



VODIČ

ZA PRILAGODBU
VINOGRADARSKE
PROIZVODNJE
KLIMATSKIM
PROMJENAMA



Izdavač:

Hrvatska agencija za poljoprivredu i Hranu

Autori:

prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić
Branimir Omazić, mag. phys-geophy
izv. prof. dr. sc. Maja Telišman Prtenjak
prof. dr. sc. Marko Karoglan
izv. prof. dr. sc. Darko Preiner

Oblikovanje: Studio HS internet d.o.o

Lektura: Valerija Karačić, prof.

Naklada: 1.000

Tisak: Grafika d.o.o., Osijek



Europska unija
Zajedno do fondova EU



**EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



Operativni program
**KONKURENTNOST
I KOHEZIJA**



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo gospodarstva i
održivog razvoja



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Projekt je sufinancirala europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj
Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu.



VODIČ

ZA PRILAGODBU
VINOGRADARSKJE
PROIZVODNJE
KLIMATSKIM
PROMJENAMA

SADRŽAJ

1. Vinova loza i okoliš	7
Fenologija vinove loze	8
Utjecaj klimatskih promjena na vinogradarstvo	10
2. Klimatske promjene u Republici Hrvatskoj i utjecaj na vinogradarstvo i vinarstvo	13
Analiza meteoroloških mjerenja i karakteristika vinove loze u prošloj i sadašnjoj klimi.....	13
Klimatske promjene u Hrvatskoj.....	13
Utjecaj klimatskih promjena na sve raniji nastup fenoloških faza.....	14
Agroklimatski indeksi i njihova promjena u prošloj i sadašnjoj klimi.....	18
Klimatske promjene u budućnosti i očekivani utjecaj na uzgoj vinove loze	21
3. Prilagodba tehnologija proizvodnje grožđa klimatskim promjenama.....	23
Ampelotehnički zahvati	23
Uzgojni oblik	23
Kasna rezidba	24
Pinciranje	24
Djelomična defolijacija	24
Berba.....	25
Sustavi uzdržavanja tla.....	26
Tehnike obrade tla i zatavljanje.....	26
Navodnjavanje	26

Izbor položaja za sadnju vinograda	27
Nadmorska visina	27
Nagib.....	28
Ekspozicija terena i smjer pružanja redova	28
Tlo	28
Upravljanje rizikom od kasnih proljetnih mrazeva	29

4. Prilagodba klimatskim promjenama izborom sorte vinove loze i podloge 30

Povijesni razvoj povezanosti sortimenta vinove loze i vinogradarskih regija	30
Klonska selekcija i unutarSORTNA varijabilnost.....	32
Prilagodba klimatskim promjenama izborom klonova.....	33
Prilagodba klimatskim promjenama izborom podloge	34
Podloge iz grupe križanaca <i>Vitis berlandieri</i> x <i>Vitis riparia</i>	35
Podloge iz grupe <i>Vitis berlandieri</i> x <i>Vitis rupestris</i>	35
Prilagodba sortimenta vinove loze klimatskim promjenama	36
1. Prilagodba udjela pojedinih sortā unutar postojećeg sortimenta preporučenog za vinogradarske regije	37
2. Prilagodba uvođenjem novih sortā koje trenutno nisu među preporučenima za uzgoj na nekom području	37
Uvođenje tradicionalnih sortā iz drugih regija	37
Uvođenje novih otpornih sortā	38

5. Literatura 39

1. Vinova loza i okoliš

(prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić)

Vinova loza (*Vitis vinifera*) vrsta je širokog areala rasprostranjenosti i jedna od najuzgajanijih voćnih vrsta u svijetu. Iz Europe i zapadne Azije, odakle potječe, čovjek ju je naseljavanjem takozvanog Novog svijeta prenio i na sve druge kontinente, s izuzetkom Antarktika. Uzgoj u raznolikim klimatskim i okolišnim uvjetima dokaz je njezine dobre prilagodljivosti, čemu osobito doprinosi veliki broj sortā (oko 6 000) s velikim rasponom variranja bioloških i gospodarskih svojstava.

Unatoč tome, kao i sva druga živa bića, vinova loza može preživjeti samo unutar određenih granica vrijednosti klimatskih elemenata. Pri tome je temperatura presudni klimatski čimbenik. Smatra se da su područja sa srednjom godišnjom temperaturom od 10 °C do 20 °C načelno pogodna za uzgoj vinove loze. Odnosno, možemo reći ka je vinova loza tipična vrsta umjerenog klimatskog pojasa pa ju nalazimo između 25° i 52° sjeverne geografske širine te između 30° i 45° južne geografske širine.

Izvan ovih granica uzgoj vinove loze je neisplativ. Blíže polovima učestale su pozebe zbog niskih zimskih temperatura koje dovode do oštećenja pupova, ali i trajnih dijelova trsa, niskih suma temperatura u vegetaciji koje ne omogućavaju dobro dozrijevanje grožđa i pojave kasnih proljet-

nih te ranih jesenskih mrazova. Područja bliža ekvatoru neprikladna su za uzgoj vinove loze jer je zimi temperatura previsoka te se javlja problem izlaska pupova iz faze dubokog mirovanja što u proljeće rezultira nejednolikim kretanjem pupova. U jako toplim područjima loza funkcionira kao vazdazelena biljka te se vegetacijski ciklusi nastavljaju jedan na drugi bez potpunog mirovanja trsa. Tako u jednoj godini možemo imati više berbi, no kvaliteta grožđa je zbog visokih temperatura u vrijeme dozrijevanja neadekvatna, a visoka vlaga često je uzrok velikih problema s gljivičnim bolestima.

Generalni tip klime na nekom većem području nazivamo makroklimom. Unutar područja koja su povoljna za uzgoj vinove loze pojedini položaji za uzgoj vinove loze značajno variraju u ovisnosti o nadmorskoj visini, reljefu, ekspoziciji, blizini vodenih površina, smjeru puhanja glavnih vjetrova i sl. Klimatske prilike takvih užih područja ili čak jednog vinograda nazivamo mezoklimom, a neposrednu okolicu jednog trsa mikroklimom.

Razlike na razini mezoklimata odgovorne su za specifične karakteristike vina koja se tu proizvode te su temelj zaštite geografskog podrijetla vina kojom proizvođači garantiraju njihovu tipičnost i specifičnost u odnosu na druga vina, a po kojoj

su na tržištu prepoznatljivi potrošačima.

Uz karakteristike položaja, sortā i tehnologija proizvodnje kojom se u vinogradu može utjecati na mikroklimu trsa kao i tehnologija proizvodnje vina, odgovorne su za konačnu kakvoću i stil vina.

Fenologija vinove loze

Tijekom jedne godine, vinova loza prolazi kroz različite faze rasta i razvoja, a te se faze ciklički ponavljaju iz godine u godinu. Faze rasta i razvoja uobičajeno nazivamo fenofazama, a granu vinogradarstva koja se njima bavi fenologijom.

Godišnji biološki ciklus dijelimo na sedam fenofaza. Većina ih pripada periodu vegetacije, kada se na trsu događaju intenzivne i vidljive promjene, a tijekom hladnog dijela godine loza se nalazi u fazi zimskog mirovanja. Kako bi se fenofaze pravilno odvijale, presudan je utjecaj temperature, svjetlosti i vlage. Stoga su fenofaze ukratko opisane te je ukazano na kritične klimatske čimbenike koji na njih utječu.

Početak vegetacijskog perioda u vinogradu označava početak *suzenja ili plača vinove loze*. U ovoj fazi na prerezima mladice načinjenim rezom u zrelo, pojavljuju se kapljice tekućine koje pokazuju da je korijen počeo intenzivno usvajati vodu iz tla. Dotok vode u nadzemne dijelove trsa nužan je za njihovu rehidraciju te mobilizaciju rezervnih hranjiva koja su uskladištena u prethodnoj vegetaciji, a nužna su za rast mladica iz pupova dok listovi ne postanu

fotosintetski aktivni. Glavni čimbenik za početak i odvijanje ove faze temperatura je tla koja mora porasti na 8 - 10 °C.

S porastom temperature zraka stječu se uvjeti za početak druge fenofaze, *pupanje, rast i razvoj vegetacije*. Za početak ove faze srednja dnevna temperatura mora biti viša od 10 °C i zato tu temperaturu u ekologiji vinove loze smatramo biološkom nulom, a temperature više od 10 °C aktivnim temperaturama. Tijekom ove faze dolazi do otvaranja zimskih pupova te mladice intenzivno rastu dosežući do kraja faze oko 60 % svoje konačne dužine. Uz rast mladica i stvaranje novih listova završava se razvoj cvatova i cvjetova. Za stvaranje ovako velike vegetativne mase uz temperaturu nužna je i dovoljna količina vlage u tlu pa u uvjetima suše može doći do niže stope rasta, problema u diferencijaciji cvjetova što se kasnije može odraziti na slabije zametanje bobica.

Treća fenofaza je *cvatnja i oplodnja*. Postupno se otvaraju cvjetovi i dolazi do procesa oplodnje. Većina sortā je samooplodna, no neke od njih imaju ženski tip cvijeta pa im je potrebna druga sorta kao oparaivač. Ove posljednje, osobito su osjetljive na vremenske prilike u cvatnji. Optimalna temperatura tijekom ove faze je između 20 i 30 °C, a temperatura ispod 15 °C može oštetiti polenova zrnca i smanjiti njihovu klijavost. Pojava jakih, suhih vjetrova dovodi do sušenja njuške tučka te je oplodnja otežana jer ne može doći do klijanja polena. Jake oborine i previsoka vlaga spriječit će odvajanje cvjetnih ka-

pica što će se također negativno odraziti na stupanj oplodnje, a mogu uzrokovati i pojavu gljivičnih bolesti.

Nakon oplodnje počinje fenofaza *rasta i razvoja bobice*. Tijekom ove fenofaze dolazi do razvoja bobice iz plodnice cvijeta. Bobica povećava svoj volumen zbog intenzivne diobe stanice koja se u njoj događa. Do kraja faze diobom će se stvoriti konačan broj stanica. Ograničavajući čimbenik ovdje je vlaga u tlu pa ako je tijekom ove faze nedostaje, stvorit će se manji broj stanica nego li je sortno tipično te će bobice ostati sitnije, a prinos niži čak iako u nastavku vegetacije bude dovoljno vlage.

Usporedno s intenzivnim promjenama koje se događaju na ostalim vegetativnim i generativnim organima, u pazušcu lista diferenciraju se zimski pupovi iz kojih će vegetacija krenuti iduće godine. Na rodnost zimskih pupova veliki utjecaj imaju vremenske prilike u tijeku njihove diferencijacije, pri čemu je, uz dobru opskrbu asimilatima, dominantan utjecaj direktnog sunčevog osvjetljenja.

Fenofaza *dozrijevanje grožđa*, započinje šarom grožđa. Pod šarom se podrazumijeva niz promjena u bobici koje se događaju u vrlo kratkom periodu. Najuočljivija je promjena boje kožice, a uz to dolazi i do mekšanja bobice, pojave maška i prozirnosti kožice. U nastavku faze događaju se intenzivne promjene u kemijskom sastavu bobice. Raste sadržaj šećera, a pada ukupna kiselost. Sintetiziraju se sekundarni

metaboliti odgovorni za kakvoću grožđa, poput polifenolnih i hlapljivih spojeva. Za sintezu svih ovih spojeva nužno je obilje svjetlosti i topline te dovoljno vlage. Razgradnja kiselina također je u korelaciji s temperaturom u dozrijevanju pa ako se dozrijevanje događa u uvjetima visokih temperatura, to može rezultirati grožđem visokog sadržaja šećera, a niske kiselosti, odnosno kasnije neharmoničnim vinima. Ekstremne temperature, više od 35 °C, osobito u kombinaciji s nedostatkom vlage dovode lozu u stanje stresa što će se odraziti i na zastoj u sintezi sekundarnih metabolita.

Nakon berbe, vinova loza *priprema se za zimski odmor*. Lišće je još uvijek fotosintetski aktivno te su asimilati, za razliku od faze dozrijevanja kada je glavni potrošač bio grozd, usmjereni u trajne dijelove trsa (korijen, stablo, krakove, mladice) gdje se skladište u formi rezervnih hranjiva.

Pojava ranih jesenskih mrazova uzrokovat će otpadanje lišća te se neće akumulirati dovoljno rezervi u trsu što može smanjiti njegovu otpornost na niske temperature i uzrokovati slabiji rast mladice početkom iduće vegetacije.

Tijekom faze *zimskog mirovanja* nema na trsu vidljive životne aktivnosti. Kao što je ranije objašnjeno, u toj je fazi potrebna određena suma niskih temperatura kako bi se osigurao izlazak pupova iz fiziološkog mirovanja i osiguralo uniformno kretanje pupova na proljeće.

