024. godinu.

MJESEC	Temp. dana preko 30°C	Temp. lista / broj dana preko 30°C.	Oborine mm	Evapotranspiracija (gubitak)	Dana potrebnih za navodnjavanje
SVIBANJ	-	15	140	135	-
LIPANJ	4	21	73	106,01	9
SRPANJ	15	26	43,30	136,54	10
KOLOVOZ	18	26	73,30	115,31	9
RUJAN	5	-	132,0	61,85	2

Uz sve raniji početak vegetacije opažamo i produženja vegetacije nakon berbe, naročito na sorti Idared. Nije rijedak slučaj da se u prebujnim nasadima Idareda lišće zadrži do kraja mjeseca prosinca. Prije tridesetak godina pred kraj berbe Idareda znalo se dogoditi da je pao i snijeg (Gornje Međimurje). Stoga i rezidbu moramo započinjati sve kasnije, a završavati sve ranije, što smanjuje broj mogućih radnih dana. Uz sve veći manjak kvalificirane radne snage dolazimo do novih problema. Također, javlja se sve veći broj vršnih cvjetnih pupova koji kreću u toploj jeseni, naročito nakon jačih ljetnih rezidbi (retrovegetacija), što nikako nije poželjno. Tijekom rujna posljednjih godina imamo temperature i preko 30 °C. Kada bi se trend povećanja temperatura nakon berbe i dalje nastavio, dolazimo i do problema pravovremene primjene ureje za defolijaciju i moguće retrovegetacije u bujnim voćnjacima.

Također, u vinogradima nakon berbe ostane na rozgvi zeleno lišće još i do dva mjeseca, što produžuje potrebu za zaštitom od peronospore, crne pjegavosti, a naročito pepelnice.



*Slika 3. Snijeg pred kraj berbe Idareda u gornjem Međimurju krajem 80-tih (fotografija: Adrian Horvat)*

S druge strane, produljeni periodi toplog vremena u jesen omogućuju i sadnju te uzgoj sorata najkasnijeg termina sazrijevanja kao što su Granny Smith, Pink Lady (Cripps Pink) i sve popularnija na čađavu krastavost otporna sorta, Story Inored. Berba joj dolazi prvih dana studenog. Po svojim organoleptičkim kvalitetama (tamno crvena, slatka, aromatična, kiselkasta, tvrdog mesa) probija se sve većom brzinom na svjetsko tržište. Ima dugački vijek čuvanja u skladištu, hladnjači i ne pokazuje znakove jačih fizioloških oštećenja kod normalnog čuvanja. Uzgojem ove sorte produžujemo si period berbe u voćnjaku te izbjegavamo gužve.

Temperatura ima vrlo važan utjecaj na boju jabuke. Crvena boja na plodovima jabuka pojačava se na nižim temperaturama i hladnim noćima. Gotovo da nema proizvodnje tvari zaduženih za boju (antocijana), čim su srednje noćne temperature veće od 21 °C. Mnogo crvenih klonova, ima najljepšu boju kada su noćne temperature u fazi dozrijevanja oko 11-15 °C. Po podacima agroklimatskih stanica za 2024. godinu noćne temperature tijekom kolovoza iznosile su od 17,16 - 20,06 °C, a tijekom rujna od 10,46 – 14,05 °C. Očito će problemi sve više zahvaćati rane, a polako ostale sorte. Korisni efekti ostvareni uslijed niskih noćnih temperatura (boja i nakupljanje šećera) mogu biti poništeni jakim disanjem i izlaganjem dnevnim temperaturama većim od 30 °C. Kod visokih temperatura i jakog zračenja sunca moguće su i štete od sunčevih zraka na plodovima. Iste su svake godine sve veće u voćnjacima bez zaštitne mreže. Na većim se temperaturama razgrađuju i kiseline pa time dolazi do poremećaja aromatskog sastava poda. Možda je vrijeme da razmislimo o novijim klonovima sorata jabuke sa prirodno pojačanom bojom pokožice (Gala Dark Baron, Gala devil, Crimson crisp, Crimson snow, Giga, Jazz, Modi, Red moon, Red pop, Story Innored...).



