

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Дуња С. Сотоница

**ПРОЦЕНА ПОТРЕБЕ ЗА НАВОДЊАВАЊЕМ ВИНОВЕ  
ЛОЗЕ СОРТЕ ПАНОНИА У УСЛОВИМА  
КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА**

Докторска дисертација

Београд, 2026.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Dunja S. Sotonica

**ASSESSMENT OF IRRIGATION REQUIREMENTS FOR  
PANONIA GRAPE VARIETY UNDER CLIMATE CHANGE  
CONDITIONS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026.

## **МЕНТОРИ:**

**др Марија Ћосић, редовни професор**

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

**др Мирјам Вујадиновић Мандић, редовни професор**

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

## **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

**др Ружица Стричевић, редовни професор**

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

**др Зорица Ранковић-Васић, редовни професор**

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

**др Жељко Целетовић, научни саветник**

Универзитет у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије ИНЕП

**др Алекса Липовац, доцент**

Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Датум одбране докторске дисертације: \_\_\_\_\_

## ЗАХВАЛНИЦА

Захваљујем менторкама, др Марији Ћосић и др Мирјам Вујадиновић Мандић на помоћи и осмишљавању теме ове дисертације, као и на стручним и корисним саветима.

Захваљујем др Зорици Панковић-Васић на повезивању са винаријом „Плавинци“ у којој је вршено истраживање. Хвала власнику винарије Браниславу Анђелићу и његовој сестри Јасмини на несебичној помоћи и доброј вољи за сарадњу.

Неизмерно захваљујем др Алекси Липовицу, великом професионалцу и сјајном човеку, на подршци и помоћи; од поставке огледа, преко теренских испитивања, бургијања, сређивања и анализирања података, па до конструктивних и стручних савета у току писања дисертације.

Бескрајно захваљујем др Ружици Стричевић на истинској посвећености, стручним и корисним смерницама. Њена вера у мене и охрабрење су овај „научни пут“ учинила посебним.

Научном саветнику, др Жељку Целетовићу, захваљујем на подршци и стручним саветима.

Захваљујем др Бошку Гајићу на помоћи око извођења анализа механичког састава земљишта. Хвала Славиши Ђорђевићу на сарадњи приликом мерења земљишних узорака. Захваљујем Ђорђу Бошкову на пруженој помоћи у теренском делу истраживања.

Захваљујем Институту за хортикултуру на уступању простора где је урађен део механичких и хемијских анализа грождја. Хвала свим драгим дамама са Катедре за мелиорације земљишта.

Посебно захваљујем Николи Младеновићу и Пијани Јаковљевић на свесрдној помоћи приликом снимања винограда дроном и каснијим анализама.

Бескрајно захваљујем еколозима, старим и новим колегама, увек добро расположеним лаборантима и свим добрим људима који су ми били снажан ослонац на овом вишегодишњем путу.

Велико хвала Давиду Јакопчевићу на пруженој помоћи у теренском делу истраживања, Младену Радосављевићу на безрезервној подршци током свих година студија, као и Јелени Параментић и Милани Лазаревић на сарадњи и пријатним тренуцима.

Захваљујем Министарству науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, које ме је стипендирало.

Много хвала мом бившем послодавцу, Зорану Ђукићу, који је веровао у мене и охрабривао ме да напишем докторске студије.

Захваљујем од срца мојим драгим кумовима и мојим сјајним пријатељима.

Највише захваљујем мојим родитељима Драгици и Синоши и сестри Софији. Хвала безгранично што су ми увек давали безусловну љубав, подршку и разумевање. Хвала баки Мици, која је обележила велики део мог студирања и деди Влади на великој пажњи и сталном бодрењу.

Хвала Божијој руци која ме је водила путем светлости!

Аутор  
Дуња Сотоница

*Мојој мајци*

# ПРОЦЕНА ПОТРЕБЕ ЗА НАВОДЊАВАЊЕМ ВИНОВЕ ЛОЗЕ СОРТЕ ПАНОНИА У УСЛОВИМА КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА

## Сажетак

Климатске промене са последичним повећањем температуре и неравномерношћу падавина током периода вегетације имају значајан утицај на гајење винове лозе. У зависности од региона и интензитета појаве ових промена, последице могу бити позитивне и негативне, те како би се очувала производња висококвалитетних вина и њихов специфични карактер у складу са пореклом, неопходно је применити различите стратегије прилагођавања. Наша земља се налази у региону који је препознат као један од жаришта где се климатске промене одвијају брже од глобалног просека, што ће значајно изменити садашње зонирање виноградарских подручја у будућности.

У климатским условима Србије, наводњавање винове лозе није заступљено на великим површинама и до сада нису спровођена значајнија истраживања на ову тему. Винова лоза је специфична биљна врста, која успешно опстаје у различитим климатским и земљишним срединама. Са глобалним загревањем очекује се да ће винова лоза бити више изложена водном дефициту који се јавља у кључним фазама њеног развоја.

Циљеви ове докторске дисертације су коришћење климатских пројекција и сезонских прогноза времена за предвиђање трајања и померања фенофаза развоја винове лозе сорте Панонија (*Vitis vinifera* L. cv. *Panonia*), утврђивање потребе за наводњавањем, као и испитивање утицаја различитих режима наводњавања на квалитативне и квантитативне карактеристике грозда и бобице беле винске сорте Панонија у условима органске производње. Двогодишњи оглед (2021-2022) постављен је по блок систему у три понављања у засаду винове лозе у оквиру винарије „Плавинци“ која припада Грочанском виногорју Београдског рејона. Наводњавање методом кап по кап примењено је у три режима: 1) F – пуно наводњавање када је обезбеђено 100% од  $ET_c$  (евапотранспирације културе), 2) R – редуковано наводњавање када је обезбеђено 50% од  $ET_c$  и 3) S – третман без наводњавања. Почетак и трајање наводњавања одређено је на основу садржаја расположиве воде у земљишту и дневног обрачуна евапотранспирације. Заливна норма, тј. количина воде дата при једном наводњавању, износила је 15 mm за R и 30 mm за F третман. Клима у винограду је умерено-континентална са компонентама средњеевропске и медитеранске климе. Просечна годишња температура ваздуха је 12,1 °C, најхладнији месеци су јануар са просечном минималном температуром (-2,6 °C) и фебруар (-1,3 °C), док су најтоплији јул (29,4 °C) и август (29,5 °C). Просечна годишња сума падавина за период претходних 20 година износи 702,4 mm. Током периода трајања огледа, просечна годишња температура ваздуха била је 13,9 °C, што је за 1,8 °C више у односу на период претходних двадесет година, док је просечна годишња сума падавина била 585,8 mm, што је за 19,9% мање у односу на период претходних 20 година. Запажа се пораст температуре ваздуха и смањење количине падавина. Земљиште на коме су обављена истраживања припада типу смоница, а просечан садржај механичких фракција глине у читавој дубини испитиваног земљишта износи 50,22%, праха 38,22% и песка 11,55%.

На основу осматрених података о температури и фенолошких осматрања за период (2015-2022) одређене су суме ефективних температура (*Growing degree days* – *GDD*) потребне за раст и развој винове лозе сорте Панонија у Грочанском виногорју по фенофазама. Просечне вредности суме ефективних температура осматреног периода износе 320,6 за фенофазу цветања, 1009,9 за фенофазу шарка, 1610,8 за фенофазу бербе и 2200,7 за крај вегетације. Фенолошка осматрања указују на значајно померање вегетационог периода сорте Панонија услед климатских промена. Климатским моделима се предвиђа да ће се овај тренд

наставити, а највеће промене ће уследити крајем века (2081-2100). За процену утицаја климатских промена коришћен је ансамбл регионалних климатских модела EURO-CORDEX према сценарију RCP8.5. Почетак вегетације, као и остале фенофазе ће наступити раније, а период од бербе до краја вегетације се продужава, што може утицати на принос и квалитет грозђа.

Различити режими наводњавања значајно утичу на евапотранспирацију винове лозе. Просечна вредност  $ET_c$  винове лозе сорте Панонија за обе огледне године износи: F третман (469,7 mm), R третман (435,6 mm) и S третман (368,4 mm).

Динамика раста и развоја биљног покривача винове лозе била је уједначена на свим третманима до фенофазе шарак. Применом наводњавања током фенофазе шарка долази до знатног повећања биомасе на третману пуног наводњавања, када је постигнута максимална вредност у обе године истраживања, 61,6% у 2021. години и 73,9% у 2022. години. Иако режими наводњавања нису статистички значајно утицали на покривеност, најниже вредности покривености сорте Панонија током целокупног испитиваног периода су забележене на третману без наводњавања.

Винова лоза има тачно одређене захтеве за влажношћу земљишта. Повећане потребе за водом има у завршним фазама раста (фенофаза шарка и сазревања). Влажност земљишта у винограду праћена је гравиметријским методом током огледних година и показала је да је садржај воде на F третману континуирано био изнад границе дозвољеног исушивања ( $D_i$ ), обезбеђујући оптималне услове за раст лозе. Водни дефицит детектован је на третманима R и S посебно током фенофазе шарка и сазревања. Метода временске доменске рефлектометрије (TDR) је потврдила овај тренд влажности земљишта.

Просечна вредност водног дефицита винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022) од почетка до краја вегетације износи 93,5 mm. Највеће потребе за водом јавиле су се у фенофази од цветања до шарка (81,6 mm). Према климатским моделима, предвиђени водни дефицит винове лозе током целокупне вегетације износи 58,6 mm у испитиваним периодима (референтном и три периода будућности). Најниже вредности  $I_n$  за цео вегетациони период очекују се у блиској будућности (2021-2040) са 38,7 mm, док се најизраженији дефицит предвиђа крајем века (2081-2100) са вредношћу од 84,5 mm. Најкритичнија фенофаза у погледу недостатка воде је период од цветања до шарка, са просечним дефицитом од 60,2 mm у свим испитиваним периодима. Са порастом водног дефицита у будућим климатским условима, неопходно је прецизно прилагођавање стратегија наводњавања како би се очували принос и квалитет грозђа.

FAO AquaCrop модел је успешно предвидео вегетациони период винове лозе, дане наступања фенофаза, принос суве масе грозђа и евапотранспирацију ( $ET_c$ ), показујући високу поузданост са минималним одступањима од осмотрених вредности. Разлике у наступању испитиваних фенофаза биле су мале (1-4 дана), док је симулирани просечни принос био  $2,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , што је за 20,83% више од мереног од  $1,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  током осмогодишњег осмотреног периода (2015-2022). Примена FAO AquaCrop модела у циљу предвиђања сезонских прогноза времена представља одговарајући алат када су у питању прогнозе наступајућих фенофаза и периода њиховог трајања, а када је реч о дефицитима воде, односно о падавинама које се очекују, виноградарима се препоручује праћење краткорочних прогноза времена, до десет дана унапред.

Методe даљинске детекције, попут ручне термалне камере, мултиспектралних камера на дрону и уређаја *Plant-O-Meter*, омогућиле су прецизно праћење водног режима винове лозе. Највише вредности CWSI забележене су на виновој лози на S третману, што указује на изражен водни стрес, док је винова лоза на F третману имала најниже вредности. Винова лоза на третману редукованог наводњавања (R третман) показала је највише вредности NDVI (Вегетациони индекс нормализоване разлике) и GNDVI (Зелени вегетациони индекс

нормализоване разлике), сугеришући бољу фотосинтетску активност и ефикасну употребу воде, док је сорта Панониа показала високу толеранцију на водни дефицит кроз развијене адаптационе механизме.

Бела винска сорта Панониа показала је висок генеративни потенцијал и добре производне карактеристике. Коефицијент апсолутне родности износи 1,73, коефицијент потенцијалне родности је 0,83 и коефицијент релативне родности је 1,66. Статистички значајне разлике између режима наводњавања (F, R и S) нису утврђене, али је винова лоза на третману редукованог наводњавања (R) показала највише вредности коефицијената родности у обе огледне године. Испитиване компоненте приноса, механичког састава и квалитета грозђа показују да је највећи принос и број гроздова по чокоту током обе огледне године остварен на виновој лози на третману редукованог наводњавања (R) од 2,71 kg чокоту<sup>-1</sup>, док је најмањи принос забележен на виновој лози на третману без наводњавања (S) од 2,34 kg чокоту<sup>-1</sup>. Просечна маса грозда за обе огледне године износи 184,95 g на F третману, 172,85 g на R третману и 162,20 g на S третману, просечна дужина грозда је 18,70 cm на F третману, 17,93 cm на R третману и 16,98 cm на S третману, просечна ширина грозда износи 13,03 cm на F третману, 13,28 cm на R третману и 12,66 cm на S третману, просечна дужина петелке је 3,67 cm на F третману и по 2,36 cm на R и S третману, маса шепурине је 9,21 g на F третману, 9,60 g на R третману и 8,41 g на S третману, број бобица у грозду износи 113 за F и R третман и 116 на S третману. Просечна вредност масе бобица у грозду за обе огледне године на F третману износи 166,57 g, на R третману 163,12 g и на S третману 153 g, просечна маса 100 бобица је 173,42 g на F третману, 161,48 g на R третману и 138,23 g на S третману, просечна маса покожице 100 бобица износи 9,42 g на F третману, 8,03 g на R третману и 6,70 g на S третману, просечна маса семенки 100 бобица је 6,34 g на F третману, 6,52 g на R третману и 5,43 g на S третману, просечан број семенки у 100 бобица износи 320 на F третману, 305 на R третману и 290 на S третману, просечна маса 100 семенки је била 2,01 g на F третману, 2,21 g на R третману и 1,95 g на S третману, просечне димензије бобица сорте Панониа износе 14,06 mm за дужину и 13,71 mm за ширину на F третману, 13,04 mm за дужину и 13,01 mm за ширину на R третману и 11,76 mm за дужину и 12,22 mm за ширину на S третману. Просечни садржај накупљеног шећера у шири сорте Панониа током огледних година износио је 23,10% на F третману, 21,55% на R третману и 21,49% на S третману, садржај укупних киселина био је 6,7 g·L<sup>-1</sup> на F и S третману, а 6,4 g·L<sup>-1</sup> на R третману, док је рН вредност шире била 3,10 на F третману, 3,14 на R третману и 3,09 на S третману. Различити режими наводњавања су показали статистички значајан утицај на структуру грозда и морфолошке карактеристике бобице сорте Панониа током двогодишњег периода (2021-2022). Ефекти третмана били су условљени климатским приликама, при чему су у 2021. години највеће вредности масе бобица забележене на виновој лози на F третману, док је 2022. године редуковано наводњавање (R) дало најбоље резултате, указујући на потенцијалну уштеду воде без губитака приноса ако се примени у повољном тренутку. Удео покожице био је највећи код винове лозе на F третману, а најмањи код винове лозе на S третману, што указује на утицај водног стреса на дебљину покожице – важан параметар код белих винских сорти. Слично томе, удео семенке био је нешто виши код винове лозе на R и S третманима, што може утицати на сензорни профил вина. Удео меса у бобици био је највећи код винове лозе на S третману, што потенцијално утиче на концентрацију шећера и ароматичну зрелост. Ови резултати потврђују да режим наводњавања значајно модификује структуру грозда и бобице, те има директне импликације на технолошки квалитет грозђа и вино.