Utjecaj klimatskih promjena na vinogradarstvo

Iz ranije navedenog, jasno je vidljiv utjecaj klime na vinogradarstvo. Tijekom višestoljetnog uzgoja vinove loze ponajviše u Europi, a onda i u drugim dijelovima svijeta, proizvođači su se prilagodili određenim klimatskim karakteristikama pojedinih vinogradarskih regija, odabrali su sorte koje tu daju najbolju kakvoću te tome prilagodili tehnologiju proizvodnje. No, tijekom posljednjeg stoljeća sve su jasnije uočljive klimatske promjene o čijem postojanju danas gotovo da i nema prijepora u znanstvenoj zajednici, utječu na različite ljudske djelatnostima te ih osjećamo u našem svakodnevnom životu.

Bez obzira što se klimatske promjene do neke mjere različito odražavaju u različitim dijelovima svijeta, podatci jasno pokazuju kontinuirani porast temperatura od početka 20. stoljeća, a povećanje tih trendova osobito je naglašeno od početka 21. stoljeća. Prosječna temperatura na zemlji porasla je za 1,2 °C, a zadnjih osam godina bilo je najtoplije. Raste i učestalost toplinskih valova te se povećava broj dana s temperaturom višom od 35 °C, a negativni su trendovi broja hladnih dana i noći. Mijenja se i hod oborine, pa se u mnogim dijelovima svijeta, poput područja Mediterana, smanjuje količina oborine, uz povećanje broja suhih dana i pojavu jakih oborinskih događaja.

Sve ove pojave itekako se odražavaju na uzgoj vinove loze i proizvodnju vina pa su

proizvođači suočeni s različitim problemima kojima su uzrok klimatske promjene

Brojna istraživanja u različitim vinogradarskim područjima te na različitim sortama, pokazuju raniji početak i kraće trajanje vegetacije te jasnu korelaciju promjena u fenologiji s porastom temperature. U proljeće raniji nastup aktivnih temperatura potiče raniji početak pupanja, zbog čega se povećava opasnost od oštećenja od kasnih proljetnih mrazova koji se u tom razdoblju javljaju.

Više temperature tijekom vegetacije utječu osobito na raniju cvatnju i početak dozrijevanja grožđa. Proces dozrijevanja grožđe odvija se u uvjetima visokih prosječnih temperatura što rezultira značajnim promjenama u kemijskom sastavu grožđa od kojih su najuočljiviji povećanje sadržaja šećera i pH vrijednosti te pad ukupne kiselosti. Vina od takvog grožđa imaju visok sadržaj alkohola pa zbog niže kiselosti mogu biti neharmonična. Opaženo je smanjenje razlika između sortâ u vremenu dozrijevanja što može predstavljati organizacijski problem u berbi. Učestala pojava toplinskih valova, odnosno porasta broja vrućih dana s temperaturom iznad 35 °C može izazvati oštećenje grožđa, a u ekstremnim slučajevima i lišća. Oštećenja u vidu sunčanih opekotina bobica mogu uzrokovati manji prinos, a utječu i na pojavu netipičnih i nepoželjnih aroma u vinu.

Čak i ako nema vidljivih oštećenja, ekstremno visoke temperature danju uz mali pad temperatura noću, dovode do promjene u

fiziologiji dozrijevanja. Naime, optimalna temperatura za odvijanje fotosinteze je između 25 i 35 °C. Na temperaturama iznad 35 °C intenzitet fotosinteze se smanjuje, a disanja povećava pa se smanjuje količina asimilata na raspolaganju za rast, razvoj i dozrijevanje. Narušava se i metabolizam fenolnih i hlapljivih spojeva pa je aromatski profil takvog grožđa često siromašan te je smanjen i sadržaj antocijana kao tvari boje u crnom grožđu.

Opisani učinci visokih temperatura, osobito su naglašeni u uvjetima niske vlažnosti tla zbog čega je transpiracija, kao mehanizam koji pomaže održavanju optimalne temperature biljke, smanjena. Promjene u hodu oborine nisu tako uniformne kao što je to slučaj s temperaturama te mogu biti dosta različite u različitim područjima. Često se godišnja suma oborina ne mijenja, ali se mijenja njihov raspored. Problem mogu predstavljati i razdoblja jeseni i zime s manjom količinom oborina jer se tada neće akumulirati rezerva vlage za iduću vegetaciju, no ipak je najproblematičnija pojava dužih sušnih razdoblja tijekom vegetacije. U uvjetima visokih temperatura povećava se evapotranspiracija pa se zalihe vlage dodatno smanjuju. Voda je uz sunčevu svjetlost i CO₂ iz zraka nužna za odvijanje fotosinteze stoga manjak vlage rezultira slabijim porastom mladica i smanjenjem rodnosti i prinosa, osobito ako je prisutno u kritičnim fazama razvoja poput faze intenzivnog rasta mladica i formiranja bobica.

Klimatske promjene uglavnom opažamo kroz njihove negativne učinke, no u hladnijim područjima koja su blizu sjevernih granica optimalnih za uzgoj, povećanje temperature može uzgoj loze učiniti manje rizičnim i podložnim oštećenjima od niskih temperatura te smanjiti varijabilnost između berbi omogućavajući dobro dozrijevanje grožđa. Vina iz takvih područja mogu dobiti na kvaliteti, a i sortiment je moguće proširiti sortama kasnije dobi dozrijevanja.

Povećanje CO₂ u zraku i intenziteta radijacije potencijalno može dovesti do povećanja rodnosti pupova i prinosa, no nedostatak vlage često je ograničavajući čimbenik za to. Ranije dozrijevanje grožđa i berba omogućava dobro dozrijevanje i akumulaciju rezervnih hranjiva u mladima, starom drvu i korijenu koji su važni za otpornost na niske zimske temperature te osiguravaju rast mladica početkom iduće vegetacije. Manje oborina, a viša temperatura u tijeku vegetacije rezultiraju manjom zarazom plamenjačom i sivom plijesni, ali mogu utjecati na širenje areala rasprostranjenosti nekih štetnika ili povećanje broja generacija.

Ako se trend promjena nastavi kako to predviđaju različiti prognozni modeli, može se očekivati promicanje granica uzgoja vinove loze na područja koja sada smatramo suboptimalnim pa tako već i danas možemo naći pojedinačne slučajeve proizvodnje vina u Velikoj Britaniji ili na Skandinavskom poluotoku. S druge stra-

ne, u takvom scenariju moguće je da će neka područja blizu južne granice uzgoja vinove loze, postati previše topli i sušna te unatoč različitim mjerama prilagodbe klimatskim promjenama više neće biti pogodna za proizvodnju vina.

U sadašnjim okolnostima, znanstvene i stručne spoznaje još uvijek nude veliki raspon mjera prilagodbe uzgoja vinove

loze u postojećim vinogradarskim područjima. Primjena ovih mjera zahtijevat će ulaganje dodatnog truda kako bi se održala sadašnja razina kakvoće vina. Pri tome će osobito zahtjevno biti održavanje tipičnosti vina pojedinih vinogradarskih regija pa će se s vremenom proizvođači i potrošači morati naviknuti i na neke nove stilove vina.

2. Klimatske promjene u Republici Hrvatskoj i utjecaj na vinogradarstvo i vinarstvo

(Branimir Omazić, mag. phy. geophy i izv. prof. dr. sc. Maja Telišman Prtenjak)

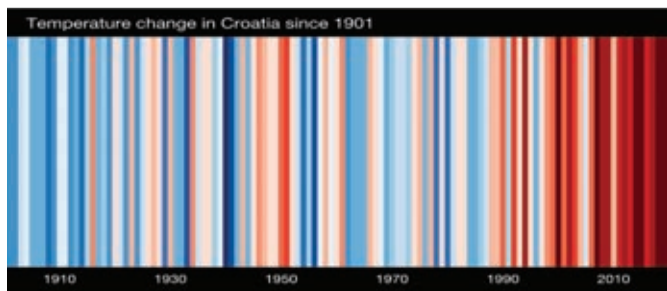
Iako je površinom mala zemlja, u Republici Hrvatskoj izmjenjuju se tri glavna klimatska područja: kontinentalna, planinska i primorska klima. Najvažniji čimbenici koji definiraju klimu Hrvatske su Jadransko more, Dinaridi te otvorenost sjeveroistočnih krajeva Panonskoj ravnici. Većina predjela Republike Hrvatske pogodna je za uzgoj određenih sorti vinove loze, ali uspješnost njihovog uzgoja uvelike ovisi o meteorološkim uvjetima prisutnima na tim područjima. Temperatura i oborina definiraju fenološki ciklus vinove loze, količinu uroda te njegovu kvalitetu. Upravo zbog toga, u proteklom desetljeću, došlo je do značajnih promjena, ne samo u meteorološkim parametrima, nego i u karakteristikama grožđa, a samim time i proizvedenog vina. Za očekivati je kako će se daljnji porast temperature nastaviti i u budućem razdoblju do kraja stoljeća, a to sa sobom nosi i nove izazove za vinogradarski sektor. Zato klimatske promjene predstavljaju jedan od važnijih socijalno-ekonomskih čimbenika pri donošenju odluka u proizvodnji i razvoju vinogradarskog sektora.

Analiza meteoroloških mjerenja i karakteristika vinove loze u prošloj i sadašnjoj klimi

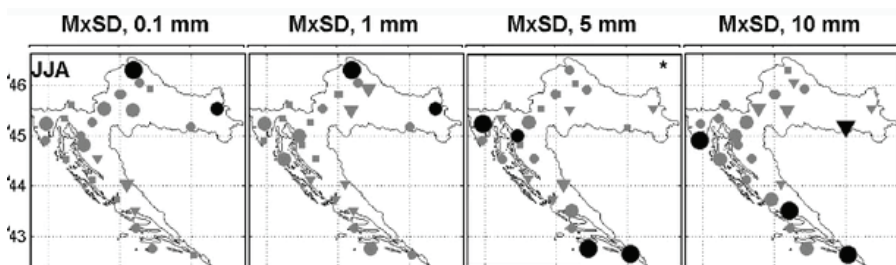
Klimatske promjene u Hrvatskoj

Klimatski podatci jasno pokazuju da temperatura na globalnoj razini pa tako i u Hrvatskoj, raste u posljednjih sto godina. Taj porast temperature posebno je značajan u posljednja tri desetljeća. Ako promatramo srednju godišnju temperaturu na razini cijele Republike Hrvatske, jasno se vidi kako su se najtoplije godine, otkako postoje mjerenja, dogodile upravo unazad zadnjih 30 godina (slika br. 1). Promjene u oborinskom režimu nisu jednoznačne i ne ukazuju na neko smanjenje ili povećanje oborine u cjelini, za razliku od temperature, ali prisutna su sve češća sušna razdoblja, osobito dominantna ljeti u obalnom području (slika br. 2).

Osim toga, klimatske promjene uzrokuju i promjene u ekstremnim događajima (poput tuče, mraza, broja hladnih dana i sl.), a sve to utječe na čovjeka, biljke, ekosustav, ali i različite gospodarske djelatnosti pa tako i poljoprivredu. I dok se čovjek ponekad može zaštititi od nepogoda koje su klimatske promjene donijele sa sobom, biljne i životinjske vrste teže se prilagođavaju novonastalim uvjetima te su zbog toga naročito ranjive.



Slika 1: Odstupanje prosječne temperature u Republici Hrvatskoj u razdoblju 1901. - 2020. Svaka linija predstavlja srednju temperaturu za pojedenu godinu. Crvene linije označavaju godine s pozitivnim odstupanjem od prosjeka (viša temperatura od prosjeka), a plave linije s negativnim odstupanjem od prosjeka (niža temperatura od prosjeka). Tamnije nijanse predstavljaju veća odstupanja od prosjeka. (Izvor: <https://mingor.gov.hr/vijesti/obiljezavanje-dana-pruga-zagrijavanja-s-ciljem-podizanja-svije-sti-o-ozbiljnosti-klimatskih-promjena/8266>).

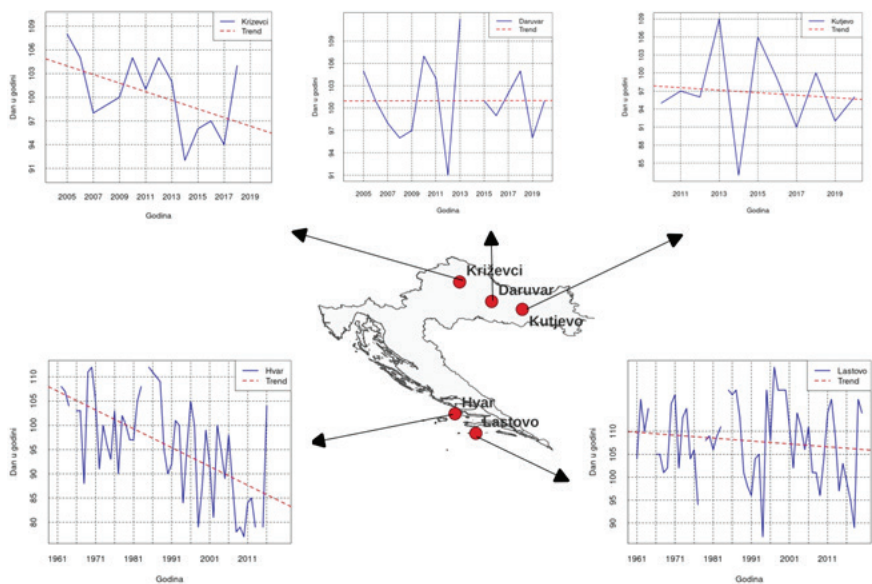


Slika 2: Trendovi maksimalnih duljina trajanja sušnih razdoblja za ljetnu sezonu (lipanj - kolovoz) u razdoblju 1961. - 2000. Kružići predstavljaju pozitivne trendove u duljinama trajanja sušnih razdoblja (povećanje duljine trajanja), a trokuti negativne trendove (skraćivanje duljine trajanja). Tamnije nijanse označavaju veće trendove. (Izvor: Cindrić i sur. 2010.).