*Slika 4. Crimson Crisp, Međimurje (fotografija: Adrian Horvat)*

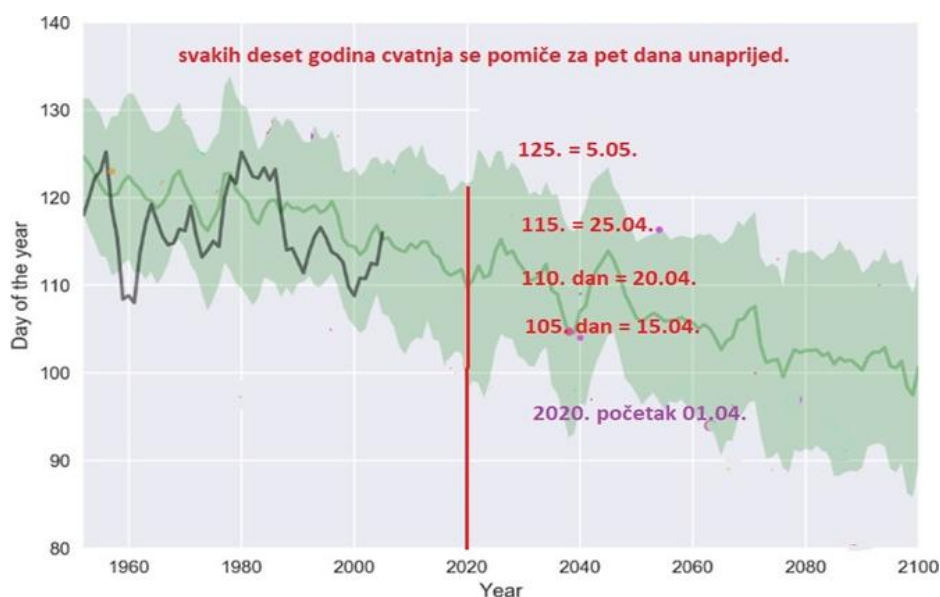


*Slika 5. Gala Devil, Međimurje (fotografija: Adrian Horvat)*

Kad su niske noćne temperature gubitak šećera u pokožici ploda disanjem je mali pa ostaje više ugljikohidrata za sintezu antocijana. Tako za ne prevrućih, sunčanih dana, a hladnih noći ostaje povoljniji omjer stvaranja i potrošnje ugljikohidrata, pa više šećera ostaje u plodovima (glukoza i naročito fruktoza). Kod ranih sorata jabuke, koje dozrijevaju i beru se u vrijeme ljetnih vrućina, osobito kada su tople noći, može se očekivati i problem s količinom šećera u plodovima. Noviji podaci iz Zapadne obale SAD-a govore i o mekšim i kašastijim plodovima nakon vrućih ljeta. I kod nas sve više dolazi do problema kod berbe drugog prohoda na ranim sortama. Tijekom berbe 2024. godine, drugi prohod sorata Gala, Summerred, Red jonaprince, Crimson crisp, bio je praktično neupotrebljiv za hladnjače. Ovi podaci govore o činjenici da ćemo sve više pažnje morati usmjeriti na kvalitetu prorijede, kako bi što je veći postotak plodova završio ujednačen u prvoj klasi obrane u prvom prohodu, čime bi ujedno i smanjili trošak berbe.

Sustavi s orošavanjem protiv mraza tijekom noći mogu ponešto pomoći (u ovom slučaju pospješuju i hlađenje plodova i listova). Kalij je jedan od najvažnijih hranjivih elemenata u transformacijama stvorenih produkata fotosinteze u šećere u plodovima. Stoga će možda biti potrebno sve više obraćati pažnju na taj hranjivi element i folijarno ga nadopunjavati. Kod toga paziti na njegove antagonizme sa Mg i Ca. S druge strane, postoji mogućnost da će ubuduće sorte kasnog dozrijevanja biti sve kvalitetnije, jer će im i period nakupljanja šećera moći biti duži.

Kao posljedica povećanja proljetnih temperatura, cvjetanje jabuka u Europi događa se posljednjih trideset do četrdeset godina prosječno 3 - 4 dana ranije po desetljeću. Analizirajući je li ovaj napredak prouzročio povećanje proljetnog rizika od mraza u posljednjim desetljećima, studija iz Švicarske izvijestila je o takvom povećanju samo za jabuke koje rastu na višim nadmorskim visinama, dok je za niže regije u Švicarskoj i ostale regije u Njemačkoj, začudo, rizik ostao gotovo isti. Za sjevernu Italiju primijećen je blagi pad rizika od mraza. Za Hrvatsku, osobito njezin sjeverni dio, se slično ne bi moglo reći, pošto u nekoliko posljednjih godina imamo vrlo česte mrazove koji oštete cvatnju (2016., 2020., 2021., 2023., 2024., 2025.). Dobro se sjećam kako je moj voćnjak davnih 1980-ih cvao početkom svibnja, dok u nekoliko zadnjih godina cvatnja nekih sorata započinje već 30.03 (24.03.2020.-Jonagold).