Резултати истраживања указују на растуће потребе за наводњавањем винове лозе услед климатских промена, с посебним нагласком на прецизно одређивање критичних фенофаза када јој је вода неопходна. Различите фенофазе винове лозе захтевају различите потребе за водом. Режим редукованог наводњавања показао је највећи позитиван утицај на принос и ефикасност коришћења воде, док су методе даљинске детекције потврдиле поузданост у

процени водног режима и приноса винове лозе. Климатске промене довешће до померања фенофаза и измене њиховог трајања. Испитивање утицаја наводњавања на квалитет грозђа сорте Панонија има посебан значај за органско виноградарство, а предложена методологија је примењива на различите сорте и рејоне, како у органској, тако и у конвенционалној производњи. Будућност виноградарске производње биће усмерена на сорте винове лозе које рационално троше воду, толерантне су на болести и погодне за органску производњу, а Панонија је свакако једна од њих.

**Кључне речи:** климатске промене, винова лоза, Панонија, наводњавање, сезонске прогнозе времена, климатски модели, фенологија, квалитет и принос, даљинска детекција, органска производња

**Научна област:** Биотехничке науке

**Ужа научна област:** Мелиорације земљишта

**УДК:** 634.8:631.67]:551.583

# ASSESSMENT OF IRRIGATION REQUIREMENTS FOR PANONIA GRAPE VARIETY UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

## Abstract

Climate change, characterized by rising temperatures and uneven rainfall distribution during the growing season, has a significant impact on viticulture. Depending on the region and the intensity of these changes, the consequences can be both positive and negative. In order to maintain the production of quality wines and preserve their specific character according to their origin, various adaptation strategies are required. Our country is located in a region recognized as one of the hotspots where climate change is progressing faster than the global average, which will significantly change the current zoning of wine-growing areas in the future.

Under the climatic conditions in Serbia, irrigation of grapevines on large areas is not common and no significant research has been conducted on this topic so far. Although grapevines are resilient to different climatic and soil conditions, it is expected that global warming will expose the vines to increasing water deficit at critical stages of development.

The aim of this doctoral dissertation is to apply climate projections and seasonal weather forecasts to predict the timing and shifts of phenophases in the *Panonia* grapevine variety (*Vitis vinifera* L. cv. *Panonia*), determine the irrigation water requirement, and examine the impact of different irrigation regimes on the biological characteristics and chemical composition of grapes of the white *Panonia* variety under organic production conditions. A two-year experiment was set up in a randomized block design with three replications in a vineyard within the "Plavinci" winery, located near Belgrade. Three irrigation treatments were applied based on crop evapotranspiration ( $ET_c$ ): full irrigation (F - 100%  $ET_c$ ), deficit irrigation (R - 50%  $ET_c$ ), and rainfed, non-irrigated treatment (S - 0%  $ET_c$ ), with irrigation norms set at 30 mm for F and 15 mm for R.

The vineyard climate is temperate continental and is influenced by both Central European and Mediterranean components. The average annual air temperature is 12.1 °C, with the coldest months being January (-2.6 °C) and February (-1.3 °C) and the warmest being July (29.4 °C) and August (29.5 °C). The average annual precipitation over the past 20 years totals 702.4 mm. During the experimental period, the average annual air temperature was 13.9 °C, which is 1.8 °C higher compared to the previous twenty-year period, while the average annual precipitation was 585.8 mm, representing a 19.9% decrease. This indicates a trend of rising temperatures and decreasing precipitation. The soil type is Vertisol, with an average clay content of 50.22%, silt at 38.22%, and sand at 11.55%.

Based on observed temperature data and phenological monitoring for 2015–2022, the growing degree days (GDD) required for the growth and development of the *Panonia* grapevine variety in the Gročansko wine-growing region were determined for each phenological phase. The average GDD values for the observed period were 320.6 for flowering, 1009.9 for veraison, 1610.8 for harvest, and 2200.7 for the end of the growing season. Phenological observations indicate a significant shift in the vegetative period of the *Panonia* variety due to climate change. Climate models predict that this trend will continue, with the most significant changes occurring at the end of the century (2081–2100). An ensemble of EURO-CORDEX regional climate models based on the RCP8.5 scenario was used to assess the impact of climate change. The start of the growing season (budbreak) is projected to occur earlier, as well as other phenophases, while the period from harvest to the end of the growing season will be extended, which may affect the yield and quality of the grapes.

Different irrigation treatments significantly affect grapevine evapotranspiration. The average  $ET_c$  values of the *Panonia* variety over both experimental years were 469.7 mm for the full

irrigation treatment (F), 435.6 mm for the reduced irrigation treatment (R), and 368.4 mm for the non-irrigated treatment (S). The canopy growth and development dynamics were uniform across all treatments until the veraison phase. The application of irrigation during veraison led to a significant increase in biomass in the full irrigation treatment, reaching maximum values of 61.6% in 2021 and 73.9% in 2022. Although irrigation regimes did not statistically significantly affect canopy coverage, the lowest coverage values for the *Panonia* variety for both experimental years were recorded in the non-irrigated treatment.

Grapevines have well-defined soil moisture requirements, with increased water demand in the final growth stages (veraison and ripening). Soil moisture monitored using the gravimetric method during the experimental years showed that soil moisture content in the F treatment consistently remained above the depletion threshold ( $D_i$ ), ensuring optimal growth conditions for the vine. Water deficit was detected in the R and S treatments, particularly during the veraison and ripening phases. The TDR method confirmed this trend.

The average water deficit of grapevines during the observed period (2015–2022) from the beginning to the end of the growing season was 93.5 mm. The highest values occurred during the phenological phase from flowering to veraison (81.6 mm). According to climate models, the projected water deficit of grapevines throughout the entire growing season is 58.6 mm across the analyzed periods (reference period and three future periods). The lowest  $I_n$  values for the entire growing season are expected in the near future (2021–2040) at 38.7 mm, while the most pronounced deficit is projected for the end of the century (2081–2100) at 84.5 mm. The most critical phenological phase in terms of water deficit is the period from flowering to veraison, with an average deficit of 60.2 mm across all examined periods. Under future climate conditions, water deficits are expected to intensify during these phenophases, necessitating precise adjustments to irrigation strategies to sustain grape yield and quality.

The FAO AquaCrop model successfully predicted the grapevine growing season, the timing of phenophases, dry biomass yield, and evapotranspiration ( $ET_c$ ), showing high accuracy with minimal deviations from observed values. Phenophase timing differences were minor (1–4 days), while the simulated average yield was  $2.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , 20.83% higher than the observed  $1.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  during the eight-year observed period (2015–2022). AquaCrop proved effective for seasonal forecasts of phenophases and their duration. For water deficit predictions, monitoring short-term weather forecasts (approximately 10 days ahead) is recommended.

Remote sensing methods, such as handheld thermal cameras, multispectral drone imaging, and the *Plant-O-Meter* device, enabled precise monitoring of vine water status. The highest Crop Water Stress Index (CWSI) values were recorded in the S treatment, indicating pronounced water stress, while the F treatment had the lowest values. The deficit irrigation (R) treatment exhibited the highest NDVI and GNDVI values, suggesting better photosynthetic activity and efficient water use. The *Panonia* variety demonstrated high tolerance to water deficit through developed adaptation mechanisms.

The white wine grape variety *Panonia* exhibited high generative potential and favorable production traits. The coefficients of absolute, potential, and relative fertility were 1.73, 0.83, and 1.66, respectively. Although irrigation treatments (F, R, S) did not result in statistically significant differences in fertility indices, vines under deficit irrigation (R) consistently showed the highest values across both years. Yield component analysis revealed that the highest average yield ( $2.71 \text{ kg}\cdot\text{vine}^{-1}$ ) and cluster count occurred under R, while the lowest yield ( $2.34 \text{ kg}\cdot\text{vine}^{-1}$ ) was recorded under S. Mean cluster mass was highest under F (184.95 g), followed by R (172.85 g) and S (162.20 g). Cluster length and width ranged from  $18.70 \text{ cm} \times 13.03 \text{ cm}$  (F) to  $16.98 \text{ cm} \times 12.66 \text{ cm}$  (S). Peduncle length was greater under F (3.67 cm) than under R or S (2.36 cm), while rachis mass was highest under R (9.60 g). The average number of berries per cluster was similar across treatments, ranging from 113 to 116. Berry mass per cluster and 100-berry mass declined from F (166.57 g and 173.42 g) to S (153.00 g and 138.23 g). Skin and seed masses followed a similar

trend, with the highest skin mass under F (9.42 g) and highest seed mass under R (6.52 g). The number of seeds per 100 berries ranged from 290 (S) to 320 (F), while the total seed mass varied slightly. Berry dimensions were largest under F and smallest under S. Sugar content in must was highest under F (23.10%), with minimal differences between R (21.55%) and S (21.49%). Total acidity ranged from 6.4–6.7 g·L<sup>-1</sup>, while must pH values were between 3.09 and 3.14. Irrigation regimes significantly influenced cluster architecture and berry morphology over the 2021-2022 period, with treatment effects modulated by annual climatic variation. Full irrigation favored berry mass in 2021, whereas deficit irrigation performed best in 2022, underscoring the potential for optimized water use if timed with critical phenological stages. Skin proportion was highest under F and lowest under S, indicating reduced skin thickness under drought. Slightly higher seed proportions under R and S may affect wine sensory properties. The highest pulp-to-berry ratio under S suggests enhanced sugar concentration and aromatic development under water-limited conditions.

The results of this doctoral dissertation indicate the growing need for irrigation of grapevines due to climate change, with a particular emphasis on precisely determining the critical phenophases when water is required. The deficit irrigation treatment showed the most positive impact on yield and water use efficiency, while remote sensing methods confirmed their reliability in assessing the water regime and yield of grapevines. Climate change will lead to shifts in phenophases and changes in their duration. The examination of the irrigation impact on the fruit quality of the *Panonia* variety is of particular importance for organic viticulture, and the proposed methodology is applicable to different varieties and regions, both in organic and conventional production. The future of agricultural production will be focused on crops that rationally use water, are disease-tolerant, and suitable for organic production, with the *Panonia* variety being one of them.

**Keywords:** Climate change, grapevine, Panonia, irrigation, seasonal weather forecasts, climate models, phenology, quality and yield, remote sensing, organic production

**Scientific field:** Biotechnical sciences

**Scientific subfield:** Soil and Water Management

**UDC:** 634.8:631.67]:551.583

## САДРЖАЈ

<b>1. УВОД.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ЦИЉ И ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ОСНОВНЕ ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ .....</b>	<b>5</b>
4.1. Климатски систем.....	5
4.2. Климатски модели .....	5
4.3. FAO AquaCrop модел .....	6
4.4. Сезонске прогнозе времена .....	6
4.5. Климатске промене и мере адаптације у виноградарској производњи.....	7
4.6. Измењени климатски услови и наводњавање винове лозе.....	12
4.7. Потребе винове лозе за водом .....	13
4.8. Утицај наводњавања на продуктивност винове лозе .....	16
4.9. Фенологија винове лозе и примена метода даљинске детекције.....	21
<b>5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ.....</b>	<b>23</b>
5.1. Опис локалитета и поставка огледа .....	23
5.2. Сорта Панониа .....	26
5.3. Фенолошка осматрања .....	27
5.4. Климатске карактеристике и метеоролошка осматрања .....	29
5.5. Климатски модели .....	33
5.5.1. Сезонске прогнозе времена .....	34
5.6. Референтна евапотранспирација (ET <sub>o</sub> ) .....	35
5.7. Евапотранспирација културе – винове лозе (ET <sub>c</sub> ).....	36
5.8. Динамика раста и развоја биљног покривача винове лозе .....	37
5.9. Земљиште .....	38
5.10. Водни режими и прорачун дефицита воде.....	40
5.11. Влажност земљишта.....	41
5.12. FAO AquaCrop модел .....	43
5.13. Методе даљинске детекције .....	45
5.14. Генеративни потенцијал винове лозе .....	49
5.15. Квалитативне и квантитативне карактеристике грожђа.....	50
5.16. Статистичка обрада података .....	51
<b>6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....</b>	<b>53</b>
6.1. Фенолошка осматрања .....	53
6.1.1. Предикције фенолошких фаза у условима климатских промена .....	57
6.2. Евапотранспирација културе – винове лозе (ET <sub>c</sub> ).....	62

6.2.1. Предикције евапотранспирације културе – винове лозе ( $ET_c$ ) у условима климатских промена .....	65
6.3. Динамика раста и развоја биљног покривача винове лозе .....	67
6.4. Дефицит воде .....	69
6.4.1. Предикције дефицита воде у условима климатских промена.....	70
6.5. Влажност земљишта.....	74
6.6. FAO AquaCrop модел .....	79
6.6.1. Сезонске прогнозе времена у AquaCrop моделу .....	84
6.7. Методе даљинске детекције .....	88
6.7.1. Температура биљног покривача и биљни водни стрес индекс (CWSI) .....	88
6.7.2. Вегетациони индекси добијени помоћу мултиспектралне камере постављене на дрон.....	93
6.7.3. Вегетациони индекси добијени помоћу ручног уређаја са мултиспектралном камером ( <i>Plant-O-Meter</i> ).....	97
6.8. Генеративни потенцијал винове лозе .....	101
6.9. Параметри приноса, механичког састава и квалитета грожђа .....	105
6.9.1. Принос грожђа и механички састав грозда и бобице.....	105
6.9.2. Квалитет грожђа .....	117
<b>7. ЗАКЉУЧАК .....</b>	<b>121</b>
<b>8. ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>125</b>
<b>БИОГРАФИЈА.....</b>	<b>148</b>
<b>ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ .....</b>	<b>149</b>
<b>ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА .....</b>	<b>150</b>
<b>ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ .....</b>	<b>151</b>