Utjecaj klimatskih promjena na sve raniji nastup fenoloških faza

Povećanje temperature izravno utječe na fenološki ciklus vinove loze pa zbog toga svjedočimo sve ranijem pojavljivanju fenoloških faza vinove loze, kao i skraćivanju cjelokupnog ciklusa. Blage zime i nedostatak snijega uzrokuju sve raniji

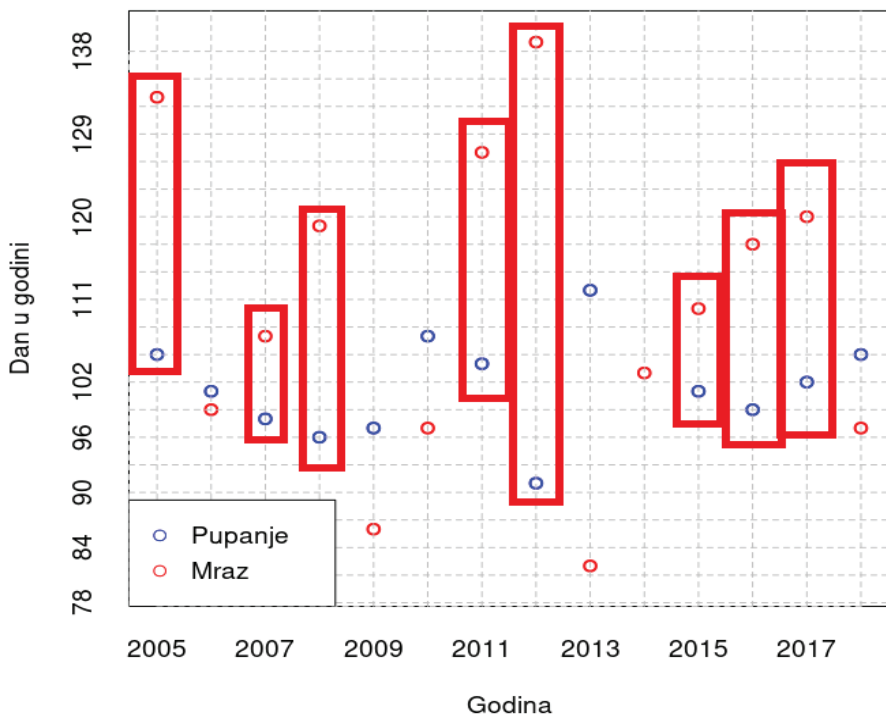
početak pupanja i na kontinentu i na obali. Trendovi početka pupanja razlikuju se ovisno o lokaciji i sorti, ali pokazuju da pupanje nastupa ranije u prosijeku 3 - 5 dana u 10 godina za sorte graševina i plavac-mali (slika br. 3). Ovo pomicanje možda ne izgleda tako dramatično, ali sa sobom ipak nosi određene posljedice i to osobito na kopnu.



Slika 3: Trendovi nastupa pupanja za sorte graševina (na lokacijama Daruvar, Križevci, Kutjevo) i plavac mali (na lokacijama Hvar i Lastovo).

Naime, iako prosječna temperatura raste u godini kao cjelini i u pojedinim sezonama, to ne isključuje pojavu ekstremno niskih temperatura, a samim time i mraza. Kasni proljetni mraz može značajno smanjiti količinu i kvalitetu uroda te zadati velike probleme vinogradarima. Zbog sve ranijeg pupanja, povećava se vjerojatnost

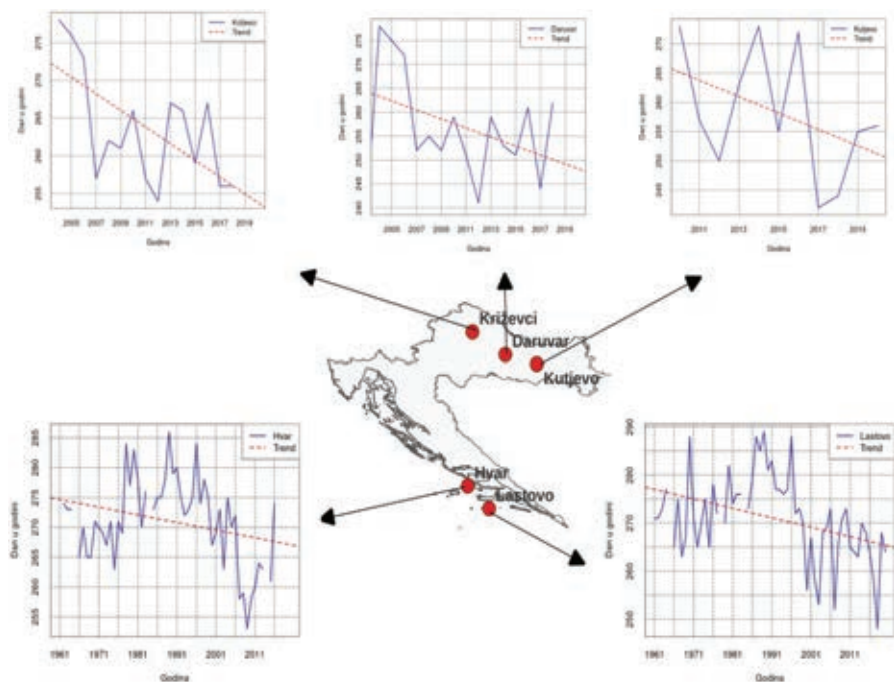
štete od mraza jer su niske temperature krajem ožujka i u travnju na kopnu dosta česte. Jedan od primjera je Daruvar u kojem je od 2005. do 2018. godine, posljednji proljetni dan s mrazom osam puta nastupio nakon što je krenulo pupanje vinove loze (slika br. 4).



Slika 4: Početak pupanja i zadnji dan s mrazom u Daruvaru. Crvenim pravokutnikom označene su godine u kojima je mraz nastupio nakon početka pupanja.

Još su značajnije promjene u datumima početka berbe. Povećanje temperature u vegetacijskom razdoblju dovodi do sve bržeg nakupljanja šećera u bobicama i smanjenju kiselina. Kako bi zadržali najpovoljnije vrijednosti šećera, kiselina i aroma, vinari su primorani berbu vršiti sve ranije, najčešće za vrijeme visokih temperatura. U zadnjih nekoliko godina, berba graševine i plavca malog, odvija se već početkom rujna što je prije bilo nezamislivo (slika br. 5).

Temperature u tom dijelu godine još su izrazito visoke, najviše dnevne temperature početkom rujna, osobito na obali, nerijetko prelaze 25 °C, a berba pri tako visokim temperaturama značajno utječe na kemijski sastav bobica pa su vinogradari i vinari primorani brati i tijekom noći kad su temperature ipak nešto niže.

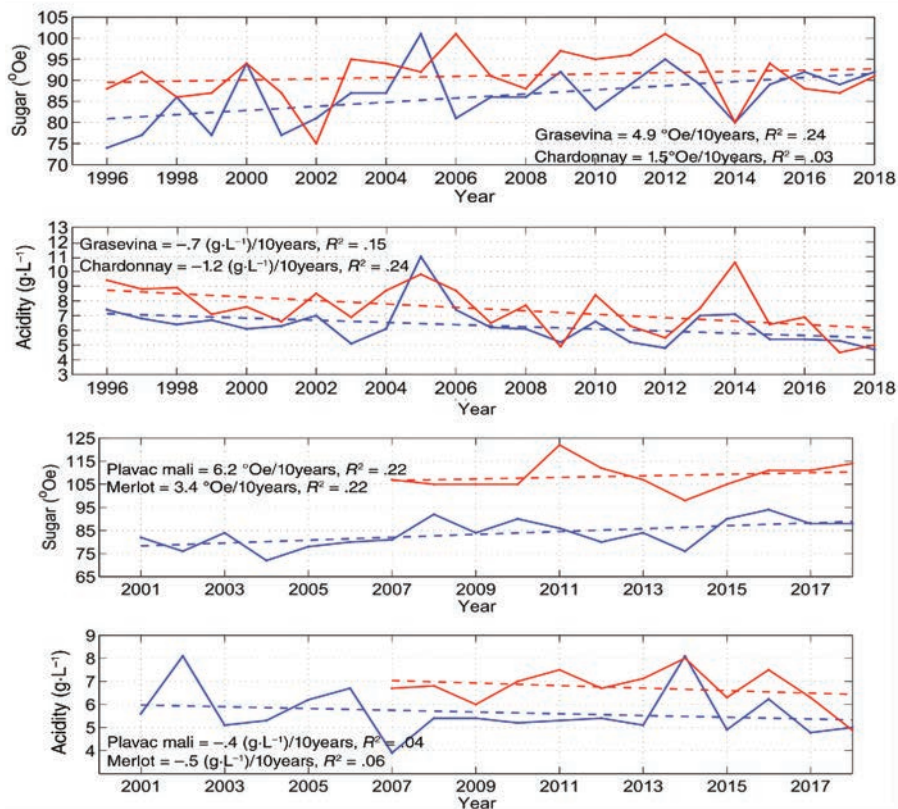


Slika 5: Trendovi nastupa berbe za sorte graševina (na lokacijama Daruvar, Križevci, Kutjevo) i plavac mali (na lokacijama Hvar i Lastovo).

Osim što je vidljivo pomicanje berbe s početka jeseni na kraj ljeta, u vinogradima se opaža i sve raniji nastup šare. Pomicanje šare ranije u ljeto (sve češće u sranj), sa sobom povlači i period koji je od presudne važnosti u razvoju vinove loze (onaj od šare do berbe), kada u bobicama najviše raste koncentracija šećera i smanjuje se koncentracija kiselina, što se događa prilikom izrazito visokih ljetnih temperatura.

Kao posljedica svega navedenoga, vidljiv je značajan porast šećera i smanjenje ki-

selina u bobicama nakon berbe (slika br. 6). Jasnije je vidljivo kako samo pomicanje berbe ranije nije dovoljno kako bi se održale jednake količine šećera i kiselina, nego su potrebne i dodatne mjere prilagodbe. Porast šećera osobito je zabrinjavajuć kod crnih vina, gdje koncentracije postaju izrazito velike, a vina alkoholna. Osim toga, mijenjaju se i arome u vinima pa može doći i do opadanja kvalitete, ali i do sve težeg održavanja standarda vina.



Slika 6: Trendovi šećera i kiselina u moštu za sorte graševina i *chardonnay* (na lokaciji Kutjevo) i plavac mali i *merlot* (na lokaciji Blato na Korčuli i korlat). (Izvor: Omazić i sur. 2020.).

Agroklimatski indeksi i njihova promjena u prošloj i sadašnjoj klimi

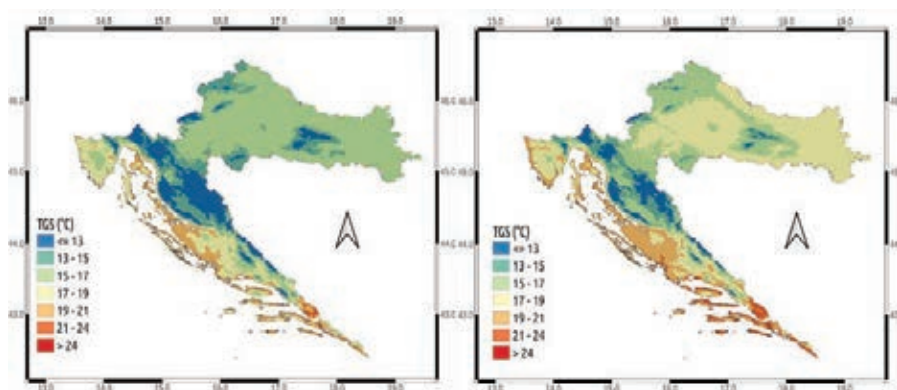
Jedan od najboljih načina praćenja utjecaja klime na vinovu lozu su agroklimatski indeksi.