Slika 6. Istraživanja jasno pokazuju trend početka cvatnje jabuke

Da bi se zaštitili od posljedica ranog kretanja i sve većih mogućnosti za štete od mrazova, prskanje za zaštitu od smrzavanja orošavanjem se trenutno smatra najučinkovitijom mjerom. Sistemom antifrost kišenja voćnjaci se prskaju vodom obavezno prije nego što temperatura dosegne 0 °C, štiteći sorte do kojih – 6 °C. Loša strana ove metode je velika potrošnja vode. Postoje podaci kako je potrebno oko 4.500 m<sup>3</sup> vode da bi se tri uzastopne noći zaštitilo 10 ha. Dakle potrebno je osigurati potrošnju od 150 m<sup>3</sup> (150.000 litara vode) po noći po jednom hektaru voćnjaka, što je otprilike potrošnja od 15 m<sup>3</sup> po satu orošavanja. Isto baš i nije moguće ostvariti na svim lokacijama.



*Slika 7. Antifrost sustav u radu, Međimurje (fotografija: Adrian Horvat)*

Učinak isparavanja – hlađenja kišenjem čak i kad nema mrazova može se koristiti za odgodu cvjetanja stabala jabuka u proljeće, ali nije poželjno da pupovi sadrže previše vode. Istraživanje provedeno u East Mallingu 1970-ih pokazalo je da bi se korištenjem orošavanja cvjetanje Coxovog Orange Pippina moglo odgoditi i do 14 dana.

Druga mogućnost je primjena uređaja za zagrijavanje zraka s jakim ventilatorom. „Frostbuster“ je priključni stroj koji se najčešće koristi u zaštiti voćnjaka od pojave mraza. Ventilator uzima zagrijani zrak od plamenika i raspuhuje ga lijevo i desno uz tlo u nasadu. Najveća udaljenost za najjače modele toplog zraka je 75 metara s lijeve i desne strane stroja. Potrošnja plina (propan) iznosi oko 30 – 60 kg na sat što ovisi o jačini modela. Osigurava zaštitu od mraza 2-5 ha ovisno o jačini mraza i veličini modela ( F501- F252- F252H-F152).

Ukupni godišnji trošak svake mjere prilagodbe obrane od mraza ovisi o obrađivanoj površini koju bi trebao zaštititi, broju mrazova u godini te omjeru između fiksnih i promjenjivih troškova. Potrebno je izračunati trošak nabavke zaštitne metode (orošavanje ili frostbuster) te ga ukalkulirati u godišnju amortizaciju nasada, te trošak potrošnje vode ili plina računajući broj mogućih godina s mrazovima i isto ukalkulirati u cijenu jabuke. Cijene frostbustera kreću se od 13.270 – 26.550 EUR.

Drugi vid je kalkulacija s osiguranjem od mraza, no potrebno je znati da osiguravajuće kuće također sve više uviđaju klimatske promjene i dižu premije osiguranja kako bi sebe zaštitile. Neke voćne vrste koje redovito stradaju od kasnih proljetnih mrazova više ni ne osiguravaju. Pitanje je kad će se to dogoditi i s jabukom. Poželjno je izraditi i probne kalkulacije omjera amortizacije odabranog načina obrane od mraza s dugogodišnjim premijama koje moramo plaćati. Najbolja bi bila obnova i podizanje voćnjaka na sigurnim položajima, u brežuljkastim krajevima gdje postoje zračne drenaže za jezera hladnog zraka ispod razine podignutih voćnjaka. Davnih 1980-ih godina tako smo i učili na fakultetu. Prije četrdesetak godina kad je klima još bila drugačija, nije bio problem spustiti se s nasadima u ravničarske krajeve zbog lakše i ekonomičnije proizvodnje.

Ne postoje samo problemi s fiziologijom voćnih vrsta, već i s biologijom štetnika u voćnim nasadima. Tople i blage zime pogoduju dobrom preživljavanju svih oblika prezimljujućih štetnika. Rano nakupljanje aktivnih temperatura povlači i ranije buđenje štetnika. To znači da je odmah nakon početka vegetacije, već i pred početak cvatnje pritisak insekata i grinja u voćnjacima vrlo velik, zbog čega je potrebno vrlo rano pratiti njihovu prisutnost i brojnost. Visoka temperatura tijekom godine ubrzava metabolizam insekata pa moraju češće jesti i time uzrokovati veću štetu. Osim toga, visoka temperatura potiče i bržu reprodukciju, pa se i njihov broj povećava. Skraćuje se njihov razvojni ciklus, a time se razvija više generacija u sezoni.



*Slika 8. Populacija voćnog crvenog pauka može tijekom ljeta vrlo naglo porasti i do 50 jedinki po listu (fotografija: Adrian Horvat)*

Više temperature produljuju i razdoblje ishrane štetnika u jesen. Kad tome dodamo i sve manji broj dozvoljenih aktivnih tvari za zaštitu, sve češću primjenu par preostalih dozvoljenih, pitanje je do kada će insekti postati rezistentni na tako mali broj sredstava za zaštitu koja su trenutno dozvoljena.

*Adrian Horvat, dipl. ing.*