## СПИСАК ГРАФИКА

- **График 1.** Валтеров клима дијаграм за локалитет Плавинци током референтног периода (1998-2017)
- **График 2.** Број дана између трајања различитих фенофаза током осмотреног периода (2015-2022)
- **График 3.** Датуми, дани почетка и краја вегетације, наступања и трајања фенофаза винове лозе у референтном, три периода будућности и осмотреном периоду
- **График 4.** Евапотранспирација винове лозе током огледних година (2021-2022) на испитиваним третманима наводњавања (F, R и S)
- **График 5.** Динамика раста биљног покривача винове лозе током двогодишњег истраживања у различитим режимима наводњавања
- **График 6.** Расположива количина воде у земљишту за винову лозу у свим испитиваним третманима током 2021. године
- **График 7.** Расположива количина воде у земљишту за винову лозу у свим испитиваним третманима током 2022. године
- **График 8.** Расположива количина воде у земљишту у свим испитиваним третманима током 2021. године
- **График 9.** Расположива количина воде у земљишту у свим испитиваним третманима током 2022. године
- **График 10.** Дани почетка, трајање и завршетак фенофаза винове лозе у свим испитиваним периодима
- **График 11.** Температура листа винове лозе на третманима наводњавања (F, R, S) током две огледне године (2021-2022)
- **График 12.** Вредности биљног водног стрес индекса (CWSI) винове лозе током две огледне године (2021-2022)
- **График 13.** Однос разлике температуре листа и температуре ваздуха и вредности биљног водног стрес индекса (CWSI) током две огледне године (2021-2022)
- **График 14.** Испитивани вегетациони индекси у винограду „Плавинци“
- **График 15.** Добијени вегетациони индекси помоћу уређаја *Plant-O-Meter*
- **График 16.** Број цвасти сорте Панониа
- **График 17.** Просечан принос сорте Панониа током (2021-2022) у оквиру различитих режима наводњавања (F, R и S)
- **График 18.** Број гроздова по чокоту по третманима наводњавања током 2021-2022. године
- **График 19.** Просечна маса једне бобице у оквиру третмана наводњавања (F, R и S)
- **График 20.** Структура грозда – однос масе шепурине и масе бобица по третманима наводњавања током експерименталних година (2021-2022)
- **График 21.** Структура једне бобице по третманима наводњавања (F, R и S)
- **График 22.** Показатељи квалитета грожђа (садржај шећера, киселина, рН вредност) током година истраживања у винограду „Плавинци“

## СПИСАК СЛИКА

- **Слика 1.** Географски положај винограда винарије „Плавинци“
- **Слика 2.** Виноград Плавинци у којем је вршено истраживање
- **Слика 3.** Шематски приказ огледне површине у винограду Плавинци са третманима наводњавања
- **Слика 4.** Постављени систем за наводњавање методом кап по кап
- **Слика 5.** Винска сорта Панониа
- **Слика 6.** Развојни стадијуми сорте винове лозе Панониа (од цветања до финалног производа – вина)
- **Слика 7.** Метеоролошка станица и даталогер у огледном винограду
- **Слика 8.** Мерење и анализа пораста биомасе винове лозе
- **Слика 9.** Педолошки профил, узимање узорака земљишта за лабораторијска испитивања
- **Слика 10.** Анализа узорака земљишта у лабораторији
- **Слика 11.** Одређивање влажности земљишта гравиметријском методом
- **Слика 12.** TDR сонда постављена у истраживаном винограду
- **Слика 13.** Термовизијска камера
- **Слика 14.** Анализа фотографија у програму *FLIR Tools*
- **Слика 15.** Принцип рада РОМ-а
- **Слика 16.** Дрон у почетној фази реализације мисије снимања
- **Слика 17.** Зимска резидба
- **Слика 18.** Анализа квалитативних особина шире сорте Панониа
- **Слика 19.** Детекција кључних фенофаза на терену
- **Слика 20.** Годишњи биолошки циклус развића винове лозе сорте Панониа у винограду Плавинци
- **Слика 21.** Вегетациони индекси на огледној парцели винограда са издвојеним анализираним редовима, односно третманима наводњавања током три снимања
- **Слика 22.** Цвасти винове лозе у различитим режимима наводњавања током периода истраживања
- **Слика 23.** Приказ гроздова у моменту бербе по третманима наводњавања (F, R и S)
- **Слика 24.** Мерење димензија бобица по третманима наводњавања (F, R и S) и приказ механичког састава бобице

## СПИСАК ТАБЕЛА

- **Табела 1.** ВВСН идентификациона скала фенофаза винове лозе праћених кодова на терену
- **Табела 2.** Просечне месечне вредности најзначајнијих климатских параметара за период од 1998. до 2017. године за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална температура;  $T_{\max}$  – максимална температура;  $T_{sr}$  – средња температура) и падавине (P)
- **Табела 3.** Годишње и просечне вредности температура и падавина за период од 2015. до 2022. године за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална;  $T_{\max}$  – максимална;  $T_{sr}$  – средња) и падавине (P)
- **Табела 4.** Просечне месечне вредности најзначајнијих климатских параметара током вегетационог периода двогодишњих истраживања (2021-2022) и просечне годишње вредности за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална;  $T_{\max}$  – максимална;  $T_{sr}$  – средња), падавине (P), осунчаност – трајање Сунчевог сјаја у сатима (SS), релативна влажност ваздуха (RH) и брзина ветра (V)
- **Табела 5.** Ефективне суме температура од почетка вегетације до почетка различитих фенофаза у осмотреном периоду (2015-2022) за винову лозу сорте Панониа на локалитету Плавинци
- **Табела 6.** Одабране комбинације регионалних (RCM) и глобалних климатских модела (GCM)
- **Табела 7.** Механички састав испитиваног земљишта
- **Табела 8.** Водно-ваздушне особине земљишта
- **Табела 9.** Резултати основних хемијских својстава земљишта
- **Табела 10.** Датуми и норме заливања (mm) током прве, 2021. године, експерименталног истраживања
- **Табела 11.** Датуми и норме заливања (mm) током друге, 2022. године, експерименталног истраживања
- **Табела 12.** Параметри који су коришћени у моделу AquaCrop за симулацију винове лозе
- **Табела 13.** Датуми (снимања) мерења са *POM*-ом
- **Табела 14.** Параметри просторне резолуције мултиспектралних података
- **Табела 15.** Вредности коефицијента родности
- **Табела 16.** Датуми и суме ефективних температура наступања фенофаза винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)
- **Табела 17.** Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)
- **Табела 18.** Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 19.** Месечне вредности  $ET_o$  по методи Hargreaves-а у огледном периоду (2021-2022)
- **Табела 20.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе у осмотреном (2015-2022) периоду
- **Табела 21.** Ефекат режима наводњавања на просечну евапотранспирацију винове лозе током двогодишњег истраживања
- **Табела 22.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе током двогодишњег истраживања

- **Табела 23.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 24.** Ефекат режима наводњавања на просечну покривеност (%) биљног покривача винове лозе Панониа током двогодишњег истраживања
- **Табела 25.** Вредности  $I_n$  (mm) по фенофазама винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)
- **Табела 26.** Вредности  $I_n$  (mm) по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 27.** Вредности дефицита и суфицита воде по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 28.** Резултати калибрације модела AquaCrop (дани и датуми почетка вегетације и наступања фенофаза винове лозе) и одступања од измерених вредности
- **Табела 29.** Резултати симулације за валидациони сет података измереног приноса суве масе грожђа на локацији Плавинци током осмотрених година (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. и 2022. година)
- **Табела 30.** Резултати симулације AquaCrop модела за дане наступања испитиваних фенофаза (дани од почетка вегетације), приноса и  $ET_c$  у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 31.** Компарација резултата симулације AquaCrop модела (AC) и резултата климатских модела (KM) за дане наступања испитиваних фенофаза у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))
- **Табела 32.** Компарација резултата симулације AquaCrop модела (AC) и резултата климатских модела (KM) евапотранспирације културе винове лозе ( $ET_c$ ) током периода вегетације
- **Табела 33.** Сезонске прогнозе времена за локалитет винограда „Плавинци“ и сорту Панониа током 2021. године
- **Табела 34.** Сезонске прогнозе времена за локалитет винограда „Плавинци“ и сорту Панониа током 2022. године
- **Табела 35.** Ефекат режима наводњавања на вегетационе индексе током 2022. године
- **Табела 36.** Пирсонов коефицијент корелације између просечних вредности вегетационих индекса добијених са мултиспектралне камере постављене на дрон и мерења са огледне парцеле (покривеност и принос) током 2022. године
- **Табела 37.** Ефекат режима наводњавања на вредност вегетационих индекса
- **Табела 38.** Пирсонов коефицијент корелације између просечних вредности вегетационих индекса добијених са РОМ и мерења са огледне парцеле (покривеност, температура листа, CWSI, принос) током 2022. године
- **Табела 39.** Статистичка значајност утицаја режима наводњавања и година истраживања на генеративни потенцијал сорте Панониа
- **Табела 40.** Вредности коефицијената родног потенцијала сорте Панониа у винограду „Плавинци“
- **Табела 41.** Принос и карактеристике грозда сорте Панониа у винограду „Плавинци“ током 2021-2022. године
- **Табела 42.** Особине бобице грозда сорте Панониа у винограду „Плавинци“ током 2021-2022. године

- **Табела 43.** Анализа варијансе утицаја године и третмана наводњавања на принос и карактеристике грозда сорте Панониа
- **Табела 44.** Анализа варијансе утицаја године и третмана наводњавања на особине бобица грозда сорте Панониа
- **Табела 45.** Хемијски састав шире сорте Панониа током периода истраживања по третманима наводњавања (F, R и S)
- **Табела 46.** Анализа варијансе утицаја године испитивања и третмана наводњавања на квалитет шире сорте Панониа

# 1. УВОД

Климатске промене, феномен глобалног нивоа, подразумевају било коју систематску промену климатских елемената у дугогодишњој статистици која је изражена током неколико деценија. Са последицама климатских промена у већој или мањој мери сусреће се целокупно становништво, са тенденцијом њиховог интензивирања у будућности (Fraga et al., 2020; IPCC, 2022; Lee et al., 2024).

Због велике зависности од временских прилика, један од најрањивијих сектора на климатске промене јесте пољопривредна производња (Liu et al., 2023; Farooq et al., 2023; Omazić et al., 2023; Mancuso et al., 2026). Пољопривреда је већ суочена са бројним изазовима који се огледају кроз екстремне климатске догађаје (пораст температуре, неравномерност и већи интензитет падавина, чешћа појава суша, касних мразева, временских непогода и др.) који су нераскидиво повезани са променама у физиолошком развоју биљних култура, смањеном или потпуном изостанку приноса, променом квалитативних својстава плода, губитком агробiodиверзитета и сл. Виноградарство, као једна од важних грана пољопривреде, веома је заступљено у свету, а захваљујући повољним агроколошким условима и дугој традицији, и код нас. Значај винове лозе огледа се у чињеници да је једна од првих воћних врста која је одомаћена, тј. приведена култури (Aguilera et al., 2022). Она се, пре свега, гаји због производње грозђа, а продукти који настају имају велику хранљиву, дијеталну, антивирусну и антибактеријску, једном речју, лековиту вредност за људски организам (Ben Khadher et al., 2022). С обзиром на кључну улогу температуре ваздуха и падавина у развоју винове лозе и хемијском саставу грозђа, климатске промене су већ оставиле значајан траг на производњу вина (del Río et al., 2024; Di Vita et al., 2024).

Последице климатских промена на гајење винове лозе и производњу вина могу бити и позитивне и негативне, у зависности од региона и начина на који се мења клима у тим областима (Shaukat et al., 2020; Cesco et al., 2021). Пројекције климатских промена за 21. век имају велики значај за виноградарство готово у свим виноградарским регијама (Parantzikos et al., 2024), јер предвиђају да ће грозђе сазревати раније и при вишим температурама (Van Leeuwen and Darriet, 2016) што ће свакако утицати на трансформацију фенолошке динамике винове лозе (Dinis et al., 2022; Espinosa-Roldán et al., 2024), промену хемијског састава грозђа и карактеристика вина (повећан садржај шећера, мање киселина и веће рН вредности) и већу варијабилност приноса (Navrátilová et al., 2021; Kotsidis et al., 2026). Услед смањене количине и промене распореда падавина и повишене евапотранспирације биће неопходна имплементација система за наводњавање (Costa et al., 2016; Naulleau et al., 2022). Све напред наведено представљаће напоран технолошки подухват за произвођаче вина (Ollat et al., 2017; Prieto et al., 2024). Промењени климатски услови ће захтевати и промену у сортименту (Atak, 2024), а блаже зиме заједно са вишим температурама довешће до повећаног ризика од болести и штеточина (Khozaei et al., 2020).

Сезонске прогнозе времена постају један од најмоћнијих алата прилагођавања на климатске промене. Оне омогућавају предвиђање критичних периода потребе винове лозе за водом (наводњавање) као и планирање примене других агротехничких мера, биљних хранива и времена сазревања грозђа и бербе, чиме виноградарци могу правовремено ускладити своје активности. На овај начин, сезонске прогнозе времена помажу у смањењу ризика, ефикаснијем коришћењу ресурса и очувању стабилности производње у све изазовнијим условима климатске варијабилности.