Agroklimatski indeksi koristan su alat za određivanje regija i područja pogodnih za uzgoj vinove loze te određivanje op-

timalnih sortā za uzgoj na određenom području. U literaturi se mogu pronaći različiti indeksi koji se primjenjuju u zoniranju vinogradarskih područja, ali najčešće korišteni su Srednja temperatura u sezoni rasta (travanj - listopad) (TGS ili GST) i *Winklerov indeks* (WI ili GDD). Prvi je indeks intuitivan i jasno određen, dok drugi indeks koristi koncept nakupljanja topline

u vinovoj lozi, uzimajući u obzir kako je temperatura potrebna da vinova loza postane aktivna 10 °C. Upravo se takav koncept nakupljanja topline smatra glavnim okidačem fenoloških faza, odnosno, kada se u vinovoj lozi skupi dovoljno topline, krenut će određena fenološka faza. Isto tako, ukupna količina akumulirane topline u vegetacijskom razdoblju (travanj - listopad), određuje područja pogodna za uzgoj vinove loze kao i sorte pogodne za kultiviranje na određenom području. Iz vrijednosti indeksa vidljivo je kako gotovo cijelo područje Republike Hrvatske jest pogodno za uzgoj vinove loze. Srednja temperatura u sezoni vegetacije u 30-godišnjem razdoblju od 1991. do 2020. bila je između 17 i 19 °C u većini kopnenih područja Republike Hrvatske (slika br. 7). Ovakva temperatura pogoduje uzgoju vinove loze, a osobito bijelih sorti. Nešto niža tempe-

ratura u tom razdoblju bila je na samom sjeveru Republike Hrvatske i u Gorskom kotaru te Lici. U obalnom području, osim unutrašnjosti Istre i Dalmatinske zagore, u istom 30-godišnjem razdoblju, temperatura u sezoni vegetacije bila je između 19 i 24 °C. Ova temperatura pogoduje uzgoju gotovo svih sorti vina. Ipak, ono što zabrinjava veliki je porast temperature u tom razdoblju u odnosu na razdoblje 1961. - 1990. (slika br. 7). Vidljivo je kako se na razini cijele Republike Hrvatske temperatura povisila za 2 - 3 °C. Nastavak tendencije povećanja temperature, znači i kako bi određena područja Republike Hrvatske već u skorijoj budućnosti mogla postati pretopla za uzgoj sorti koje se tradicionalno uzgajaju u Republici Hrvatskoj. Posebna opasnost izražena je na jugu Dalmacije.



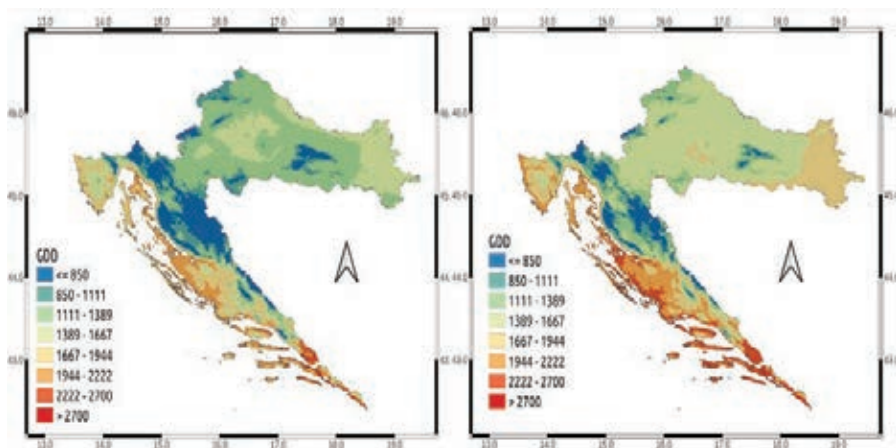
Slika 7: Srednje vrijednosti Srednje temperature rasta u sezoni vegetacije (TGS) za razdoblje 1961. - 1990. (lijevo) i za razdoblje 1991. - 2020. (desno). Vrijednosti su dobivene na temelju mjerenja temperature na 80 meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

Winklerov indeks ukazuje na pogodnost većine područja za uzgoj vinove loze. Veći dio kontinentalne Hrvatske ima vrijednosti indeksa 1389 - 1667 °C jedinica u razdoblju 1991. - 2020. (slika br. 8).

Ovakve vrijednosti indeksa ukazuju na visoku pogodnost za uzgoj bijelih sorti poput graševine i *chardonnaya* po kojima su ova područja i poznata. Ono što je potrebno istaknuti jest da istok Hrvatske bilježi nešto veće vrijednosti od ostatka kontinenta pa ovo područje nudi mogućnost i za uspješan uzgoj otpornijih crnih sorti poput *merlota*. Isto tako, u određenim gorskim područjima vinova loza može akumulirati dovoljno topline (više od 1111 °C jedinica), te samim time i ona postaju pogodna za uzgoj vinove loze. Naravno, tu ipak govorimo o područjima s nižom nadmorskom visinom jer iako topline ima

više nego dovoljno, tijekom vegetacijske sezone opasnost od mraza ovdje je i dalje puno veća nego u kontinentalnim predjelima. U obalnim područjima za vrijeme vegetacijske sezone vrijednosti *Winklerovog indeksa* dovoljno su visoke što je pokazatelj kako je klima pogodna za uzgoj gotovo svih sortā vinove loze kao i visoku kvalitetu proizvodnog vina. Ipak, kao i kod temperature ono što zabrinjava veliki je porast *Winklerovog indeksa* u odnosu na razdoblje 1961. - 1990. godine.

Pojedina područja u novom 30-godišnjem razdoblju (1991. - 2020.) preskočila su jednu zonu po klasifikaciji i ako bi se ovakav trend nastavio, uzgoj pojedinih sortā u Republici Hrvatskoj bio bi teško održiv, cijela bi se vizura karte proizvodnje promijenila i morali bismo biti spremni za nove administrativne i tehnološke promjene.



Slika 8: Srednje vrijednosti *Winklerovog indeksa* (GDD) za razdoblje 1961. - 1990. (lijevo) i za razdoblje 1991. - 2020. (desno). Vrijednosti su dobivene na temelju mjerenja temperature na 80 meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

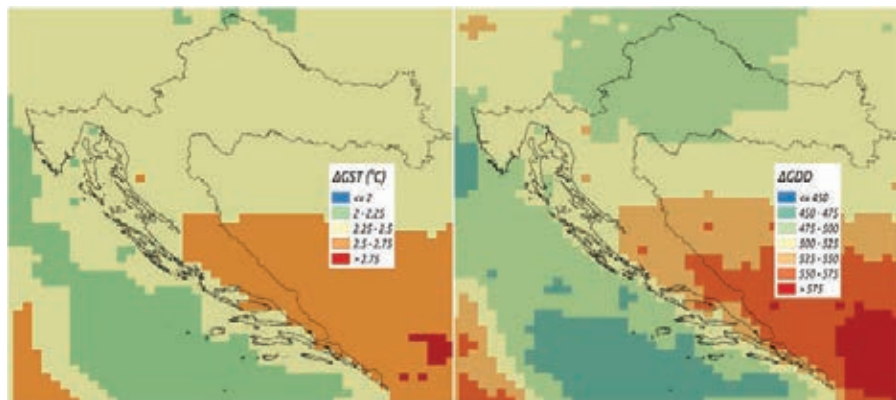
Klimatske promjene u budućnosti i očekivani utjecaj na uzgoj vinove loze

Sve današnje spoznaje o klimatskim promjenama, ukazuju na to kako će se s nastavkom povećanja emisija stakleničkih plinova, nastaviti i daljnje zagrijavanje atmosfere, povećavajući vjerojatnost dalekosežnih i nepovratnih posljedica kako na ljude tako i na ekosustav. Sve navedene posljedice zahvatit će i vinogradarstvo, stoga je pravovremena i dobra prilagodba ključ zadržavanja tradicije i kvalitete u ovom poljoprivrednom i gospodarskom sektoru.

Klimatski modeli ukazuju na daljnje povećanje temperature u cijeloj godini, a osobito izraženo u vegetacijskom periodu (slika br. 9). U razdoblju 2041. - 2070. očekuje se daljnji porast temperature 2.25 °C - 2.75 °C u odnosu na razdoblje 1971. - 2000. za cijelu Republiku Hrvatsku. Ovaj

porast posebno je značajan na samom jugu Hrvatske gdje već sada imamo izrazito visoke temperature, a daljnje povećanje samo će još više otežati proizvodnju. U istom razdoblju očekuju se i velike promjene što se tiče *Winklerova indeksa*. Očekivani porast vrijednosti od 500 °C jedinica u Gorskom kotaru i Lici, dodatno bi mogli otvoriti mogućnost uzgoja ranih sortā vinove loze na ovom području. Isto tako s porastom temperature područja sjeverne Hrvatske postat će pogodnijima za uzgoj vinove loze, a kultiviranje sve više crnih sortā može se očekivati na samom istoku zemlje.

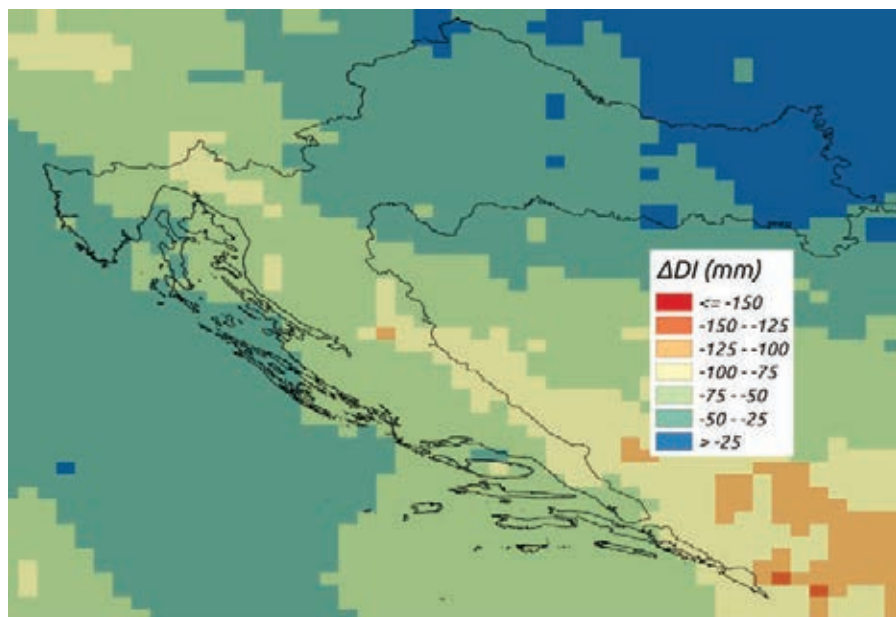
Najveći porast *Winklerova indeksa* očekuje se u Dalmaciji (500 - 600 °C jedinica u odnosu na razdoblje 1971. - 2000.). Uzimajući u obzir trenutne visoke vrijednosti indeksa na ovom području, ovo bi povećanje moglo dovesti do posljedice da određeni dijelovi Dalmacije postanu pretopli za uzgoj vinove loze.



Slika 9: Očekivane promjene Srednje temperature u vegetacijskoj sezoni (GST, lijevo) i *Winklerovog indeksa* (GDD, desno) u razdoblju 2041. - 2070. u odnosu na razdoblje 1971. - 2000. (Izvor Omazić i sur. 2020.).

Osim povećanja temperature očekuje se i daljnja promjena režima oborine, sve češća sušna razdoblja koja bi za posljedicu imala sve veći deficit vode u tlu što bi povećalo potrebu za navodnjavanjem,

osobito u Dalmaciji (slika br. 10). Očekuje se i daljnji posrat broja i intenziteta ekstremnih događaja u budućoj klimi (poput tuče, jakih vjetrova), a to bi dodatno ugrozilo vinograde.



Slika 10: Očekivane razlike Indeksa suhoće (DI) u razdoblju 2041. - 2070. u odnosu na razdoblje 1971. - 2000. (Izvor Omazić i sur. 2020.). Negativne vrijednosti predstavljaju očekivani deficit vode u tlu, uzrokovan nedostatkom oborine. Pozitivne vrijednosti označavaju očekivani suficit vode u tlu.

Porast temperature u ljetnim mjesecima doveo bi do daljnjeg povećanja šećera, smanjenja kiselina i sve češćih ranih berbi, Pojedina istraživanja pokazala su da će se u budućoj klimi udio ranih berbi (krajem kolovoza i početkom rujna) povećati za 5 - 40%, a udio kasnih berbi (druga polovica rujna i listopad) smanjiti i do 70%. Ovaj porast ranih berbi posebno je značajan za bijele sorte (graševina i *chardonnay*).

Osim berbe, na kontinentu se očekuje i nastavak pomicanja pupanja prema početku ožujka, a to će dovesti do povećanja opasnosti od mraza. Klimatske promjene uzrokovane ljudskim djelovanjem ne mogu se zaustaviti u kratkom roku. Trenutno se veliki naponi ulažu kako bi se one usporile dovoljno da se svi pokušamo pravovremeno na njih prilagoditi.

3. Prilagodba tehnologija proizvodnje grožđa klimatskim promjenama

(prof. dr. sc. Marko Karoglan)

Klimatske promjene utjecale su na vinogradarsku proizvodnju u gotovo svim vinogradarskim regijama svijeta. Posljedice porasta temperature zraka, promjena u količinu i rasporedu oborina i povećanja učestalosti ekstremnih vremenskih događaja, odražavaju se na prinose i kvalitetu grožđa. Prilagodba i ublažavanje komplementarne su strategije za smanjenje i upravljanje tim negativnim utjecajima. Iako su potencijalne aktivnosti ublažavanja utjecaja klimatskih promjena već poznate, potrebno je neprestano razvijati nove strategije prilagodbe. Očuvanje zadovoljavajućih prinosa uz zadržavanje standarda kvalitete izazov su za vinogardare u cijelom svijetu.

Ampelotehnički zahvati

Važno je napomenuti kako su se u posljednjem desetljeću tradicionalne ampelotehničke mjere pokazale nedostatnima u borbi s visokim temperaturama i sušom, stoga je dobro razmisliti o njihovoj modifikaciji.

Uzgojni oblik

U nekim područjima gdje je tradicionalnim načinima bilo teško postići punu zrelost (npr. *cabernet sauvignon* u Médocu ili pla-

vac mali u Dalmaciji), grožđe se uzgaja na niskom stablu. Namjera je povećati izloženost grožđa visokim temperaturama jer su tijekom dana temperature više blizu površine tla. Povećanje visine stabla izložit će grožđe nešto nižim temperaturama. Rezultati novijih istraživanja pokazuju da veća visina stabla vjerojatno neće značajno odgoditi berbu, ali bi mogla minimizirati potencijalne štete od mraza i toplinskih valova.

Izbor uzgojnog oblika jedan je od načina za prilagodbu uzgoja vinove loze u sušnim područjima. U mediteranskoj regiji proizvođači su tijekom stoljeća razvili sustav uzgoja koji je posebno otporan na sušu - *En Gobelet*. Trsovi na ovom uzgojnom obliku imaju relativno nisku lisnu površinu, što smanjuje transpiraciju vinove loze. Čak štoviše, ovaj uzgojni oblik vrlo je ekonomičan jer ne postoji sustav armature koji treba postaviti i održavati, a osim toga nije potrebno pozicionirati mladice. Nažalost, u vrijeme sve učestalije suše ovaj sustav uzgoja polako se napušta jer strojne beračice trenutno nisu prilagođene za berbu ovako oblikovanih trsova. Razvoj takvog kombajna trebao bi biti prioritet istraživačke zajednice koja se bavi vinogradarskom mehanizacijom.

En Gobelet se odlikuje i relativno niskim prirodom, a vinova loza se bolje prilagođava vodnom stresu kada je prirod nizak. Nedostatak vode izravno djeluje na fotosintezu. Kada je fotosinteza smanjena, vinova loza može dovesti do pune zrelosti samo ograničenu količinu grožđa.

Kasna rezidba

Istraživanja provedena u posljednje vrijeme pokazala su da odgoda zimske rezidbe može biti učinkovit alat za ublažavanje negativnih učinaka globalnog zatopljenja. Tehnika se temelji na karakterističnoj apikalnoj dominaciji vinove loze uslijed čega se vršni (apikalni) pupovi ubrzano razvijaju, što inhibira razvoj bazalnih pupova neorezanih mladica koji duže ostaju u stanju mirovanja. Nedavne su studije pokazale kako kasna, zimska rezidba (otprilike u vrijeme neposredno pred početak pupanja), može odgoditi početak vegetacije za 8 do 11 dana u usporedbi s tradicionalnom rezidbom sredinom zime.

Sve navedeno može rezultirati kašnjenjem cvatnje i šare čak do četiri ili pet dana, te odgodom rokova berbe za prikladniji (hladniji) dio godine. Neka istraživanja ukazuju i na povećanu koncentraciju fenolnih spojeva u grožđu s kasno orezanih trsova.

Iako bi ovo dokazano moglo funkcionirati, to znači da bi vinovu lozu trebalo orezati u vrlo ograničenom vremenskom okviru što bi moglo ograničiti primjenu zahvata kasne rezidbe na male proizvođače i biti neizvedivo na velikim vinogradarskim po-

vršinama. Osim toga, ekstremno kasna rezidba može utjecati i na neprihvatljivo smanjenje uroda putem mehaničkog oštećenja velikog broja rodnih pupova.

Pinciranje

Oštro pinciranje mladica zahvat je koji značajno mijenja odnos izvor/izljev kod vinove loze te se kao takav može koristiti za utjecaj ublažavanja klimatskih promjena.

Oštro pinciranje vinove loze ubrzo nakon završetka cvatnje i oplodnje, kako bi se smanjio omjer lisne površine i grožđa na manje od 0,75 m²/kg, može produljiti period od cvatnje do šare za oko 5 dana. Osim toga, može utjecati i na značajno smanjenje priroda i sadržaja šećera u grožđu. Oštro pinciranje prije perioda cvatnje negativno utječe na oplodnju, a kasniji termini provođenja zahvata učinak pokazuju tek u završnoj fazi dozrijevanja grožđa. Pinciranje provedeno nakon šare grožđa, može usporiti proces nakupljanja šećera u bobici.

Djelomična defolijacija

Prijašnja istraživanja pokazala su kako je uklanjanje lišća prije cvatnje vinove loze učinkovit alat za smanjenje priroda putem smanjenja prosječne mase bobice grožđa. S druge strane, rana defolijacija utječe na povećanu koncentraciju antocijana u kožici bobice.

Zasjenjivanje grozdova izostavljanjem zahvata djelomične defolijacije može rezultirati znatno nižim temperaturama mikrokli-

mata grožđa te posljedično povećanjem koncentracije jabučne kiseline i ukupne kiselosti grožđa u trenutku berbe. Valja imati na umu da povećano zasjenjenje može uzrokovati smanjenje obojenosti bobice, kao i stvaranje neželjenih aromatskih spojeva u većim koncentracijama (npr. pirazini). Izloženost grožđa direktnom sunčevu zračenju, može uzrokovati opekline što narušava kvalitetu grožđa. Kako bi se izbjegle štete od opekline, ampelotehnički zahvati moraju davati prednost prisutnosti jednog sloja lišća u zoni grozdova. Uklanjanje lišća treba izbjegavati ili ograničiti na strogi minimum.

Smanjenje omjera lisne površine i priroda grožđa može usporiti proces dozrijevanja grožđa. Međutim, postoje i mnoge drugi učinci. Neki od njih su pozitivni, poput smanjenja šećera u grožđu bez većeg utjecaja na kiselost grožđa. Neki mogu i loše utjecati na kvalitetu vina, ponajprije putem smanjenja fenolnih spojeva u grožđu ili povećanja herbalnih aroma u grožđu i vinu. Modificiranje omjera lisne površine i priroda grožđa zahtijeva daljnja istraživanja.

Različiti sustavi zasjenjenja trsova ili većih vinogradarskih površina, središte su znanstvenih istraživanja u posljednje vrijeme. Sustavi zasjenjenja morali bi biti dizajnirani tako da ograniče negativne učinke visokih temperatura i smanje evapotranspiraciju. Eksperimenti sa zasjenjenjem (npr. prirodno sa šumskim kompleksima, umjetno s mrežama, pločama ili fotonaponskim pločama - agrosolarima),

uglavnom u središte pozornosti stavljaju učinak sjene na temperaturu nadzemnog dijela trsa. Čini se da je natkrivanje vinograda najučinkovitiji način za smanjenje temperature i vodnog stresa, u usporedbi sa zasjenjenjem pojedinačnih trsova ili redova, grozdova, tla i sl. No, potrebno je provesti još mnoga istraživanja kako bi se došlo do značajnijih i jasnijih zaključaka.

Berba

U uvjetima globalnog porasta temperature potrebno je procesom berbe grožđa upravljati na drukčiji način. Vinogradari se trebaju odlučiti za jednu od sljedećih mogućnosti:

- a) berba u tehnološkoj zrelosti s optimalnim odnosom šećera i ukupne kiselosti, ali u značajno ranijim rokovima od uobičajenih, uz rizik branja aromatski i fenolno nezrelog grožđa
- b) berba u trenutku fenolne odnosno aromatske zrelosti, ali s previsokim sadržajem alkohola i pre niskim razinama ukupne kiselosti.

Strojna berba omogućuje vinogradarima brzu intervenciju (danju i noću), dok su sustavi ručne berbe po tom pitanju ograničavajući. No s druge strane, ručna berba omogućuje branje grožđa u više navrata, imajući u vidu variranje stupnja zrelosti grožđa unutar jednog proizvodnog vinograda.

Valja uzeti u obzir i noćnu berbu, koja uz skraćivanje transporta grožđa od vinograda do podruma, može osigurati nižu tem-

peraturu sirovine kako bi se izbjegli neželjeni procesi oksidacije, ali i degradacije važnih aromatskih spojeva grožđa.

Sustavi uzdržavanja tla

Sustavi uzdržavanja tla koriste se za bolje upravljanje opskrbom vinove loze vodom, kontrolu njene bujnosti i sprječavanje erozije tla.

Tehnike obrade tla i zatravljivanje

Posljednjih su se godina pojavili novi alati za obradu tla koji nude alternativu kemijskoj kontroli korova. Ona postupno ustupa mjesto plitkoj obradi tla ili zatravljivanju, u skladu s tipom tla i klimatskim uvjetima. Plitka obrada tla ograničava evaporaciju i na takav način umanjuje štetno djelovanje ljetnih suša. S druge strane, zatravljivanje može biti od koristi tijekom intenzivnih kišnih perioda poboljšavajući vodni kapacitet tla i ograničavajući bujnost vinove loze. Ostale metode uključuju tehnike zastiranja (malčiranja) tla. Zastiranje ima za cilj smanjiti upotrebu herbicida, ali se također proučava i potencijalni učinak zastiranja na smanjenje evapotranspiracije tla kako bi se izbjegao vodni stres na vinovu lozu tijekom sušnih perioda. Osim toga, zastiranje i/ili zatravljivanje pomaže sprječavanju erozivnih procesa te smanjuje gubitak vode i mineralnih tvari iz tla, nastalih uslijed učestalih obilnih oborina.

Navodnjavanje

Navodnjavanje se ubraja među dugoročne mjere prilagodbe klimatskim promjenama kojim se vinovoj lozi apliciraju dodatne količine vode. Navodnjavanje može ublažiti utjecaj visokih temperatura, suše i visokog svjetlosnog intenziteta na dozrijevanje grožđa. No, izvori vode na području Mediterana izrazito su ugroženi. Predviđaju se češće i intenzivnije suše te pojava ekstremnih vremenskih uvjeta. Kako bi se nadoknadila smanjena opskrba vodom i ublažile posljedice globalnog zagrijavanja, u novije se vrijeme sve češće razmišlja o *recikliranju*, tj. ponovnoj upotrebi vode za navodnjavanje kako bi se smanjili troškovi opskrbe vodom. Količina raspoložive vode utječe na fotosintezu, a time i na rast, kao i na razvoj bobica grožđa. Vinova loza treba minimalno 250 mm vode tijekom vegetacijske sezone kako bi se izbjegao vodni stres. Vinova loza koja ne dobiva potrebnu količinu vode pokazuje različite simptome.

U vinogradarstvu se može koristiti nekoliko metoda navodnjavanja, ovisno o željenoj razini kontrole upravljanja vodom. Povijesno gledano, površinsko navodnjavanje bilo je najčešći način navodnjavanja, koristeći nagib vinograda za navodnjavanje čitave površine. No, sustav navodnjavanja kapanjem pruža najbolju moguću kontrolu nad upravljanjem vodom, iako je skup za postavljanje. Ovim sustavom vinogradar može kontrolirati točnu količinu vode koju svaki trs dobiva.

Osim toga zastiranje i/ili zatravljivanje, učinkoviti su alati u sprječavanju erozije i poboljšanju kemijskog sastava tla. Nadalje, smanjenjem učestalosti obrade tla može se utjecati i na smanjenje evapotranspiracije. Danas se sve češće koriste različite strategije deficitarnog navodnjavanja (*deficit irrigation*), kao što su: djelomično isušivanje korijena, navodnjavanje s kontinuiranim deficitom i regulirano deficitarno navodnjavanje. Za razliku od ostalih ovdje predloženih rješenja, navodnjavanje ima ekonomsku, ekološku i društvenu cijenu i stoga mora biti posljednja mogućnost. Navodnjavanje biljaka otpornih na sušu, poput vinove loze, ne bi trebalo biti prioritet osobito u periodima intenzivne suše kada je dostupnost vode ograničena. Štoviše, navodnjavanje može dovesti do nakupljanja soli u vinogradarskim tlima, kada zimska kiša nije dovoljna za ispiranje soli iz tla. Vinova loza je osjetljiva na sol pa njezino nakupljanje može učiniti tlo neprikladnim za proizvodnju. Kada je navodnjavanje jedini izbor za održavanje vinograda na određenom području, potrebno je primijeniti deficitarno navodnjavanje kako bi se uštedjela voda i optimizirala kvaliteta grožđa.