Србија се налази у једном од региона који су препознати као жаришта где се климатске промене одвијају брже од глобалног просека (Vuković et al., 2018; NAP, 2024), па ће тренутно зонирање виноградарског ареала бити знатно измењено у будућности (Ruml et al., 2012;

Сивчев и сар., 2015). Према резултатима испитаника (виноградара) са територије Србије, установљено је да тренутне промене у клими имају и позитивне ефекте на квалитет грожђа (Stričević et al., 2020). Међутим, Vujadinović Mandić et al. (2022) истичу да у блиској будућности успешна виноградарска производња неће бити оправдана без наводњавања.

Данас, када је недостатак воде за наводњавање израженији, све више пажње се поклања томе колико биљке ефикасно троше воду. Будућа планирања биљне производње ићи ће у правцу давања приоритета оним биљним врстама које ефикасније троше воду, а винова лоза је свакако једна од њих. У складу са тим, виноградари широм света се последњих година све више одлучују за органску производњу вина (Santos et al., 2023). Органска производња вина има за циљ да очува природне ресурсе и учини виноградарство одрживијим за будуће генерације (Valenzuela et al., 2022; Szolnoki и Tafel, 2022). Овај тренд је уочен и у Србији, јер су виноградари и винари схватили да имају све неопходне ресурсе са којима могу спровести овакав вид производње. Винарија „Плавинци“ у којој је вршено истраживање је један од пионира када је у питању органско виноградарство код нас.

Предмет истраживања ове докторске дисертације је коришћење климатских пројекција и сезонских прогноза времена са циљем предвиђања трајања и померања фенофаза винове лозе, потребе винове лозе за наводњавањем и испитивање утицаја режима наводњавања на карактеристике грозда и бобица беле сорте винове лозе Панониа (*Vitis vinifera* L. cv. *Panonia*) при органској производњи у агроеколошким условима Грочанског виногорја.

## 2. ЦИЉ И ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА

Основни циљеви експерименталних истраживања предвиђених овом докторском дисертацијом су:

- Одређивање потреба винове лозе за водом током двогодишњих експерименталних истраживања и успостављање различитих режима заливања;
- Одабир режима заливања који најповољније утиче на принос и квалитет грозђа сорте Панониа током двогодишњих експерименталних истраживања (2021-2022);
- Примена метода даљинске детекције (термовизије) са циљем идентификовања водног стреса преко биљног водног стрес индекса и потребе за наводњавањем винове лозе;
- Одређивање суме ефективних температура (*Growing degree days – GDD*) на основу осматрених података о температури и фенолошких осматрања потребне за почетак и крај вегетације, почетак, крај и дужину трајања појединих фенофаза винове лозе сорте Панониа, као и промену фенолошке динамике у будућим климатским условима: блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060), крај века (2081-2100) и референтни период (1998-2017);
- Анализа потреба за водом (наводњавањем) у будућој клими: блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100) на основу осматрених података о потребама винове лозе за водом;
- Извршити процену потреба за водом у току вегетације, као вид подршке виноградарима у исправном и благовременом доношењу одлука, на основу резултата сезонских прогноза времена.

Спроведена испитивања која се огледају кроз употребу осматрених података, предикција климе употребом климатских модела и сезонских прогноза допринеће виноградарској пракси преко успостављања јасних методологија за праћење вегетације винове лозе као и увида у оптимално време, интервал и норму заливања.

Испитивање утицаја различитих режима заливања на квалитет грозђа има велику важност за виноградаре јер би били упознати са потенцијалима гајења сорте Панониа и њеном производном и технолошком вредношћу, нарочито када је реч о органској виноградарској производњи која све више добија на значају, како у свету, тако и код нас.

Важно је напоменути да методологија ових истраживања може бити применљива и у осталим виноградарским рејонима како у Србији, али и ван ње, као и на другим сортама винове лозе (како у органској, тако и конвенционалној производњи).

### 3. ОСНОВНЕ ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основне хипотезе од којих се полази у истраживању:

- Претпоставка је да ће потребе за наводњавањем винове лозе у будућности бити веће и да ће се јасно предочити у којим периодима вегетације винове лозе постоји потреба за наводњавањем;
- Претпоставља се да ће највећи позитивни утицај на принос и квалитет винове лозе имати режим редукованог наводњавања (када је обезбеђено 50% од  $ET_c$ );
- Сматра се да ће режим пуног наводњавања (обезбеђено 100% од  $ET_c$ ) повећати принос у односу на друге варијанте наводњавања, али да неће значајније допринети побољшању квалитета грозђа и вина;
- Полази се од претпоставке да ће методе даљинске детекције дати поуздане индикаторе водног режима биљке на основу којих би се могао успоставити режим заливања, односно процена утицаја суше на принос;
- Очекује се да ће услед климатских промена, у будућности доћи до померања вегетације, односно да ће неке фенофазе наступати раније и променити дужину трајања.

## 4. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

### 4.1. Климатски систем

Климатски систем, као систем Земљине глобалне циркулације, чине атмосфера, хидросфера, литосфера, биосфера и криосфера (Gates, 1988; Popović et al., 2009; Вуковић и Вујадиновић Мандић, 2019). Ове компоненте су у сталној међусобној интеракцији (Ghanem, 2024) чија синхронизована динамика обликује и одређује климатске услове на Земљи. Антропогени утицај на климатски систем манифестује се кроз различите форме људских активности, укључујући крчење шума, урбанизацију, деградацију земљишта, повећање обрадивих површина и модификацију хемијског састава атмосфере путем антропогених емисија гасова са ефектом стаклене баште. Ови гасови, као што су угљен-диоксид и метан, имају способност да значајно измене геофизичке карактеристике различитих компоненти климатског система (Ђурђевић и Тошић, 2017).

Метеорологија има задатак да утврди законе по којима се јављају атмосферске појаве и процеси, те да установи њихове узајамне везе користећи физичко-математичке методе проучавања (Đusić и Radovanović, 2005). Климатологија је најстарија дисциплина метеорологије и бави се проучавањем климе која обухвата скуп метеоролошких појава које представљају средње стање атмосфере на одређеном месту земљине површине у дужем временском периоду (Румл, 2016; Вуковић и Вујадиновић Мандић, 2019). Клима се формира као резултат дугорочних временских образаца<sup>1</sup>, тачније, она је „производ“ климатског система (Popović et al., 2009).

Време одражава тренутно стање климатских елемената и појава и репрезентује скуп извесних вредности које у неком моменту и на датом месту дају карактер атмосферском стању. Метеоролошка осматрања обухватају систематска и редовна мерења метеоролошких параметара, укључујући температуру, влажност и притисак ваздуха, количину падавина, брзину и смер ветра, облачност, осунчавање и друге параметре. Сврха ових мерења је пружање тренутних информација о временским условима.

### 4.2. Климатски модели

Нумеричко моделовање времена и климе је посебна грана савремене метеорологије и уско је повезана са математиком и рачунарским ресурсима. Иако су се први, али неуспешни покушаји израчунавања будућих временских прилика догодили много раније (Edwards, 2011; Haider et al., 2020), развој и унапређење рачунара и нумеричких техника омогућио је развој нумеричких модела за прогнозу времена и климе. Од почетка осамдесетих година прошлог века бележи се константно побољшање вештине прогнозе времена (Trocconi, 2010; Rodriguez et al., 2018) и развоја различитих модела, који су, уз одређене модификације, могли да репродукују и статистичке величине основних климатолошких променљивих.

Према строгој дефиницији, климатски модел је скуп математичких једначина (Randall et al., 2007; Ruml et al., 2012; Yang et al., 2021) које репрезентују физичке, хемијске и биолошке законе и особине климатског система Земље, односно појединачних компоненти система, као и њихову међусобну интеракцију (Edwards, 2011; Flato et al., 2014). Ови модели су утемељени на разумевању интеракција атмосфере са океанским, копненим и леденим површинама, као и вегетацијом (Edwards, 2011). Уколико модел симулира климу на целој планети, он се назива глобалним моделом, док уколико симулира услове само на неком изабраном делу, онда се назива регионалним климатским моделом (Vukovic et al., 2015; Fraga

---

<sup>1</sup> Најчешће је то вишегодишњи период од 30 година.

et al., 2022). По својој структури, климатски модели слични су моделима за прогнозу времена, чији се продукти свакодневно користе за издавање различитих информација о времену у наредним данима. Ипак, за разлику од прогнозе времена чији је задатак да предвиди тачан след догађаја у периоду од неколико дана унапред, задатак симулација будуће климе климатским моделом је да предвиди промене у статистичким особинама климе у будућности, а не тачан редослед догађаја.

Климатски модели представљају једини алат који може да предвиди будуће климатске промене (Randall et al., 2007; Flato et al., 2014; Gettelman и Rood, 2016; Iglesias-Suarez et al., 2024; Simpson et al., 2024; Slingo и Slingo, 2024). Међутим, моделовање климе и климатских промена носи са собом и многе ризике који се првенствено односе на несавршеност климатских модела (Raïisaänen, 2007; Fraga et al., 2012; Flato et al., 2014; Vukovic et al., 2015; Tao et al., 2020; Gentine et al., 2021; Yang et al., 2021; Chauke и Pongrácz, 2024; Iglesias-Suarez et al., 2024), природну варијабилност климе, као и непознавање будућих концентрација гасова са ефектом стаклене баште (*Greenhouse gases – GHG*) (Fraga et al., 2012; Teslić et al., 2019; Colibaba et al., 2024). Ови ризици могу се у одређеној мери ублажити вишеструким понављањем симулација које подразумевају више модела, више сценарија и већи број различитих почетних услова – ансамбла симулација (Barnes et al., 2024; Chauke и Pongrácz, 2024).

### 4.3. FAO AquaCrop модел

Модел AquaCrop је широко тестиран алат за различите врсте усева, од ратарских (Gürkan, 2023), преко поврћа (Ćosić et al., 2017; Lipovac et al., 2018; Stričević et al., 2023), до воћа и винове лозе (Er-Raki et al., 2021). Као што и сам назив говори, фокус овог модела је на води, као одредници продуктивности култура, па се он користи за симулације раста, приноса и потреба биљних култура за водом. Развијен је од стране FAO организације (*Food and Agriculture Organization*), одсека за земљиште и воде. Циљ FAO пројекта је био да калибрише AquaCrop за сваку важну пољопривредну културу у погледу свих њених параметара који ће бити применљиви у широком спектру агроеколошких услова (Hsiao et al., 2009). Неки од ових параметара нису универзални и потребно их је прилагодити локалним условима и проучаваним сортама. Када је добро калибрисан за гајену културу, очекује се да модел буде ефикасан у помагању развоја стратегија управљања водама за побољшање производње и уштеду воде (Steduto et al., 2009).

AquaCrop тежи постизању тачности, једноставности и робусности, стога, резултати многих истраживања показују да је овај модел прецизан у предикцијама (Steduto et al., 2009; Lipovac et al., 2018; Stričević et al., 2023). Његова примена у комбинацији са климатским моделима омогућава не само предвиђање приноса и потреба биљних врста за водом, већ и дугорочне процене одрживости виноградарске производње у условима климатских промена.

### 4.4. Сезонске прогнозе времена

Промене климе, а нарочито екстремних климатских појава, спадају у кључне изазове са којима ће друштво морати да се суочава у предстојећим деценијама (Fraga et al., 2012; Prodhomme et al., 2016; Nguyen et al., 2024). Очекује се да ће негативни утицаји повећања температуре, продужених периода суше и екстремних падавина, поплава, шумских пожара, као и проблема у пољопривредној производњи и целокупној животној средини наставити да се појачавају, убрзавају и интензивирају у будућности (Chaves et al., 2007; Vuković et al.,

2018; Teslić et al., 2019; Tao et al., 2020; IPCC, 2022; Alsafadi et al., 2023; Sun et al., 2023; An-Vo et al., 2024; Jordão и Correia, 2026).

Разумевање климатског система и начина на који се он може променити у будућности под различитим сценаријима увелико се побољшало захваљујући климатским моделима (IPCC, 2022; Iglesias-Suarez et al., 2024). Прогнозе будућих вредности метеоролошких параметара остварују се путем симулација модела за прогнозу времена који обично пружају предвиђања за краткорочне периоде.

Дугорочне прогнозе (познатије као сезонске прогнозе) су фундаментални делови климатских информација (Војовић et al., 2022). Ове прогнозе предвиђају месечне и сезонске аномалије или одступања од очекиваних климатолошких услова (Doblas-Reyes et al., 2013) и обично се обезбеђују у релативно великим просторним размерама (Andersson et al., 2020). Сезонске прогнозе могу бити важан елемент за јачање отпорности на климатске промене јер омогућавају предвиђање ризика у временским оквирима релевантним за доношење одлука (Trocchi, 2010; Hewitt et al., 2020). Такође, представљају процену вероватноће кључних променљивих (температуре и падавина) у будућности (Bruno Soares и Dessai, 2016; Hemri et al., 2020) и могу бити од непроценљиве вредности при управљању пољопривредном производњом (Doblas-Reyes et al., 2013; Lalić et al., 2018; Andersson et al., 2020; Santos et al., 2020; Војовић et al., 2022; Naulleau et al., 2022).

Сезонске климатске прогнозе постају важан алат за правовремено планирање у контексту управљања и адаптације на климатске промене (Prodhomme et al., 2016; Turco et al., 2017; Yang et al., 2021). С обзиром на то да на узгој винове лозе изразито утичу временске прилике (Piña-Rey et al., 2020; Santos et al., 2020; Navrátilová et al., 2021; Droulia и Charalamopoulos, 2022; Koufos et al., 2022; Sun et al., Mancuso et al., 2026), познавање информација о будућој климатској варијабилности је од великог значаја за пољопривредне произвођаче, у овом случају виноградаре (Cataldo et al., 2021). Коришћењем сезонских прогноза могуће је идентификовати периоде у којима ће бити неопходно наводњавање (Lalić et al., 2018; Piña-Rey et al., 2020; Alsafadi et al., 2023), предвидети норму наводњавања, количине и време примене биљних хранива, предвидети очекивано време зрења и бербе, односно прикупљања плодова (Xyrafis et al., 2022), што ће унапредити и олакшати планирање ових активности и помоћи пољопривредним произвођачима да ускладе правовремену примену агротехничких и ампелотехничких операција (нпр. резидба).

#### **4.5. Климатске промене и мере адаптације у виноградарској производњи**

Како у прошлости, тако и данас, климатски услови представљају најзначајнији фактор свих пољопривредних система, укључујући и то да они предодређују да ли је нека биљна култура погодна за одређену локацију, контролишу принципе узгоја, квалитет, а на крају воде и ка економској одрживости (Jones и Webb, 2010; Jordão и Correia, 2026; Kotsidis et al., 2026). Ризици у пољопривреди услед климатских промена су веома специфични јер у великој мери зависе од пољопривредног система, географске ширине, топографије, диспозиције и других локалних услова (Xyrafis et al., 2022). Систематско планирање мера адаптације захтева консултације стручњака из различитих мултидисциплинарних области, затим и уважавање бројних критеријума, како би донесене одлуке биле одрживе и применљиве у пракси (Pandey et al., 2018; Ohana-Levi et al., 2024). Имајући у виду пројекције климатских промена, пре свега, изузетно високе температуре и у исто време мале количине падавина (нарочито током летњих месеци у будућности), ублажавање климатских промена и прилагођавање на њих ће бити комплементарне акције за смањење и контролу њиховог утицаја на пољопривреду (Alatzas et al., 2021; Naulleau et al., 2022; Romero et al., 2023; Prieto et al., 2024).

Прилагођавање климатским променама је велики изазов са којим се суочава сектор виноградарства (Romero et al., 2023; Atak, 2024; Ohana-Levi et al., 2024; Pino и Griffon, 2024). Климатске промене већ су изазвале трансформацију фенолошке динамике винове лозе, померање датума бербе (грожђе сазрева раније и при вишим температурама), чешћу појаву болести и штеточина у влажнијим регионима, стални недостатак воде у медитеранским виноградима, вина са мањком свежине и ароматичног састава и прекомерним повећањем садржаја алкохола, измене у сортименту, варијабилност приноса због чешћих екстремних догађаја и већа оштећења од пролећног мраза у неким виноградарским регионима (Van Leeuwen и Darriet, 2016; Leolini et al., 2018; Piña-Rey et al., 2020; Santos et al., 2020; Marín et al., 2021; Хурафис et al., 2022; Lakatos и Mitre, 2023; Marta et al., 2023; Omazić et al., 2023; del Río et al., 2024). Све напред наведено представљаће напоран технолошки подухват за произвођаче вина (Ollat et al., 2017; Chervenkov и Slavov, 2021; Fraga et al., 2022; Espinosa-Roldán et al., 2024), јер су винари све више принуђени да проналазе одрживе и успешне стратегије како не би угрозили квалитет грожђа и вина (Piña-Rey et al., 2020; Cataldo et al., 2021; Arias et al., 2022; Jordão и Correia, 2026). Међутим, дефинисање мера прилагођавања за овај сектор изазовније је него за већину других гајених биљака јер је винова лоза вишегодишња биљна култура, што подразумева да се улагања у адаптацију морају одржати дуги низ деценија (Santillán et al., 2020; Santos et al., 2023; del Río et al., 2024)

Константно праћење стања климатских услова одређеног *terroir*<sup>2</sup>-а, неопходно је како би се произвело грожђе најбољег квалитета уз помоћ различитих мера адаптација које укључују избор отпорних сорти и подлога, одабир одговарајућег положаја засада (нпр. променом оријентације редова може се утицати на смањење осветљености, самим тим и на температуре ваздуха унутар винограда), примену адекватних ампело и агро-техника (нпр. наводњавање, затрављивање међуредног простора и слично), коришћење принципа одрживе (органске) производње, али и кроз коришћење доступних метеоролошких и климатолошких информација за краткорочно и дугорочно планирање производње (Fraga et al., 2012; Rienth et al., 2021; Romero et al., 2022; Alsafadi et al., 2023; Damásio et al., 2023).

Утицаји климатских промена на гајење винове лозе у зависности од региона и начина на који се мења клима у тим областима, могу бити и позитивни и негативни (Jones и Webb, 2010; Fraga et al., 2012; Piña-Rey et al., 2020; Shaukat et al., 2020; Cesco et al., 2021; Хурафис et al., 2022; Atak, 2024; Chauke и Pongrácz, 2024; Jordão и Correia, 2026). Када су у питању позитивне стране промене климе, пораст температуре са дужим безмразним периодом допринеће могућностима гајења неких сорти које нису могле да успевају у дотадашњим климатским условима одређених подручја (Fraga et al., 2012). Сходно томе, очекује се ширење површина погодних за узгој винове лозе у нашој земљи (Ruml et al., 2012; Сивчев и сар., 2015; Vujadinović et al., 2016), али и у многим другим земљама света (Prieto et al., 2024). Виноградарство би се просторно могло проширити за 28,8% (површине Балкана) до 2040. године, а за 15,1% до 2060. године (Charalampopoulos et al., 2021). Поред тога, климатске промене могу да доведу до подизања винограда на вишим надморским висинама и већим географским ширинама (Jones и Webb, 2010; Hannah et al., 2013; Vigl et al., 2018; Cesco et al., 2021; Van Leeuwen et al., 2024; Kotsidis et al., 2026). Такође, смањење падавина током периода сазревања може имати добар утицај на квалитет вина у неким виногорјима (Navrátilová et al., 2021).

У оквиру предложених стратегија адаптација, највећи акценат се ставља на *наводњавање* (Buesa et al., 2021; Cataldo et al., 2021; IPCC, 2022; Naulleau et al., 2022; Palai et al., 2022; Romero et al., 2022; Ma et al., 2023; Van Leeuwen et al., 2024; Colibaba et al., 2024)

---

<sup>2</sup> *Terroir* – француски термин који обухвата комплексан утицај специфичних природних фактора (клима, земљиште, топографија итд.) и људског фактора (примена виноградарских техника) на виновој лози одређеног локалитета. Ова интеракција резултира јединственим карактеристикама и укусом вина који су специфични и непоновљиви, чак и унутар истих сорти, уколико се узгајају на различитим *terroir*-има.

како би се смањило негативан утицај климатских промена. Romero et al. (2023) указују на регионе који ће постати превише топли и суви за гајење висококвалитетног грожда у будућности (нпр. полусушна подручја јужне Европе, посебно југоистока Шпаније), те према Rosa et al. (2020) очекује се да ће климатске промене убрзано преобликовати дистрибуцију наводњаваног земљишта. Наводњавање је ефикасно у смањењу ризика од суше у многим регионима и има бројна корисна дејства на развој и карактеристике винове лозе, али је потребно одговарајуће управљање водним и земљишним ресурсима да би се избегли потенцијални негативни исходи (нпр. неефикасно коришћење воде за наводњавање, заслањивање земљишта, деградација земљишта, угрожавање сегмената животне средине и сл.) (Gambetta et al., 2020; IPCC, 2022; Naulleau et al., 2022; Romero et al., 2023; Garofalo et al., 2023; Nan et al., 2023). Наводњавање јесте и биће неопходна мера како би се одржала дугорочна одрживост винограда (Romero et al., 2022; Alvarez Arredondo et al., 2023). Ипак, постоји једно важно питање које још увек остаје нерешено: *Која количина воде нам је потребна сада, а која у будућности?* Ово питање намеће се због све чешћег смањења доступности површинских и подземних водних ресурса, како на регионалном, тако и глобалном нивоу (Tehrani et al., 2016; Gambetta et al., 2020; Garofalo et al., 2023; Ma et al., 2023), а посебно је важно за подручје Србије где је наводњавање винове лозе у повоју услед осматраних промена климе.

Дефинисање потреба винове лозе за водом уз помоћ *климатских података* како би се успоставио рационалан и ефикасан режим наводњавања, као и предвиђање краткорочних и дугорочних временских услова (са акцентом на расположиве количине воде за биљку) веома је значајно у целокупној биљној производњи, у овом случају виноградарској, као благовремена мера ублажавања и прилагођавања на климатске промене (Piña-Rey et al., 2020; Santos et al., 2020). Такође, по Taylor (2018) и Garofalo et al. (2023) прецизна пољопривреда је једно од одрживих решења са могућношћу побољшања ефикасности коришћења воде уз континуирани мониторинг винове лозе и њених потреба за водом у сваком тренутку. На пример, сензори постављени на утврђеној дубини земљишта могу пружити важне информације о садржају влаге. Другим речима, време наводњавања се може одредити праћењем влаге у земљишту и покретањем система наводњавања када је то потребно (Bellvert et al., 2021; Garofalo et al., 2023). Континуираним мерењем садржаја воде у земљишту помоћу сензора омогућава се праћење примењеног режима наводњавања, што даје могућност промене и одабира ефикаснијег режима наводњавања у случају да примењени режим није адекватан (Damásio et al., 2023).

Климатске пројекције показале су да виноградарски региони наше земље имају тенденцију да постану топлији и сувљи (Ruml et al., 2012). Србија се налази у једном од климатских жаришта, где се промене климе одвијају знатно брже од светског просека, са све израженијим утицајем на природне услове и екосистеме (Vuković et al., 2018; Stričević et al., 2020; NAP, 2024), па ће тренутно зонирање виноградарског ареала бити знатно измењено у будућности (Ruml et al., 2012; Сивчев и сар., 2015). Како пројекције будуће климе предвиђају да ће подручја око великих река (Дунав, Сава, Велика и Јужна Морава), као и северни делови земље (углавном регије испод 300 m надморске висине), бити под повећаним ризиком од пролећног мрза и високих летњих температура, док ће централни и јужни делови Србије претрпети смањење доступности воде, неопходно је спровођење низа мера прилагођавања како би се обезбедио квантитет и квалитет приноса (Vuković et al., 2018; Vujadinović Mandić et al., 2022). Измењени климатски услови могу донети потребу за додатним наводњавањем винограда, али и отворити могућност да маргинална и подручја на вишим надморским висинама (која су претходно била превише хладна за узгој винове лозе), постану климатски погодна за виноградарску производњу (Koufos et al., 2020; Jordão и Correia, 2026; Kotsidis et al., 2026). У случају остварења поменутих климатских сценарија, наводњавање винове лозе на подручјима виших надморских висина биће неопходно, услед ниских вредности водно-ваздушног капацитета и неповољне дубине земљишта у брдско-планинским регионима.

Велики број најчешће примењиваних виноградарских мера и техника могу довести до деградације и губитка одређених функција земљишта, са последичним утицајем на саму производњу (Pino и Griffon, 2024). Наведено указује на неопходност значајних промена које воде ка агроеколошком приступу за одрживо виноградарство, подстичући оне мере и технике које могу да обезбеде квалитетну производњу са малим утицајем на биодиверзитет (Karimi et al., 2020; Ostandie et al., 2021; Di Giovanni et al., 2024). Дакле, поред примене наводњавања, важно је и *правилно управљање земљиштем* кроз одрживе механизме као што је одржавање или повећање садржаја органске материје, покретање активности микроорганизама у земљишту, очување стабилне структуре земљишта, смањење обраде и сабијања земљишта, повремено или стално затрављивање винограда (како би се ерозија svela на минимум), обогаћење земљишта макро и микро елементима, заоравање биљних остатака, као и рационална употреба ђубрива (Karimi et al., 2020; Romero et al., 2022; Santos et al., 2023). Дobar пример је и органско малчирање, одржива агрономска мера која се широко користи за спречавање ерозије земљишта и раста корова, ефикасније задржавање влаге и побољшање својстава земљишта (Medrano et al., 2015). Земљиште је према наводима Kopittke et al. (2019) и Ghiglieno et al. (2020) описано као најкомплекснији и најразноврснији екосистем на свету, и представља важан резервоар биоразноврсности. Квалитет земљишта је у највећем броју случајева бољи у органским виноградима, него у виноградима којима се конвенционално управља (Smith et al., 2020; Ostandie et al., 2021; Di Giovanni et al., 2024).

Све напред наведене мере прилагођавања су у складу са еколошки одрживим системима који су отпорнији на климатске промене и помоћу њих доприноси се бољем очувању целокупног екосистема (земљиште-флора и фауна-атмосфера-човек/виноградар) (Smith et al., 2020; Cataldo et al., 2021; Romero et al., 2022; Gonen et al., 2024). Термин „органска пољопривреда“ потиче из концепта „фарма као организам“ (*the farm as an organism*) и први пут је употребљен 1939. године. *Органска пољопривреда* подразумева производњу хране користећи природне процесе и без употребе вештачких препарата за заштиту биља, генетски модификованих организама (*Genetically modified organism – GMO*) или синтетичких ђубрива. У органској пољопривреди, земљиште се посматра као живи систем те она тежи ка очувању биодиверзитета, плодности земљишта и заштите животне средине у целисти. Шездесете године XX века биле су кључне за развој органске пољопривреде и њену повезаност са ширим покретом заштите животне средине. Рејчел Карсон, америчка научница и писац, је својом књигом „Тихо пролеће“ (*Silent Spring*) 1962. године упозорила на опасност неконтролисаног коришћења пестицида у пољопривреди, што је органски вид производње учинило привлачнијом и ефикаснијом алтернативом. Од тада, органска пољопривреда наставља свој раст и развој, одговарајући потребама за здравствено безбедном храном и одрживом пољопривредом. Интересовање за органску пољопривреду на глобалном нивоу значајно је порасло током последњих деценија (Provost и Pedneault, 2016; Mairata et al., 2023; Dong и Gao, 2024). Промовисање органске пољопривреде једна је од главних агро-еколошких политика широм света, па је Европска унија у свом Зеленом договору поставила амбициозан циљ, а то је да до 2030. године 25% од укупног пољопривредног земљишта буде под органском производњом (Ostandie et al., 2021; Mairata et al., 2023; Paull, 2024). Willer et al. (2024) наводе да у Европи има више од 480.000 органских произвођача, са највећим бројем у Италији, око 82.000.