Povećanje razmaka sadnje (sklopa) u vinogradu može utjecati na smanjenje potražnje za vodom, putem smanjene apsorpcije sunčeve svjetlosti po jedinici površine. Iako se navedeni načini rada ili postupanja mogu lako usvojiti i primijeniti, učinak na fenologiju vjerojatno će biti manji u usporedbi s dugoročnim strategijama.

Izbor položaja za sadnju vinograda

Unutar relativno manjeg geografskog područja postoje mnoge lokalne topografske ili pedološke varijacije koje vinogradarima omogućuju bolju prilagodbu klimatskim promjenama. Razlike u fenologiji vinove loze kao i u kvaliteti grožđa i vina često se uočavaju na kratkim udaljenostima unutar vinogradarske regije i povezane su s lokalnim topografskim i pedoklimatskim karakteristikama. Prostorna varijabilnost tla i klime na manjem geografskom području i analiza takvih mezoklimata, jedna je od metoda prilagodbe klimatskim promjenama. Stoga je potrebno sustavno istražiti prostornu pedoklimatsku varijabilnost kako bi se dobiveni rezultati uzeli u obzir prilikom planiranja i upravljanja vinogradarskom proizvodnjom u svjetlu klimatskih promjena. Topografija (nadmorska visina, nagib i ekspozicija) i geografska širina, čimbenici su koji mogu omogućiti vinogradaru da se prilagodi klimatskim promjenama.

Nadmorska visina

Položaji na većoj nadmorskoj visini mogu pogodovati kvaliteti grožđa, budući da omogućuju polagani proces dozrijevanja grožđa. Općepoznato je kako temperatura zraka opada s nadmorskom visinom, a ta varijacija poznata je pod imenom vertikalni toplotni gradijent. Međutim, klimatski modeli predviđaju kako će prema kraju stoljeća taj pad biti manje izražen svega 0,4 do 0,5 °C na 100 m nadmorske visine. Grožđe proizvedeno u vinogradima na ve-

ćim nadmorskim visinama obično je uravnoteženo u pogledu koncentracije ukupne kiselosti, dušika, fenolnih i aromatskih spojeva te sadržaja šećera u grožđu. Ove karakteristike pogoduju proizvodnji vina niže alkoholne jakosti i boljeg aromatskog sastava, prikladne kiselosti i svježine. Povećavanjem nadmorske visine vinograda, odvijanje fenoloških faza dulje je, što bi moglo biti od ključne važnosti u budućnosti. Sezonske temperature na vrhu brijega razlikuju se nekoliko stupnjeva od onih pri dnu brijega. Vinogradar može prilagođavati svoju tehnologiju proizvodnje u skladu s promjenjivom nestabilnosti temperature.

Nagib

Nagib terena može utjecati na kretanje vode u tlu i eroziju, drenažu tla, mehaniziranost procesa proizvodnje, ali i na lakoću kretanja vinogradom. Vinogradi na ravnim terenima skloniji su inverzijama hladnog zraka u područjima s češćom pojavom kasnih proljetnih mrazeva, dok nagib 5 - 7,5 % omogućuje dobru zračnu drenažu. No, nagib može povećati rizik od erozije i onemogućiti kretanje mehanizacije zbog rizika od prevrtanja, odnosno općenito otežati upravljanje vinogradom.

Ekspozicija terena i smjer pružanja redova

Za postizanje uravnoteženih priroda, vinograd je potrebno usmjeravati na najmanje povoljnu izloženost sunčevu zračenju. Stoga bi najpovoljniji smjer pružanja redova bio onaj koji apsorbira manje sunčeva

zračenja u poslijepodnevnim satima. Na sjevernoj hemisferi, trsovi u redovima orijentacije sjever-jug osjetljiviji su na toplinski stres od trsova u redovima orijentacije sjeveroistok-jugozapad, budući da sredinom poslijepodneva zapadna strana reda prima izravno sunčevo zračenje, podudarajući se s dnevnim maksimumom temperature. Zaključno, u toplijem klimatu bilo bi prikladno odabrati ekspoziciju vinograda koja dovodi do manjeg presretanja sunčeva zračenja i uspostaviti vinograde na višim nadmorskim visinama. Učinci smjera pružanja redova i nagiba, iako zanimljivi, nisu statistički značajni kao učinci nadmorske visine.

Tlo

Izbor položaja isto tako ovisi i o teksturi i dubini tla. S povećanjem rizika od suše prednost će imati dublja tla povoljnijeg vodnog režima. Najdublja tla kao i ona većeg vododržnog kapaciteta trebala bi biti rezervirana za sorte vinove loze koje su najosjetljivije na nedostatak vode, dok bi se otpornije sorte mogle uzgajati i na sušnijim tlima. Kada je poljski vodni kapacitet tla visok, a zimske oborine dovoljne kako bi popunile kapacitet tla, vinova loza se može suočiti s dugim sušnim razdobljima bez štetnih posljedica.

U razdoblju povećane učestalosti suše, izbor tla trebao bi se temeljiti na njegovom poljskom vodnom kapacitetu. U tlima s niskim poljskim vodnim kapacitetom, negativan utjecaj vodnog stresa na kvalitetu grožđa može se izbjeći smanjenjem priroda (prorjeđivanje grožđa). Ovo je jedna od

mogućnosti samo u vinogradima s visokom dodanom vrijednosti jer ekonomska isplativost zahvata prorjeđivanja grožđa nije znanstveno dokazana.

Upravljanje rizikom od kasnih proljetnih mrazeva

Bliski odnos između lokalne topografije i šteta od mrazeva znači da se metode zaštite prostorno razlikuju te se dijele na pasivne ili aktivne.

- Pasivna zaštita uključuje neizravne metode (izbor vinogradarskoga položaja, tehnike rezidbe) koje se provode unaprijed kako bi se smanjila osjetljivost vinograda na oštećenja od mraza.
- Aktivna zaštita korištenje je izravnih metoda (vjetrenjača, grijača, rasprski-vača), primijenjenih neposredno prije ili tijekom pojave mraza.

Najvažniji strateški odgovori na kasne proljetne mrazeve pasivne su metode, odnosno izbor vinogradarskog položaja i sorte vinove loze. Vinogradari trebaju izbjegavati sadnju vinograda na položajima sklonima mrazu (ka što su nizine) ili za takve položaje odabrati sorte koje kasno dozrijevaju. Osim toga, apikalna dominacija kod vinove loze utječe na ubrznani razvoj vršnih (apikalnih) pupova, što onemogućuje razvoj bazalnih pupova neorezanih mladica koji duže ostaju u stanju mirovanja.

Budući da pojava kasnih proljetnih mrazeva varira tijekom dužeg vremenskog razdoblja, vinogradari mogu riskirati i posaditi vinograd na položaju gdje je vjerojatnost pojave mraza velika. No, tada je preporučljivo opremiti se grijačima i vjetrenjačama. Tijekom radijacijskih mrazeva, vjetrenjače miješaju topliji zrak po visini s hladnijim zrakom koji je bliže površini tla, posljedično povećavajući temperaturu zraka oko vinove loze.

4. Prilagodba klimatskim promjenama izborom sorte vinove loze i podloge

(izv. prof. dr. sc. Darko Preiner)

Povijesni razvoj povezanosti sortimenta vinove loze i vinogradarskih regija

Vinova loza je jedna od najznačajnijih poljoprivrednih kultura čija domestikacija i uzgoj počinju prije 11 000 godina na području Kavkaza i zapadne Azije. Širenjem vinove loze prema današnjim vinogradarskim područjima Europe pa tako i Republike Hrvatske, događaju se mnogobrojna križanja prvih sortā s lokalnim populacijama divlje loze, ali i samih sortā međusobno. Na taj se način vinova loza prilagođava na različite klimatske uvjete koji vladaju na novim područjima kroz stvaranje lokalnog sortimenta. Tijekom više tisuća godina proizvođači vina postupno izdvajaju sorte koje, osim što su prilagođene određenom klimatu pojedinih područja, daju i specifične karakteristike kao i stil vina. Sukladno tome danas govorimo o dubokoj povezanosti, tzv. autohtonih sortā s pojedinim vinogradarskim regijama kao i specifičnim stilovima i vrstama vina koja se dobivaju interakcijom klimatskih i ostalih okolinskih uvjeta s korištenim sortama. Navedeno se dodatno očituje i u razvoju specifičnih tehnologija uzgoja vinove loze (uzgojni oblici), ali i tehnologija proizvodnje vina prikladnih za pojedine sorte. Za razliku od drugih poljo-

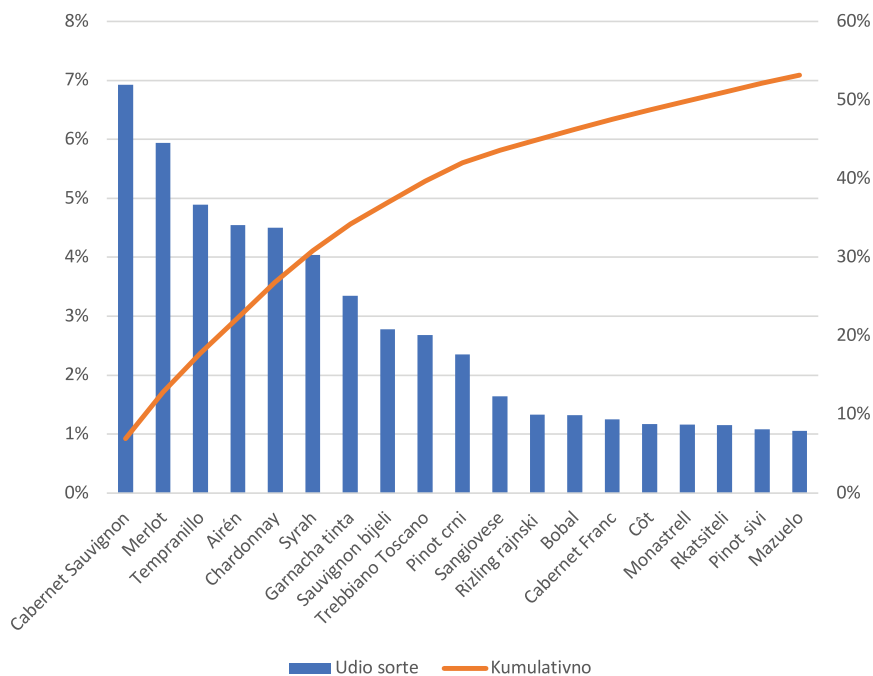
privrednih proizvodnji, npr. različitih voćnih vrsta kod kojih ne postoji izražena povezanost s tradicionalnim ili autohtonim sortama, kod proizvodnje je vina autohtoni sortiment izuzetno važan i značajno doprinosi uspješnosti i rentabilnosti proizvodnje vina. U novije vrijeme nastale su sorte koje imaju niz prednosti pred starim, autohtonim sortama, u pogledu kvalitete i nekih drugih osobina (otpornost na bolesti i sl.). Ipak, proizvođači ne žele u značajnijoj mjeri napustiti uzgoj autohtonih sortā jer one donose specifičnost i prepoznatljivost njihove regije. Navedeno je često i jedini motiv potrošača pri kupnji vina iz određene regije, a posebno spremnost da kupe vina viših cjenovnih kategorija koja su jasno povezana s određenim područjem i predstavljaju, tzv. ekspresiju nekog vinogradarskog područja ili kako se često naziva ekspresiju *terroira*.

Za razliku od tradicionalnih vinogradarskih regija gdje se sortiment razvijao u značajnoj mjeri kroz ranu interakciju s lokalnom populacijom divlje loze i kasnijim križanjima tako nastalih sortā, u posljednjih nekoliko stoljeća, vinogradarska se proizvodnja širi u svojevrstne vinogradarske regije novog svijeta, gdje se introducira relativno mali broj sortā i to u prvom redu iz najpoznatijih vinogradarskih regija Europe, gotovo najvećim

dijelom iz Francuske (npr. *cabernet sauvignon*, *merlot*, *chardonnay* i sl.). Radi se o sortama koje su zbog svojeg dokazanog kvalitativnog potencijala i popularnosti kod potrošača koju su stekle u prestižnim (najčešće) francuskim regijama, polako introducirane ne samo u zemlje novog svijeta već i u ostale, regije Europe pa tako i u Republiku Hrvatsku. Najviše je tomu pridonijela pojava filoksera u Europi krajem 19. stoljeća, tj. masovna obnova vinograda koja je uslijedila nakon toga.

Danas unatoč postojanju i očuvanosti više od 6000 sortā vinove loze, u komercijalnom uzgoju nalazimo njih 300-tinjak,

dok njih svega 15 zauzima gotovo 50 % svih vinogradarskih površina u svijetu namijenjenih proizvodnji vina. Navedeno predstavlja određenu opasnost povezanu s rizicima korištenja male genetske varijabilnosti uslijed promjena vezanih uz pojavu novih štetnika i bolesti kao i u kontekstu klimatskih promjena. U ovom kontekstu, određene vinogradarske regije koje su zadržale veću varijabilnost sortimenta koji se koristi u uzgoju, imaju svakako prednost pred onima koje su se usredotočile na mali broj sortā. Isto tako veliku važnost u adaptaciji budućim promjenama klime ima očuvanost i dostupnost



Slika 11: Prikaz udjela najvažnijih sortā vinove loze u svijetu (Prema OIV, 2017.).

genetskih resursa vinove loze, tj. starih sortā koje unatoč tome što trenutno nisu zanimljive za uzgoj, mogu postati značajne u uvjetima povećanja temperature, smanjene dostupnosti vode i sl. Ujedno su očuvani genetski resursi, tj. njihova varijabilnost neophodna za oplemenjivačke programe ili stvaranje novih sortā koje će biti pogodne za uzgoj u budućnosti.

Klonska selekcija i unutarsortna varijabilnost

Jedan od najvažnijih oplemenjivačkih metoda koja se koristi kod vinove loze jest postupak klonske selekcije. Navedenim postupkom se iz populacije pojedine sorte izdvajaju klonovi koji se po nekom gospodarski važnom svojstvu razlikuju od ostatka sorte. Osnova za provođenje klonske selekcije, tj. izdvajanje divergentnih klonova kod pojedine sorte temelji se na postojanju unutarsortne varijabilnosti pojedine sorte. Unutarsortna varijabilnost posljedica je akumulacija mutacija koje se događaju na razini pojedinačnih trsova bez provođenja selekcijskih postupaka. Uz mutacije unutarsortnu varijabilnost mogu izazvati i različite vegetativno prenosive bolesti, prije svega govorimo o virozama, međutim njihova pojavnost negativno utječe na performanse vinove loze, kvalitetu i razinu prinosa kao i dugovječnost nasada.

Sukladno navedenom, klonskom selekcijom nastojimo detektirati i izdvojiti trsove kod kojih je došlo do mutacije(a) koje su

uzrokovale pozitivnu promjenu nekog gospodarski važnog svojstva. Istovremeno je potrebno potvrditi kako izdvojeni trsovi nisu zaraženi gospodarski štetnim virusima te da se ne radi o promjeni koja je nastala pod utjecajem različitih okolišnih čimbenika (modifikacija). Kako bi se potvrdilo postojanje mutacije i stabilnost promjena koje su uočene u postupku individualne klonske selekcije, izdvojeni trsovi vegetativno se umnažaju i sade u pokusni nasad s uniformnim uvjetima. Nakon višegodišnjih promatranja i analiza potvrđuje se vrijednost nekog klona kao i stabilnost promjena (postojanje mutacije). Razlog zašto je klonska selekcija dugo vremena bila jedini značajan oplemenjivački postupak, vezan je uz činjenicu što unatoč relativno velikim i značajnim razlikama koje postoje kod registriranih klonova i dalje su klonovi u okvirima pojedine sorte, tj. i dalje se taj klon naziva imenom sorte.

Klonska selekcija kroz povijest je imala različite ciljeve. Tako je u njezinim počecima, koji se vežu uz Njemačku krajem 70-ih godina 20. stoljeća, osnovni cilj bio kod rajnskog rizlinga izdvojiti klonove s ranijim dozrijevanjem, višim sadržajem šećera i nižim sadržajem kiselina u grožđu u punoj zrelosti. Navedeno je često bilo povezano i s klonovima koji su imali nižu razinu prinosa. U kasnijim fazama središte je zanimanja bilo okrenuto ka manjoj osjetljivosti na sivu plijesan što se postizalo izdvajanjem klonova s manje kompaktnim grozdom i debljom kožicom kao što je dodatno često bilo povezano i s nižim prinomom i ranijim dozrijevanjem.

Opravljanje ovakvih ciljeva svakako je bilo vezano uz specifičnosti klimatskih uvjeta u vinogradarskim regijama Njemačke koji su vezani uz niske temperature, kratku vegetaciju kao i relativno visoku razinu padalina, posebno u završnim fazama dozrijevanja.

Danas su, u kontekstu klimatskih promjena, ciljevi klonske selekcije kako u Njemačkoj tako i u drugim vinogradarskim zemljama, najčešće upravo suprotni od ranije navedenih. Tako se klonskom selekcijom nastoje izdvojiti klonovi kasnijeg dozrijevanja, nižeg sadržaja šećera i više ukupne kiselosti u grožđu u punoj zrelosti uz visok sadržaj sekundarnih metabolita (aromatskih i polifenolnih spojeva).

Različiti klonovi, tzv. internacionalnih sortā (francuskih, talijanski i sl.) dostupni su i u Republici Hrvatskoj. Klonska selekcija hrvatskih autohtonih sortā pokrenuta je prije dvadesetak godina, a danas postupno postaju dostupni klonovi koji su izdvojeni i registrirani. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu provodi individualnu klonsku selekciju najvažnijih autohtonih sortā vinove loze kao i sorte graševine od 2003. godine. Do sada je postupak selekcije završen kod 11 sortā, a izdvojena su i registrirana ukupno 34 klona.

Prilagodba klimatskim promjenama izborom klonova

Dostupnost različitih klonova postojećih sortā omogućuje srednjoročnu prilagodbu vinogradarske i vinarske proizvodnje

na nekom području prije promjene same sorte. Korištenjem različitih klonova ne utječe se značajno na tipičnost vina pojedinog područja i sorte. Kroz različite oplemenjivačke programe do sad su izdvojeni klonovi vinove loze koji se u određenoj mjeri razlikuju u fenologiji pa tako, npr. kod klonova je plavca malog utvrđeno kako se pojedini klonovi razlikuju u vremenu nastupa fenofaze šare i do 10 dana, a slične su razlike dostupne i kod klonova drugih sortā.

Navedene razlike mogu se iskoristiti kod izbora klonova s ciljem prilagodbe na klimatske promjene i to na dva načina. Kod regija u kojima se pojedine sorte trenutno uzgajaju može se izborom klonova s odgođenim nastupanjem fenofaze šare utjecati na pomicanje fenofaze dozrijevanja prema kasnijem razdoblju u kojem je manje izražena pojava ekstremno visokih temperatura. Smatra se kako se primjenom klonova može utjecati na odgađanje dozrijevanja, kao i pune zrelosti od 8 do 10 dana. S druge strane, sorte vrlo kasne epohe dozrijevanja mogu se početi uzgajati na područjima kod kojih dolazi do zatopljenja, a još uvijek su granična za takve sorte, korištenjem klonova ranijeg dozrijevanja ili općenito klonova koji su karakteristični po boljem nakupljanju šećera.

Uz navedeno, potrebno je pokrenuti nove programe klonske selekcije s ciljem izdvojanja klonova pojedinih sortā sa što kasnijim dozrijevanjem čime se može očekivati daljnji pomak perioda dozrijevanja ili pune zrelosti kod postojećih sortā.



Slika 12: Dva klonska kandidata plavca malog s razlikom u nastupu fenofaze šara.

Prilagodba klimatskim promjenama izborom podloge

Uzgoj vinove loze nije moguć bez korištenja podloga koje su otporne na filokseru. Iznimka su područja gdje filoksera nije prisutna ili je njen razvoj ograničen zbog specifičnog mehaničkog sastava tla (visok udio pijeska), što čini vrlo mali dio ukupnih vinogradarskih područja u Republici Hrvatskoj.

Kao podloge se koriste američke vrste iz roda *Vitis* koje su otporne, tj. tolerantne na filokseru ili njihovi križanci. Osim zbog otpornosti na filokseru, podloge u modernom vinogradarstvu služe i kao alat kojim možemo značajno utjecati na različite

proizvodne karakteristike pojedine sorte.

Neke od najvažnijih svojstava podloga za vinovu lozu vezana su uz otpornost na sušu, dužinu vegetacije i bujnost te postoje značajne razlike između postojećih podloga u navedenim svojstvima. Podloga i sorta koja se na njoj uzgaja u svojevrsnom su simbiotskom odnosu pri čemu se odvija izuzetno kompleksna interakcija. Poznato je kako podloge koje imaju dugi vegetativni ciklus mogu utjecati na kašnjenje, tj. odgodu dozrijevanja sorte koja se na njima uzgaja, ali i uzrokovati ranije kretanje vegetacije. Kod otpornosti na sušu, podloge s obzirom na činjenicu da daju cjelokupni podzemni dio trsa, imaju još značajniju ulogu. Ovisno o dubini tla,

udjelu skeleta, sadržaju fiziološki aktivnog ili ukupnog vapna u tlu potrebno je prilagoditi izbor podloge.

Podloge iz grupe križanaca *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*

Ove podloge u pravilu se smatraju prikladnim za kontinentalne vinogradarske regije u kojima ne postoji izraženiji deficit vode tijekom vegetacije. Osnovni razlog zašto su smatrane prikladnima za navedena područja, vezan je uz činjenicu da imaju relativno kratku vegetaciju čime pospješuju dozrijevanje sortā koje se na njima uzgajaju. U kontekstu klimatskih promjena, tj. sve ranijeg dozrijevanja sortā u kontinentalnom području Hrvatske, korištenje navedenih podloga predstavlja određeni problem.

Podloga *SO4* je najviše korištena u kontinentalnom području u posljednja dva desetljeća. Ova podloga, naime jedna je od najranijih što se tiče dozrijevanja, a istovremeno ima nešto nižu bujnost. Temeljem toga uvijek je bila prvi izbor posebno kod kasnijih sortā, vrlo bujnih sortā, ali i kod uzgoja vinove loze na dubokim i plodnim tlima. U kontekstu klimatskih promjena, posebno na toplim položajima, kao i kod ranijih sortā ovo podlogu potrebno je izbjegavati. Vrlo sličnih karakteristika je i podloga *Teleki 5C* koja kao i *SO4* ima kratku vegetaciju. Ove dvije podloge svoju primjenu mogu naći u novim područjima na koja se postupno širi vinogradarska proizvodnja (veće nadmorske visine ili sjeverna područja).

Naime u navedenim područjima uz sorte rane dobi dozrijevanja potrebno je koristiti i podloge koje će dodatno ubrzati dozrijevanje i dozrijevanje zbog nešto kraće vegetacije.

Podloga *Kober 5BB* nešto je bujnija i ima dužu vegetaciju u odnosu na *SO4* i to do dva tjedna. Dugo se smatrala univerzalnom podlogom, ali postupno je istisnuta od strane podloge *SO4*. Pojavom sve izraženijih posljedica klimatskih promjena, svojstva ove podloge mogu se smatrati kao prednost u odnosu na *SO4*. Jedini nedostatak koji će ograničiti njezinu primjenu vezan je uz vrlo bujne sorte (npr. *sauvignon* bijeli) kod kojih u kombinaciji s *5BB* i plodnim tlima može doći do problema s osipanjem i neredovitom rodnošću.

Podloge iz grupe *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*

Podloge iz ove grupe posjeduju svojstva zbog kojih su prikladne za korištenje u toplijim vinogradarskim regijama kao i u uvjetima s ograničenom količinom vode (oborina). Zbog navedenih osobina možemo ih smatrati važnim elementom prilagodbe klimatskim promjenama, kako u kontekstu povećanja temperature, ali i u kontekstu smanjene dostupne količine vode u nekim dijelovima kontinentalnih vinogradarskih regija. Osim u kontekstu dobre otpornosti na sušu, podloge ove grupe odlikuje i dugi vegetativni ciklus zbog čega usporavaju vegetaciju sortā koje se na njima uzgajaju. U pravilu se radi o podlogama slabije bujnosti u odnosu na podloge iz prethodne grupe.

Osnovni nedostatak ovih podloga vezan je uz rano kretanje vegetacije, zbog čega će njihova primjena unatoč drugim pozitivnim karakteristikama i dalje biti dominantno vezana uz južne vinogradarske regije i područja u kojima je smanjena opasnost od kasnih proljetnih mrazova.

Najznačajnije podloge iz ove grupe su: *99 Richter*, *110 Richter*, *140 Ruggeri* i *1103 Paulsen*. Od navedenih podloga raniji početak vegetacije posebno je izražen za *99 Richter* i *1103 Paulsen* te ove podloge i dalje možemo smatrati neprikladnim za kontinentalne vinogradarske regije. S druge strane, zbog nedostatka iskustava bit će potrebno provesti istraživanja kojim će se utvrditi prikladnost *110 Richter* i *140 Ruggeri* kao podloga za uzgoj sortā vinove loze u kontinentalnim regijama, prvenstveno u kontekstu ranog početka vegetacije, ali i drugih važnih karakteristika gdje iskustva s ovim podlogama gotovo da ne postoji.

U kontekstu izbora podloge u sušnim područjima, vrlo je važno poznavati i interakciju sa sortom koja se planira uzgajati. Naime i same sorte mogu u značajnoj mjeri utjecati na ukupnu otpornost trsa na sušu zbog njihove specifične reakcije koja može unaprijediti, ali i smanjiti ukupnu otpornost.

Prilagodba sortimenta vinove loze klimatskim promjenama

Sorte su jedan od osnovnih elemenata prepoznatljivosti i uspješnosti vinogradarsko vinarske proizvodnje pojedine vinogradarske regije. Promjena sortimenta u kontekstu ove proizvodnje je izuzetno težak proces povezan s gubitkom tipičnosti vina nekog područja i gubitak njegove prepoznatljivosti, a što za posljedicu može imati i gubitak tržišta.