*Органско виноградарство* намеће се као оправдана опција у развоју пољопривреде која је у складу са постулатима заштите животне средине (Smith et al., 2020; Ostandie et al., 2021; Di Giovanni et al., 2024). Централни циљ виноградарске органске производње је производња висококвалитетног грожда и вина, при чему се минимизира употреба хемијских средстава како у винограду, тако и у винарији (Szolnoki и Tafel, 2022; Dong и Gao, 2024). Успех овог приступа лежи у коришћењу предности биодиверзитета за одржавање равнотеже између доступности ресурса (Smith et al., 2020), живих организама и продуктивности у винограду („пројекција природе у малом“), а истовремено смањујући присуство штетних инсеката и

болести на минималан ниво. Грожђе и вино су примарни производи, док секундарне чине производи настали у процесу производње: орезана лоза, петелковина, покожица и семенке (они представљају драгоцен материјал који се даље може искористити за компостирање, али и у медицинске сврхе) (Сивчев и сар., 2015). Стога, органска производња вина чува природне ресурсе и чини виноградарство одрживијим за будуће генерације (Valenzuela et al., 2022; Szolnoki и Tafel, 2022; Dong и Gao, 2024). У медитеранским земљама Европе попут Италије, Шпаније и Француске, органско виноградарство је поприлично заступљено (García Castellanos et al., 2022; Damásio et al., 2023; Willer et al., 2024). Овај тренд је уочен и у Србији, јер су винари схватили да имају све неопходне ресурсе са којима могу да спроведу овакав вид производње. Према извештајима Willer et al. (2024) у нашој земљи се по подацима из 2022. године налази 58 ha под површинама органских винограда. Винарија „Плавинци“ из Грочанског виногорја, „Император“ са Фрушке Горе, „McC McCulloch“ из Ердевика, „Бикички“ из Баноштора, „Ивановић“ из Александровца, „Вучуревић“ и „Ковачевић“ из Сремског рејона, „Тодоровић“ из Књажевца и др. Постоји и значајан број произвођача који у својим виноградима примењују поступке и принципе органске производње и налазе се у процесу сертификације. Растућа потражња за здравијим производима (Szolnoki и Tafel, 2022; Dong и Gao, 2024; Gonen et al., 2024) отвара мноштво прилика за органске произвођаче и оне који желе то да постану, што би допринело развоју наших руралних подручја, али и винског туризма.

Да би се повећала прилагодљивост на климатске промене и наставила производња висококвалитетних вина, али и очувала њихова типичност према пореклу, једна од значајних мера адаптације јесте и *избор одговарајуће подлоге и биљног материјала*, односно *сорте* која је отпорнија на патогене и физиолошки погоднија за услове одређеног *terroir*-а (Van Leeuwen и Darriet, 2016; Costa et al., 2019; Santos et al., 2019; Cesco et al., 2021; Atak, 2024; Van Leeuwen et al., 2024; Gonen et al., 2024). Поред тога, важна је и разноврсност унутар засада, односно јачање биодиверзитета, јер је то снажан начин смањења пада производње услед климатских промена (Romero et al., 2023). На пример, у Француској, према истраживању Morales-Castilla et al. (2020) утврђено је да је разноврсност сорти преполовила потенцијалне губитке у приносима виноградарских региона. Варијације у фенологији (нпр. рана и каснозрела сорта), према толеранцији на сушу и неповољне услове, као и на болести су посебно важне особине за развој пољопривредних система отпорних на климатске промене (Medrano et al., 2015; Fraga et al., 2017; Gambetta et al., 2020; Morales-Castilla et al., 2020). Локалне, аутохтоне сорте су најбољи избор јер оне поседују већу наследну резистентност на главне патогене и штеточине у виногорју и доприносе очувању биодиверзитета (Сивчев и сар., 2015). Аутохтоне сорте винове лозе углавном су добро прилагођене топлој и сушној клими, али брза промена временских услова коју карактеришу дуготрајне високе температуре током вегетације подстиче произвођаче да примењују наводњавање (Romić et al., 2020). Комбинација одабране отпорне сорте и примене режима наводњавања са контролисаним дефицитом је стратегија са релевантним економским и еколошким ефектима на одрживост гајења винове лозе, посебно у подручјима са ограниченим водним ресурсима (García García et al., 2023; Berry et al., 2024). Увођење иновативних подлога појављује се као истакнута стратегија прилагођавања. Разноврсне подлоге винове лозе имају различите захтеве према водно-ваздушним и хемијским карактеристикама земљишта, па је анализа земљишта основни предуслов за избор одговарајуће подлоге. Подлоге које имају већу прилагодљивост на земљишне и климатске услове (толерантност на земљишне штеточине, садржај креча и соли у земљишту), афинитет са одабраним сортама (позитиван утицај на агробиолошке и технолошке карактеристике сорте) и смањену потражњу за водом (толерантност на сушу), могу помоћи виновој лози да боље издржи екстремне временске услове (del Río et al., 2024).

Микроклима винограда може се побољшати *затрављивањем*. Биљни покривач представља кључну компоненту за одрживо управљање земљиштем. Он побољшава

структуру земљишта, повећава инфилтрацију воде и стабилност агрегата, повећава садржај азота и органских материја (органиски угљеник, *Soil Organic Carbon – SOC*), регулише прекомерну бујност винове лозе, снижава температуру ваздуха у винограду, смањује присуство узročника сиве плесни, врши контролу ерозије земљишта, смањује емисије гасова стаклене баште и побољшава биодиверзитет (Abad et al., 2021; Simić et al., 2023). До пре неколико деценија, примена покровних усева у виноградима била је ограничена само на регионе са обилним падавинама, међутим, последњих година примећује се све већи тренд њихове употребе и у сушнијим подручјима (Abad et al., 2021). Према пореклу, покровни усеви могу бити посејани или самоникли. Приликом сетве, често се користе мешавине различитих биљних врста, али се могу користити и монокултуре, од којих су најраспрострањеније оне из фамилија *Fabaceae* (махунарке) и *Poaceae* (траве). У зависности од трајања покровног усева, могу се класификовати на једногодишње и вишегодишње биљне врсте. Више истраживача је установило (López-Vicente et al., 2020; Romero et al., 2022; Simić et al., 2023) да коришћење биљног покривача заједно са наводњавањем може помоћи у ублажавању негативних ефеката климатских промена.

#### 4.6. Измењени климатски услови и наводњавање винове лозе

Велики удео светских винограда се налази у регионима у којима је сезонска суша типична појава (Gambetta et al., 2020; Pino и Griffon, 2024; Kalaivania et al., 2026). Последњих деценија, повећала се фреквенција и интензитет суше, а према сценаријима глобалних климатских промена овакав тренд ће наставити да се интензивира и у будућности (Costa et al., 2016; Van Leeuwen и Darriet, 2016; Leisner, 2020; Shaukat et al., 2020; Pérez-Álvarez et al., 2021; Drori et al., 2022; Romero et al., 2022; Crespo et al., 2024; Di Vita et al., 2024; Scutaruşu et al., 2026). Топлотни таласи са температурама преко 35 °C могу довести до смањења приноса до 35% (Fraga et al., 2020; Sun et al., 2023), а према Kalaivania et al. (2026) и до 60% у неким виноградарским регионима, затим могу изазвати оштећење листова или гроздова, умањити фотосинтезу и смањити концентрацију антоцијана (Mori et al., 2007; De Rességuier et al., 2020). Ове негативне последице убрзане промене климе, имају изразит утицај на виноградарство (Ramos, 2017; Droulia и Charalampopoulos, 2022; Marta et al., 2023; Van Leeuwen et al., 2024; Pino и Griffon, 2024; Kotsidis et al., 2026), јер дефицит воде може постати ограничавајући фактор у производњи и квалитету вина (Chaves et al., 2010; Rienth et al., 2021; Lakatos и Mitre, 2023). Стога, виноградарци у овим регионима биће приморани све више да се ослањају на наводњавање како би стабилизовали принос и побољшали квалитет вина (Chaves et al., 2007; Costa et al., 2016; Palai et al., 2022; Ma et al., 2023).

Винова лоза је специфична биљна врста по томе што успешно опстаје у различитим како климатским, тако и земљишним условима. Ипак, током различитих фенофаза, она има тачно одређене захтеве за влажношћу земљишта и ваздуха (Стојићевић, 1996; Куљанчић и Божовић, 2018; Mancuso et al., 2026). Као што је поменуто, с обзиром на то да се врло често гаји у крајевима са малом количином падавина, неповољним водним режимом и високим температурама, многи истраживачи сматрају да је винова лоза толерантна на сушу (Chaves et al., 2007; Trigo-Córdoba et al., 2015; Munitz et al., 2018; Alatzas et al., 2021; Aguilera et al., 2022; Damásio et al., 2023; Papantzikos et al., 2024). Упркос чињеници да је развила физиолошке системе прилагођавања у неповољним условима, те може да привремено живи у истим, то не значи да их она захтева (Munitz et al., 2017; Diago, 2022). Напротив, као и остали живи организми на Земљи, и виновој лози су потребни повољни животни услови како би остварила свој родни потенцијал (Куљанчић и Божовић, 2018; Calvo-Garrido et al., 2021). Иако су повољна влажност ваздуха и земљишта кључни предуслови, оптимални климатски услови и доступност хранљивих материја такође су неопходни за нормално одвијање

животних циклуса винове лозе (Стојићевић, 1996; Deloire et al., 2004; Fraga et al., 2018; Khozaei et al., 2020; Sun et al., 2023; ).

Међутим, у свету и даље постоје подељена мишљења у вези са позитивним и негативним ефектима наводњавања винове лозе у традиционалном виноградарству. С једне стране, уколико се примене превелике количине воде за наводњавање, то може утицати на квалитет плода (смањење интензитета боје и садржаја шећера и неравнотежа киселина у вину) (Deloire et al., 2004; Trigo-Córdoba et al., 2015), али и подстаћи бујан вегетативан раст и повећати ризик од гљивичних обољења винове лозе (Pellegrino et al., 2005; Chaves et al., 2010; Munitz et al., 2017; Khozaei et al., 2020; Droulia и Charalampopoulos, 2022). С друге стране, умерени дефицит (нпр. редуковано наводњавање) воде може бити користан за финални квалитет вина (Roby et al., 2004; Chaves et al., 2007; dos Santos et al., 2007; Munitz et al., 2017; Bellvert et al., 2021; Drori et al., 2022; Koufos et al., 2022; Ma et al., 2023). Дакле, рационално управљање водом за наводњавање у зависности од региона гајења и сорте, може значајно утицати на профитабилност гајења и квалитет винове лозе (Pellegrino et al., 2005; Chaves et al., 2010; Tehrani et al., 2016; Romić et al., 2020; Romero et al., 2022; Diago, 2022; García García et al., 2023; Garofalo et al., 2023; Damásio et al., 2023; Ohana-Levi et al., 2024). Избор најефикаснијег метода наводњавања, који задовољава све потребне услове за узгој винове лозе, захтева детаљно познавање климатских и хидролошких карактеристика подручја, као и својстава земљишта, тачније целокупног *terroir*-а. Најзаступљенији метод за наводњавање винове лозе је метод кап по кап (Chaves et al., 2007; dos Santos et al., 2007; Davenport et al., 2008; Intrigliolo et al., 2012; Munitz et al., 2017; Li et al., 2020; Romić et al., 2020; Pérez-Álvarez et al., 2021; García García et al., 2023; Garofalo et al., 2023; Han et al., 2023; Esteban-Sanchez et al., 2024; Papantzikos et al., 2024).

У климатским условима Србије, наводњавање винове лозе није заступљено на великим површинама. До сада нису рађена у великој мери значајнија истраживања на ову тему. Према климатским пројекцијама, учесталост и интензитет суше указују да ће стабилна производња грозђа и вина захтевати већу контролу расположивих водних ресурса и хранива у зони кореновог система, дакле и већу примену наводњавања на појединим локалитетима. Стога, да би осигурали квалитет вина и приносе, али и очували опстанак винове лозе у регионима погођеним сезонском сушом, наводњавање се намеће као кључна мера адаптације у борби са климатским променама (Fraga et al., 2018; Santos et al., 2020; Stričević et al., 2020). Отуда, виноградарски су већ препознали новонастали проблем и у своје винограде уводе системе за наводњавање.

Према доступним подацима, неке од винарија које имају постављене системе за наводњавање идући од севера ка југу Србије су: винарија „Звонко Богдан“ и „Винарија Драгић“ из Суботичког рејона, „Деурић“ из Сремског рејона, „Radu Group“ из рејона Неготинска Крајина, „Виногради Николић“ из Рејона Три Мораве, „Доја“ из Топличког рејона примењује заливање методом кап по кап на младим засадима интензивно, а касније према потреби, „Алексић“ из Врањског рејона. Винарија „Радовановић“ из Шумадијског рејона и „Јовић“ из Књажевачког рејона планирају да инсталирају системе за наводњавање услед појаве дуготрајних сушних периода током вегетације.

#### **4.7. Потребе винове лозе за водом**

Снабдевеност винове лозе водом представља суштински фактор неопходан за њен оптималан физиолошки раст и развој (Deloire et al., 2004; Medrano et al., 2015; Trigo-Córdoba et al., 2015; Munitz et al., 2018; Khozaei et al., 2020; Sun et al., 2023). Недостатак воде код биљака може бити узрокован сезонским смањењем водних резерви у земљишту које траје током дужег временског раздобља или настаје као последица краћих сушних периода

(Chaves и Oliveira, 2004; Droulia и Charalampopoulos, 2022). У складу са наведеним, сезонско праћење водног режима биљке може дати увид у снабдевеност биљке водом и хранивима и на тај начин олакшати виноградару да донесе одлуку кад и коју меру адаптације да примени да би остварио висок принос и квалитет финалног производа (Van Leeuwen и Darriet, 2016).