Promjena sortimenta može se smatrati jednom od dugoročnih mjera prilagodbe klimatskim promjenama, tj. mjera koja će se ozbiljno razmatrati tek nakon što se iscrpe mogućnosti prilagodbe tehnologije uzgoja, klonske selekcije i podloga vinove loze.

Unatoč tome što promjenu sortimenta možemo smatrati dugoročnom mjerom prilagodbe, određene manje promjene u udjelu sortā koje se uzgajaju na nekom području, kao i postupnim uvođenjem novih sortā u proizvodnju pojedine vinogradarske regije, cijeli se postupak može uvelike olakšati. Sukladno tome kad govorimo o promjeni sortimenta možemo govoriti o dvije razine prilagodbe:

1. Prilagodba udjela pojedinih sortā unutar postojećeg sortimenta preporučenog za vinogradarske regije

U ovom slučaju na raspolaganju imamo sorte koje su preporučene na razini regije. Naime u Republici Hrvatskoj je temeljem važećih zakonskih propisa za vina sa zaštićenom oznakom izvornosti moguće koristiti samo sorte koje se nalaze na nacionalnoj listi preporučenih sortā na razini regije. Ranije su sorte bile preporučene na razini vinogorja gdje je prostor za prilagodbu bio nešto manji.

Trenutno u četiri vinogradarske regije imamo od najmanje 45 sortā koliko je preporučeno za regiju Slavonija i hrvatsko Podunavlje, 71 sorta u regiji središnja i bregovita Hrvatska, 73 u regiji hrvatska Istra i Kvarner do čak 110 sortā koje su preporučene u regiji Dalmacija (NN 81/2022). Unatoč tome što se sorte tradicionalno vežu uz znatno niže vinogradarske cjeline, npr. vinogorje ipak broj dostupnih sortā za proizvodnju vina korištenjem preporučenih sortā unutar regije omogućuje znatan stupanj prilagodbe. U ovom kontekstu, prilagodba će prvenstveno značiti sve veću zastupljenosti sortā kasnije u dobi dozrijevanja, povećanja udjela specifičnih sortā s naglašenim sadržajem ukupne kiselosti kao i sortā s naglašenim sadržajem aromatskih spojeva.

Drugi oblik prilagodbe, u ovom kontekstu, može se odnositi na korištenje većeg broja sortā u kupažama, tj. manji naglasak na

monosortnim vinima. Naime, tradicionalno se u Republici Hrvatskoj vina proizvode kao monosortna i stavljaju na tržište s oznakom sorte. Korištenjem većeg broja sortā u sastavu vina pojedinih regija, može se utjecati na ukupnu kvalitetu vina, međutim mora se uzeti u obzir kako će navedena mjesta imati utjecaj na tipičnost vina nekog područja.

2. Prilagodba uvođenjem novih sortā koje trenutno nisu među preporučenima za uzgoj na nekom području

Uvođenje tradicionalnih sortā iz drugih regija

S obzirom na izuzetnu genetsku varijabilnost vinove loze, tj. postojanja velikog broja različitih sortā, kao jedna od dugoročnih mjera prilagodbe klimatskim promjenama može se smatrati introdukcija sortā vinove loze koje su prisutne u regijama koje su klimatski usporedive s očekivanim stanjem klime na nekom području u nekom budućem razdoblju. Ova metoda prilagodbe uključuje provođenje introdukcijskih pokusa kojima je potrebno utvrditi svojstva sortā koje se planiraju introducirati te sličnost/razlike u odnosu na stil i kvalitetu vina koje je tipično za neko područje.

Ova mjera u Republici Hrvatskoj može se primijeniti zahvaljujući velikom bogatstvu i očuvanosti autohtonih sortā prvenstveno na području primorske Hrvatske. Radi se o sortama koje su uglavnom dobro pri-

lagodene za uzgoj u toplijim i sušnijim uzgojnim područjima te se njihova postupna introdukcija u kontinentalne vinogradarske regije može smatrati dugoročnom mjerom prilagodbe vinogradarstva za ova područja.

Uvođenje novih otpornih sortā

U posljednje vrijeme intenzivirani su oplemenjivački programi kojima je cilj razvoj novih sortā koje osim izvrsnih vinogradarskih karakteristika posjeduju i otpornost na najvažnije bolesti vinove loze (u prvom redu na plamenjaču i pepelnicu). Navedene sorte nazivaju se otporne sorte, a u svijetu su poznatije pod nazivom *PIWI sorte* (*PIWI* - njemački naziv za sorte otporne na gljivične bolesti *PilzWiderstandsfähig*). Prve generacije otpornih sortā bile su direktno rodni hibrid koji su razvijeni neposredno nakon pojave filoksera, plamenjače i pepelnice vinove loze križanjem američkih vrsta loza sa sortama europske vinove loze. Zbog loših kvalitativnih karakteristika, navedene su sorte nakon pojave podloga i fungicida u velikoj mjeri napuštene, a njihov uzgoj zabranjivan.

Daljnijim oplemenjivačkim radom, korištenjem klasične hibridizacije (križanja), postupno su stvarane nove generacije otpornih sortā kod kojih je zadržana otpornost na gljivične bolesti uz postupno unaprjeđenje kvalitete. Kod otpornih sortā najnovijih generacija uz visoku razinu i stabilnost otpornosti nalazimo i kvalitetu koja je na razini tradicionalnih sortā eu-

ropske vinove loze, različite epohe dozrijevanja te pogodnost za dobivanje visoko kvalitetnih vina.

Sorte koje su trenutno dostupne, najčešće su pogodne za uzgoj u hladnijim vinogradarskim regijama, te područjima koje zbog klimatskih promjena tek postaju pogodna za vinogradarstvo. U navedenim područjima, zbog nepostojanja tradicije, tj. povezanosti s tradicionalnim sortimentom vinove loze, ujedno je i olakšano njihovo prihvaćanje.

Razvijene otporne sorte koje su pogodne za uzgoj u umjereno toplim regijama, zbog povezanosti tih regija s tradicionalnim sortama teže se prihvaćaju. Uz tradicionalizam, postoji i određena bojazan od gubitka prepoznatljivosti, ali i loše reputacije prvih generacija otpornih sortā. Ujedno je na takvim područjima najčešće znatno niži pritisak gljivičnih bolesti, a time i smanjena potreba uvođenja ovih sortā. Realan problem kod ovih sortā predstavljaju najtoplije vinogradarske regije, gdje trenutno ne postoje sorte iz ove grupe dovoljno kasne epohe dozrijevanja. Daljnji ciljevi oplemenjivačkih programa bit će razvoj sortā sličnih lokalnom (autohtonom) sortimentu pojedinih područja, kao i stvaranje sortā koje će biti prikladne za najtoplije vinogradarske regije kao jedna od mjera dugoročne prilagodbe vinogradarske proizvodnje kako klimatskim promjenama, tako i povećanje njene održivosti zbog smanjene upotrebe pesticida.

5. Literatura

1. Allegro, G.; Pastore, C.; Valentini, G.; Filippetti, I. *Effects of delayed winter pruning on vine performance and grape composition in cv. Merlot*. BIO Web of Conferences, 2019. EDP Sciences, 04003.
2. Cindrić, K.; Pasarić, Z.; Gajić-Čapka, M. 2010. *Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia*. Theoretical and Applied Climatology 102, 171-184.
3. Deloire, A.; Pellegrino, A. 2021. *Review of vine water deficit. What levers for the vineyard in the short and medium term?* IVES Technical Reviews vine and wine.
4. Dong, Y.; Duan, S.; Xia, Q.; Liang, Z.; Dong, X.; Margaryan, K.; Musayev, M.; Goryslavets, S.; Zdunić, G.; Bert, P. F. 2023. *Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution*. Science 379, 892-901.
5. Gatti, M.; Frioni, T.; Garavani, A.; Biagioni, A.; Poni, S. *Impact of delayed winter pruning on phenology and ripening kinetics of Pinot Noir grapevines*. BIO Web of Conferences, 2019. EDP Sciences, 04002.
6. Gutiérrez-Gamboa, G.; Zheng, W.; Martinez De Toda, F. 2021. *Strategies in vineyard establishment to face global warming in viticulture: A mini review*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101, 1261-1269.
7. Kliewer, W. M.; Dokoozlian, N. K. 2005. *Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality*. American Journal of Enology and Viticulture, 56, 170-181.
8. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. 2021. *Obilježavanje Dana pruga za grijavanja s ciljem podizanja svijesti o ozbiljnosti klimatskih promjena*. <https://m-nigor.gov.hr/vijesti/obiljezavanje-dana-pruga-zagrijavanja-s-ciljem-podizanja-svijesti-o-ozbiljnosti-klimatskih-promjena/8266> (pristupljeno: 10. ožujka 2023.).
9. Ministarstvo poljoprivrede. 2022. *Pravilnik o vinogradarstvu*. NN 81/2022.
10. Morales-Henríquez, T.; Gutiérrez-Gamboa, G.; Zheng, W.; De Toda, F. M. 2022. *Principles of vineyard establishment and strategies to delay ripening under a warming climate: Sourced from the research article: 'Strategies in vineyard establishment to face global warming in viticulture: a mini review'* (Journal of the Science of Food and Agriculture, 2021). IVES Technical Reviews, vine and wine.

11. Naulleau, A.; Gary, C.; Prévot, L.; Hossard, L. 2021. *Evaluating strategies for adaptation to climate change in grapevine production - A systematic review*. *Frontiers in plant science*, 11. 607859.
12. OIV, O. F. 2017. *Distribution of the world's grapevine varieties*. OIV: Paris, France.
13. Omazić, B.; Telišman Prtenjak, M.; Prša, I.; Belušić Vozila, A.; Vučetić, V.; Karoglan, M.; Karoglan Kontić, J.; Prša, Ž.; Anić, M.; Šimon, S.; Güttler, I. 2020. *Climate change impacts on viticulture in Croatia: Viticultural zoning and future potential*. *International Journal of Climatology*, 40. 5634-5655.
14. Parker, A. K.; Hofmann, R. W.; Van Leeuwen, C.; Mclachlan, A. R.; Trought, M. C. 2014. *Leaf area to fruit mass ratio determines the time of veraison in Sauvignon Blanc and Pinot Noir grapevines*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20. 422-431.
15. Parker, A. K.; Hofmann, R. W.; Van Leeuwen, C.; Mclachlan, A. R.; Trought, M. C. 2015. *Manipulating the leaf area to fruit mass ratio alters the synchrony of total soluble solids accumulation and titratable acidity of grape berries*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21. 266-276.
16. Preiner, D. 2012. *Učinkovitost masovne pozitivne selekcije unutar populacija autohtonih sorata vinove loze (V. Vinifera L.) u Dalmaciji*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
17. Preiner, D.; Maletić, E.; Karoglan Kontić, J.; Marković, Z.; Stupić, D.; Andabaka, Ž.; Šikuten, I.; Štambuk, P.; Rendulić, N.; Tomaz, I. 2022. *Katalog registriranih klonova sorata vinove loze Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
18. Reynolds, A. G.; Heuvel, J. E. V. 2009. *Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review*. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60. 251-268.
19. Ruehl, E.; Schmid, J.; Eibach, R.; Töpfer, R. 2015. *Grapevine breeding programmes in Germany*. *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry*. Elsevier.
20. Töpfer, R.; Trapp, O. 2022. *200 years Mendel: the grapevine breeding perspective*. *Journal für Kulturpflanzen*, 74. 257-262.
21. Van Leeuwen, C.; Darriet, P. 2016. *The impact of climate change on viticulture and wine quality*. *Journal of Wine Economics*, 11. 150-167.

22. Van Leeuwen, C.; Destrac-Irvine, A. 2017. *Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard*. *Oeno One*, 51. 147-154.
23. Zheng, W.; García, J.; Balda, P.; De Toda, F. M. 2017. *Effects of late winter pruning at different phenological stages on vine yield components and berry composition in La Rioja, North-central Spain*. *Oeno One*, 51. 363-363.

1. Vinova loza i okoliš

prof. dr. sc. Jasminka Karoglan Kontić
Sveučilište u Zagrebu Agronomski
fakultet. Zavod za Vinogradarstvo i
vinarstvo

2. Klimatske promjene u Hrvatskoj i utjecaj na vinogradarstvo i vinarstvo

Branimir Omazić, mag. phy. geophy
izv. prof. dr. sc. Maja Telišman Prtenjak
Sveučilište u Zagrebu.
Prirodoslovno-matematički fakultet.

3. Prilagodba tehnologija proizvodnje grožđa klimatskim promjenama

prof. dr. sc. Marko Karoglan
Sveučilište u Zagrebu Agronomski
fakultet. Zavod za Vinogradarstvo i
vinarstvo.

4. Prilagodba klimatskim promjenama izborom sorte vinove loze i podloge

izv. prof. dr. sc. Darko Preiner
Sveučilište u Zagrebu Agronomski
fakultet. Zavod za Vinogradarstvo i
vinarstvo.