На потребе винове лозе за водом утичу два основна фактора: први, својства одређене сорте која одређују колико воде је неопходно за оптималан раст и развој и други, фактори животне средине, који се односе на количину расположиве воде и евапотранспирацију. Другим речима, многобројне сорте, подлоге, начин узгоја и читав *terroir* одређеног виногорја, снажно доприносе различитим потребама винове лозе за водом (Palai et al., 2022; Damásio et al., 2023). На пример, у виноградима у Калифорнији и на Канарским острвима годишња сума падавина не прелази 350 mm (у складу са тим, према Alvarez Arredondo et al. (2023) примена допунског наводњавања током вегетације и даље је уобичајена у већини калифорнијских винограда). У Јужној Америци, Чиле и Аргентина као највећи произвођачи вина и стоног грожђа своју производњу сместили су углавном у долинама река, на различитим надморским висинама. У Чилеу, годишња сума падавина се креће од 18,8 mm (пустиња Атакама) до 1000 mm (у долини Малеко), а већина виноградских површина је изложена сезонским дефицитима воде (током пролећа и лета), посебно у виноградима на северу земље где доминира полусушна клима (Aguilera et al., 2022). У Аргентини, виноградарска производња се одвија на и до 1.500 m надморске висине, и она у неким подручјима није могућа без примене наводњавања (регион Мендозе има просечну годишњу суму падавина 223 mm) (Riera и Brümmer, 2022). У Аустралији (град Кингрој, *Kingaroy*) просечна годишња количина падавина износи 780 mm, у Новом Јужном Велсу је 575,3 mm на надморским висинама преко 200 m, док је сума падавина у вегетационом периоду само 324,5 mm, у јужном делу Аустралије, у познатој виноградарској области Кунауара (*Coonawarra*) просечна годишња количина падавина износи 559,8 mm (Schlank et al., 2024), док око града Ренмарка она је 230 mm, а вегетациона 130 mm па производња није могућа без наводњавања (Куљанчић и Божовић, 2018). У Португалу, винова лоза је током лета често изложена јаком топлотном и водном стресу у већини унутрашњих региона. У винском региону Доуро/Порто укупна количина падавина у летњим месецима (јун-јул-август) је обично око 100 mm (Fraga et al., 2018). У Шпанији (Валенсија) клима је типична медитеранска и полусушна с просечном годишњом количином падавина од 422 mm (Buesa et al., 2021), док је нпр. у области Галиције клима атлантска са 900 mm од којих највећи део падавина падне ван вегетационог периода (Trigo-Córdoba et al., 2015). У Грузији (у виноградарској области Абхазети) годишња сума падавина износи 1.400 mm, у области Доњи Карпати 790 mm; у Јерменији, око главног града Јеревана 275 mm; у Азербејџану у брдовитим областима око града Гање је 300 mm; у полусушним пределима југозападног Ирана 386 mm (Tehrani et al., 2016); у централном планинском региону Израела је 415 mm (Drori et al., 2022); на северу Кине (подножје пустиње Гоби) 16-20 mm; у Индији око града Нашика, на надморским висинама преко 500 m износи 160 mm (Куљанчић и Божовић, 2018).

Наведени примери показују велики диверзитет подручја у којима се винова лоза мање или више успешно гаји. Примећују се велике амплитуде у просечним годишњим количинама падавина, као и у надморским висинама. Међутим, важно је познавати суму падавина у вегетационом периоду, али и распоред падавина. На неком подручју сума падавина може бити задовољавајућа, али ако је њихов распоред неравномеран, оне не обезбеђују влагу у критичним фазама развоја биљке, што представља ризик за одрживост винограда (Medrano et al., 2015). Исто тако, занимљив је пример виногорја Аргентине где је мала годишња сума падавина, али су падавине заступљене само током вегетационог периода (Куљанчић и Божовић, 2018). Закључује се да винова лоза успева у скоро свим географским подручјима, а ако јој се обезбеди наводњавање, може успевати и на ободима пустиња или пределима који се одликују неадекватним условима животне средине.

Потребе за водом винове лозе су различите кроз фазе развоја, али итекако зависне и од карактеристика виногорја у ком се узгаја. У виноградима медитеранских подручја уобичајена је пракса да се водни дефицит регулише током завршних фенофаза развоја грожђа. Међутим, на пример у Аустралији, најчешћа пракса је да се примењује мање воде у почетним фенофазама (Garofalo et al., 2023). Обе праксе показале су се као корисне за вино, као финални производ; у првом случају смањујући величину бобица ограничавањем доступне воде, а у другом ограничавајући вегетативни пораст. Истраживање Munitz et al. (2017) обављено у полусушном региону Израела, је у супротности са тим, јер је уочено да су недостаци воде у почетним фенофазама имали снажан негативан утицај на вегетативни пораст, масу бобица и принос по чокоту у поређењу са водним дефицитом након појаве шарка. Према добијеним подацима студије коју су спровели Ollé et al. (2011) у јужној Француској, дефицит воде у завршним фенофазама смањио је масу бобица код сорте Шираз (*Vitis vinifera* L. cv. *Shiraz*), док нису запажене разлике када је дошло до водног дефицита пре фенофазе шарка у поређењу са бобицама винове лозе која је била добро обезбеђена водом током целе сезоне. Intrigliolo et al. (2012) нису установили значајан утицај водног дефицита (у почетним или завршним фенофазама) на коначни принос у поређењу са пуним наводњавањем током целе вегетационе сезоне у јужној Шпанији. Jones и Davis (2000) и Rienth et al. (2021) наводе да је висока влажност земљишта неопходна у почетним фенофазама (бубрење окаца, развој цвасти), док суви и стабилни атмосферски услови од цветања до сазревања бобица доприносе оптималном развоју винове лозе.

У Србији, где су тренутно ретки случајеви примене наводњавања, сматра се да је за успешну виноградарску производњу потребно од 600 до 800 mm падавина (Žunić и Matijašević, 2009; Куљанчић и Божовић, 2018). Међутим, то варира у зависности од распореда падавина и типа земљишта, па се тако у северним и источним деловима Србије некада могу добити добри приноси и са годишњом сумом од 400 mm падавина, у централним 788 mm (нпр. Јеличко виногорје), док у јужним деловима и поред већих количина падавина, услед слабијих и земљишта мањег квалитета може доћи до смањених приноса. Стога, поред годишњих, много важније је узети у обзир количине падавина које се излуче током вегетационог периода. Кључни фактор за одрживу и стабилну производњу јесте равномеран распоред падавина у различитим фенофазама винове лозе.

Иако касно сазрева, грожђе винских сорти има мање потребе за водом у односу на остале гајене културе, а у складу са тим и мање водне дефиците, углавном између 200 и 300 mm у виnorodним регијама. Међутим, Vujadinović Mandić et al. (2022) истичу да се у већини ових регија бележи пораст учесталости дефицита воде изнад 300 mm, што указује на то да у блиској будућности успешна виноградарска производња неће бити оправдана без решеног питања сталног обезбеђивања винове лозе водом у периодима када је она најосетљивија на водни дефицит (фенофаза дозревања или шарка). Исто тако, примена наводњавања ће бити веома значајна због повећања и учесталости високих температура, које повећавају потребу за водом. Овакве праксе већ су примењене у окружењу, на подручју Требиња (Босна и Херцеговина), где су виноградарски емпиријски утврдили потребне количине воде за винову лозу, као и оптималан број наводњавања. Слични подаци добијени су и у Мостару, где ће према сценарију RCP8.5 потреба винове лозе за наводњавањем бити 440 mm воде (Stričević et al., 2019), док се прогнозира повећање годишње температуре до 5 °C и смањење годишњих падавина до 30%, а у летњој сезони (јун, јул, август) и до 40% до краја 21. века (Trbić et al., 2021).

#### 4.8. Утицај наводњавања на продуктивност винове лозе

Доступност воде утиче на састав и квалитет грозђа и стога се одговарајућа доступност воде у земљишту, према фенолошкој фази винове лозе, мора одржавати током вегетације да би се добило грозђе доброг квалитета (Deloire et al., 2004; Trigo-Córdoba et al., 2015). Досадашња истраживања у свету утврдила су значајне утицаје наводњавања на принос и квалитет грозђа.

Lizama et al. (2021) истраживали су утицај режима наводњавања на састав бобица винове лозе током трогодишњег експеримента. Спроведена су три режима наводњавања: 1) без наводњавања, тј. природни услови влажења, 2) редуковано (35% од евапотранспирације културе –  $ET_c$ ) и 3) пуно наводњавање (100%  $ET_c$ ). Резултати указују да је третман редукованог наводњавања испољио најбоље ефекте на важне параметре боје грозђа и вина, као и ароматичног састава грозђа у односу на друга два третмана. Такође, аутори истичу да концентрација алкохола и укупних киселина опада са порастом нивоа наводњавања, док се маса бобица повећава. Ефекте редукованог наводњавања на квалитативна својства винове лозе Каберне совинјон (*Vitis vinifera* L. cv. *Cabernet Sauvignon*) изучавали су Yang et al. (2020) током две узастопне године (2017-2018). Резултати ове студије потврђују да третмани редукованог наводњавања незнатно смањују масу бобица и укупни садржај киселина, али значајно повећавају садржај растворљивих сувих материја и рН шире. Према Alatzas et al. (2021) третмани редукованог наводњавања имали су снажан утицај на састав бобица, али и на физиолошке параметре винове лозе грчких сорти (*Vitis vinifera* L. cvs. *Agiorgitiko* и *Assyrtiko*) током 2019. и 2020. године. Према резултатима, недостатак воде је довео до смањења величине бобица и повећања нивоа растворљивих шећера, укупних фенола и антоцијана.

Zufferey et al. (2020) су током експеримента у трајању од 2009. до 2016. године (Швајцарска), установили да су физиолошке карактеристике беле сорте винове лозе (пораст и бујност ластара), као и агрономски параметри (принос и састав бобице грозда) били под позитивним утицајем режима наводњавања током вегетационог периода. Примењена су три режима наводњавања; у првом је наводњавање спровођено на недељном нивоу у периоду од цветања до сазревања плодова; други третман је подразумевао природно влажење, тачније, падавине које су се манифестовале током целе вегетације и трећи није обухватао наводњавање, већ је на земљиште постављена водоотпорна нерелефтујућа пластична фолија од цветања до бербе која је спречила инфилтрацију воде од падавина. Резултати истраживања указују да је у режиму без наводњавања винова лоза доживела водни стрес, а вино је окарактерисано као слабог квалитета (повишене ноте горчине).

Утицај редукованог наводњавања методом кап по кап на састав и квалитет вина неколико различитих сорти белог грозђа испитивали су López et al. (2009). Оглед је постављен у Кордоби, на југу Шпаније, а истраживање је трајало четири године (1999-2002). Ово подручје се одликује топлим, сувим летима, док су зиме кратке и хладне. Јул је најтоплији месец са најмањом количином падавина (<10 mm). Земљиште је по текстурној класи глиновита иловача. Систем за наводњавање методом кап по кап пуштан је од месеца јуна сваке огледне године. На основу примењена два режима наводњавања (режим са и режим без наводњавања) утврђено је да су вина која су била под режимом наводњавања показала повећање јабучне киселине и калијума, али је дошло до смањења рН вредности, изобутанола и изоамил-алкохола. Лошији квалитет укуса и визуелне карактеристике издвајају се као главни недостаци вина произведеног од ненаводњаване винове лозе. Аутори закључују да изостанак наводњавања током развоја и сазревања бобица представља обећавајућу технику за производњу висококвалитетних младих вина у полусушним подручјима, због постизања бољих резултата у очувању равнотеже укуса, свежине и интензитета ароме.

Утицај водног режима на ароматичне материје грожђа Александријског муската (*Vitis vinifera* L. cv. *Muscat of Alexandria*) током 2012-2014. године испитивали су Buesa et al. (2021) у Валенсији (Шпанија), у условима типичне медитеранске полусушне климе, са просечном годишњом количином падавина од 422 mm. Испитивани режими наводњавања су били: контрола (*Control* – C), наводњавање са 100% од процењене евапотранспирације културе ( $ET_c$ ) током целе вегетационе сезоне, наводњавање са сталним дефицитом (*Sustained deficit irrigation* – SDI), тј. наводњавање са 50% од  $ET_c$  током целе вегетационе сезоне; рани дефицит (*Early deficit* – EDI) где је наводњавање обустављено пре фенофазе шарка, док вредности водног потенцијала биљке не достигну  $-1,0$  МПа, након чега следи пуно наводњавање 100%  $ET_c$ , касни дефицит (*Late deficit* – LDI), наводњавање као у контроли све до шарка, а затим 25% од  $ET_c$ . Оглед је био постављен по потпуно случајном блок систему са четири понављања. Аутори закључују да су услови животне средине били преовлађујући фактори који су утицали на ароматичне материје грожђа Александријског муската, док су режими наводњавања имали способност да промене или ублаже ефекте временских услова. Тачније, ефекти оба фактора су међусобно деловали на састав слободних терпена, главне детерминанте укуса муската.

Утицај водног дефицита на концентрацију кључних ароматичних и фенолних материја у вину истраживали су Savoï et al. (2020) и установили да је утицај временских прилика и трајања водног стреса винове лозе био значајан, посебно када је водни дефицит детектован рано и трајао током целе вегетационе сезоне све до бербе. Стога, контролисан водни дефицит игра кључну улогу на састав вина. У сагласности са овим закључцима су и аутори Conde et al. (2007) и Cataldo et al. (2021) који тврде да климатски и земљишни услови у винограду (снабдевеност водом и температура ваздуха) у време зрења, могу значајно да утичу на развијеност и састав ароматичних материја.

Intrigliolo et al. (2016) су током три вегетациона периода (2009-2011) анализирали ефекте режима наводњавања методом кап по кап примењено након појаве шарка на карактеристике и састав бобица винове лозе. Установљено је да је винова лоза која се није наводњавала претрпела озбиљан водни стрес, што је резултирало смањењем величине бобица, док је у режимима наводњавања уочено повећање приноса од 26-30%. Исто тако, главни позитиван ефекат наводњавања био је смањење прекомерног накупљања шећера. Редуковано наводњавање смањује ниво водног стреса у фази пре појаве шарка што позитивно утиче на принос и квалитет бобица, док режим без наводњавања доводи до смањења броја бобица, истичу Wenter et al. (2018) у оквиру резултата двогодишњих истраживања утицаја режима заливања на карактеристике сорте винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Sauvignon blanc*) у јужном Тиролу. Експеримент је спроведен по случајном блок систему од 2014-2015. године у терасастом винограду на 500 m надморске висине. Гајена је сорта Сивињон бели на земљишту песковито иловасте текстуре. Вегетациони покривач у винограду чинила је мешавина травних врста које су кошене механички три пута током сезоне раста. Третмани наводњавања методом кап по кап су спроведени по истој експерименталној поставци у обе вегетативне сезоне: 1) пуно наводњавање (*Full irrigation* – FI), 2) редуковано (*Deficit irrigation* – DI), 50% од количине воде која је примењена у FI третману, и 3) третман без наводњавања (*Rain fed* – RF). Због различитих климатских услова између две године, укупна количина воде која је испоручена виновој лози на FI третману била је 72,3 mm у 2014. години и 262,7 mm у 2015. години. Винова лоза која се није наводњавала показала је значајно смањење приноса у поређењу са виновом лозом FI третмана ( $0,9$  kg чокоту<sup>-1</sup>). Ово смањење приноса је углавном изазвано мањим бројем бобица по грозду у RF третману у поређењу са FI третманом ( $-24$  бобица по грозду) и смањењем тежине бобица ( $-0,88$  g по бобици). Примењени DI третмани су такође показали смањење приноса у поређењу са приносима винове лозе на FI третманима ( $-30\%$  приближно) које није било значајно и које је углавном било изазвано смањењем просечне тежине бобица. Третмани наводњавања нису утицали на коефицијент родности и број оака по чокоту. На

крају, ова студија указује на то да је наводњавање било потребно током две узастопне сезоне како би се избегло смањење приноса сорте Совињон бели. Такође, и аутори Intrigliolo et al. (2012) су током трогодишњег огледа (2007-2009) у Валенсији (Шпанија) установили да су режими наводњавања повећали принос винове лозе Темпраниљо (*Vitis vinifera* L. cv. *Tempranillo*) до 58% у односу на ненаводњавану лозу, док разлике у приносу међу третманима са наводњавањем није било.

Утицај различитих режима наводњавања на принос, обојеност и биоактивна једињења бобица винове лозе истраживали су Conesa et al. (2016), у комерцијалном винограду на југоистоку Шпаније, у Мурсији. Експеримент је спроведен током три узастопне године (2011-2013) и испитивана су четири режима наводњавања; контрола - заливање са 110% сезонске евапотранспирације усева ( $ET_c$ ), редуковано наводњавање (*Regulated deficit irrigation* – RDI), делимично сушење коренова (*Partial root drying-zone* – PRD) – слично редукованом наводњавању, само је организовано наизменично, на сваких 10-14 дана и режим без наводњавања (*Null irrigation treatment* – NI). Установљено је да третмани RDI и PRD нису значајно утицали на укупан принос и квалитет грожђа приликом бербе. До смањења приноса и тежине гроздова довео је само третман без наводњавања. Сви третмани са наводњавањем побољшали су обојеност бобица и обезбедили већи принос у првој берби у поређењу са контролним третманом.

Trigo-Córdoba et al. (2015) су изучавали ефекте редукованог наводњавања на карактеристике винове лозе белих сорти (*Vitis vinifera* L. cvs. *Godello* и *Treixadura*) у области Галиција (Шпанија), током три узастопне вегетационе сезоне (2012-2014). Винова лоза која је добијала воду само од падавина поређена је са третманом који је наводњаван са 50% евапотранспирације усева ( $ET_c$ ) непосредно након цветања до две недеље пре бербе (до средине августа). Интервали заливања били су од 3 до 5 дана у недељи, у зависности од потребне количине воде, како се не би испоручило више од 3 mm дневно (еквивалентно 50% дневног  $ET_c$ ). Према резултатима, обе сорте су показале повољнији водни биланс у условима наводњавања. Међутим, није утврђена значајна разлика у проводљивости стома и параметрима флуоресценције хлорофила између третмана. Наводњавање није утицало на принос, осим 2014. године код сорте *Treixadura* (повећање од 25%). Напротив, наводњавање је отежало резидбу, тј. повећало масу ластара за 15% код обе сорте. Укупне растворљиве чврсте материје у шири су смањене, а укупна киселост повећана са наводњавањем. Ипак, вина су била веома слична у оба третмана. Продуктивност воде била је већа у условима без наводњавања за *Godello*, што је довело до сличних приноса код оба третмана, али са нижим трошковима производње за третман без наводњавања. У случају сорте *Treixadura*, само у последњој огледној години, процењени су знатно већи приноси код третмана са наводњавањем, што не оправдава коришћење система за наводњавање. Аутори закључују да се наводњавање не чини економски исплативом пољопривредном праксом у условима овог испитивања.

Сличне закључке констатовали су и Alvarez Arredondo et al. (2023) анализирајући ефекте наводњавања током вегетације на параметре винове лозе *Vitis vinifera* L. cv. *Zinfandel* у Калифорнији (САД). Експеримент по потпуно случајном блок систему реализован је током 2021. године. Третмани су укључивали младу лозу (5-12 година), контролну лозу (однос старе и младе лозе 2:1 репрезентативне за блок) и стару лозу (40-60 година), а свака старосна ознака укључивала је наводњавану и ненаводњавану лозу. Режим наводњавања успостављен је путем израчунавања просечне процењене потрошње воде за сваку старосну групу винове лозе. Коришћени су подаци о засенченој површини, евапотранспирацији усева ( $ET_c$ ) и коефицијенту усева ( $K_c$ ). Норма наводњавања за младу лозу износила је  $141,95 \text{ l}\cdot\text{чокоту}^{-1}$ , а за контролну лозу укупно је примењено  $160,88 \text{ l}\cdot\text{чокоту}^{-1}$ . Резултати су показали да нема значајних промена у фенолошкој прогресији, старењу листова или механичкој анализи бобица када је наводњавање додато виновој лози, јер је су разлике биле изазване старошћу винове лозе за већину мерених параметара. Наводњаване лозе су биле нешто напредније у

фенолошком расту и прогресији старења у поређењу са лозом која се узгајала без наводњавања. Целокупни резултати сугеришу да пракса примене допунског наводњавања током вегетације (под условом да су зимске падавине или допунско зимско наводњавање довољно), нема значајних утицаја на параметре винове лозе. Наводњавање није неопходна мера у условима овог поднебља, чак и у периодима када наступи суша.

Утицај наводњавања на принос и квалитет бобица винове лозе испитивали су Caruso et al. (2023) током двогодишњег (2018-2019) експеримента у Пизи (Италија). Винова лоза сорте Санђовезе (*Vitis vinifera* L. cv. *Sangiovese*) старости 6 година, калемљена је на две подлоге SO4 и Паулсен 1103. Годишња количина падавина износила је 934, односно 970 mm у 2018. и 2019. години, док је потенцијална евапотранспирација ( $ET_c$ ), израчуната према Penman-Monteith методи, тих истих година износила 927 mm и 900 mm. Примењена су три различита режима наводњавања: пуно наводњавање (*Full Irrigation* – FI), редуковано наводњавање 1 (*Regulated Deficit Irrigation 1* – RDI 1) и редуковано наводњавање 2 (*Regulated Deficit Irrigation 2* – RDI 2). Винова лоза у режиму FI добијала је воду од почетка вегетације до бербе, док је винова лоза у режимима RDI 1 и RDI 2 примала (34-49% пуног наводњавања) од почетка бубрења окаца до шарка и од шарка до бербе. Редуковани режими наводњавања значајно су утицали на водни статус винове лозе пре и после шарка. Недостатак наводњавања од почетка бубрења окаца до шарка успорио је вегетативни раст више од наводњавања примењеног од шарка до бербе. За обе експерименталне године на принос винове лозе наводњавање није имало утицај. Наводњавање је имало значајан утицај на производно-технолошке параметре бобица и шире (режим RDI 1 је индуковао највећу концентрацију антоцијана бобица и најнижу титрабилну киселост (*Titrate acidity* – TA) ( $TA=14,0 \pm 5,2$  и  $15,9 \pm 0,9$  g·L<sup>-1</sup>) која се повећавала у режиму RDI 2 ( $TA=22,2 \pm 2,1$  и  $20,3 \pm 1,0$  g·L<sup>-1</sup>)). RDI режими нису променили масу бобица у грозду и укупне феноле. Pérez-Álvarez et al. (2021) су од 2012-2014. године анализирали реакцију винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Bobal*) на три режима наводњавања: 1) без наводњавања, природни услови снабдевености водом, 2) редуковано наводњавање (35% од  $ET_c$ ) и 3) пуно наводњавање (100% од  $ET_c$ ). Ненаводњавана винова лоза имала је мањи принос, али више садржаја шећера и укупних фенола, као и нижу рН вредност у вину, у односу на друге режимо. Квалитет грозђа на третману редукованог наводњавања имало је средње вредности између пуног наводњавања и природног влажења. Аутори закључују да редуковано наводњавање може бити врло ефикасна стратегија која омогућава усклађивање технолошке и фенолне зрелости, позитивно утичући на својства грозђа. По истраживању Roby et al. (2004) водни дефицит винове лозе имао је значајан утицај на хемијски састав бобица, а посебно на количину танина и антоцијана. Иако је резултовао смањењем величине бобица, дефицит воде је довео до повећања концентрације танина и антоцијана у покожици бобица.

Drori et al. (2022) истраживали су утицај времена почетка наводњавања на фенолни састав и квалитет вина у засаду који се налази у врхунском виноградарском региону, у планинском пределу Израела. Виноград је засађен током 2007. године сортом Каберне совинјон (*Vitis vinifera* L. cv. *Cabernet Sauvignon*). Експеримент је спроведен по случајном блок систему, са четири понављања од пет третмана наводњавања. У свим третманима са наводњавањем (наводњавање током избијања пупољака винове лозе и наводњавање током каснијих фенофаза), количине воде су израчунате као проценат евапотранспирације усева ( $ET_c$ ). Вегетација је подељена у три фазе развоја бобица: фаза I од цветања до формирања грозда, фаза II од формирања грозда до шарка и фаза III од шарка до бербе. Количине воде су примењиване једном недељно на третмане са наводњавањем од 40%  $ET_c$  током фазе I, 15%  $ET_c$  у фази II и 10%  $ET_c$  током фазе III развоја бобица. Примењена норма наводњавања била је 113 mm по сезони (наводњавање током избијања пупољака) и 20 mm за третмане по осталим фенофазама (три фазе). Резултати показују да је одлагање почетка наводњавања у истраживању довело до смањења приноса, броја гроздова, као и смањења бобица. Вино произведено од винове лозе која је касније наводњавана (током остале три фазе) истакло се

интензивнијом бојом изразите нијансе и већим количинама укупних фенола, што утиче на квалитет и атрактивност вина. Дакле, за производњу врхунског вина, вештим одлагањем почетка наводњавања, винарија може да смањи приносе и добије квалитетније вино, богатије једињењима боје и укуса. Такође, према Munitz et al. (2017) недостаци воде у раним фенофазама (до почетка сазревања бобица – шарак) имали су снажан негативан утицај на вегетативни раст, масу бобица и принос по чокоту у поређењу са касним дефицитом воде (после шарка) винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Merlot*) током експеримента у трајању од 2009-2012. године у Израелу.

Ефекат наводњавања на принос и физиолошке параметре винове лозе изучавали су Tehrani et al. (2016) у Ирану током двогодишњег огледа (2010-2011) и (2011-2012). Истраживано подручје има полусушну климу са просечном количином падавина од 386 mm, релативном влажношћу ваздуха од 50% и максималном температуром од 34 °C. Због суше која се јавља, допунско наводњавање је коришћено како би ублажило овај проблем и то у оквиру шест третмана: 1) наводњавање током марта када је биљка још у стању мировања (I1), 2) наводњавање током априла (I2), 3) наводњавање током маја (I3), 4) наводњавање током јуна (I4), 5) наводњавање током марта и априла (I5) и 6) без наводњавања (I6). Количина воде примењена за третмане I1-I4 била је константна и износила је 500 l, третман I5 је добио 1.000 l (у два дела по 500 l у марту и априлу), а третман I6 није добијао воду. Утврђено је да је третман допунског наводњавања током маја значајно повећао принос грожђа у обе године испитивања. Иако је винова лоза у овом третману добијала мање воде у односу на остале третмане, достигнута је максимална тежина бобица, што указује на ефикасно коришћење воде.

Han et al. (2023) су осматрали утицаје наводњавања методом кап по кап на принос и квалитет винског грожђа у северној Кини. Винова лоза (*Vitis vinifera* L. cv. *Cabernet Sauvignon*) посађена је 2010. године на песковитој иловачи. Норма заливања износила је 25 mm, 20 mm и 15 mm за сваки третман редом, ИН (*Irrigation high*), ИМ (*Irrigation medium*) и ИЛ (*Irrigation low*). Примена третмана започета је са пупљењем окаца, а завршена три недеље пре бербе. Закључује се да је наводњавање имало значајан утицај на принос, титрабилну киселост и однос шећера и киселина. У поређењу са ИН третманом, ИМ третман је смањио титрабилну киселост за 3,3% и повећао однос шећера и киселина за 12,2%, а третман ИЛ је смањио титрабилну киселину за 10,7% и повећао однос шећера и киселина за 20%. Сличном проблематиком бавили су се и Li et al. (2020) током огледа у трајању од три године (2015-2017) на виновој лози сорте (*Vitis vinifera* L. cv. *Frey*) у Синђијангу (Кина). Три режима наводњавања спроведена су методом кап по кап и означена као W 60% (*Low irrigation*), W 80% (*Medium irrigation*), W 100% (*Full irrigation*), што чини 60%, 80% и 100% од  $ET_c$ . Резултати показују да индекс лисне површине (LAI), садржај витамина C, титрабилна киселост, садржај минералних материја и принос грожђа расту са повећањем количине додате воде. Свој максимум су достигли под пуним наводњавањем (W 100%).

Циљ истраживања Romić et al. (2020) био је проучавање утицаја различитих режима наводњавања на карактеристике винове лозе Бабић (*Vitis vinifera* L. cv. *Babic*), спроведеног у две вегетационе сезоне током 2015. и 2016. године. Примењено је наводњавање методом кап по кап на основу дневног биланса воде. У данима без кише количина воде потрошена на процес евапотранспирације надокнађена је наводњавањем. У кишним данима, наводњавање је одложено док  $ET_c$  не потроши збир ефективних падавина. Спроведена су четири третмана: 1) без наводњавања, тј. природни услови влажења (*Control – C*), 2) наводњавање 50% од  $ET_c$ , 3) наводњавање 75% од  $ET_c$  и 4) наводњавање 100% од  $ET_c$ . Утврђено је да су третмани наводњавања утицали на компоненте приноса и квалитет грожђа, повећали површину листова, брзину фотосинтезе и просечну брзину транспирације. Позитивни ефекти наводњавања у обе експерименталне сезоне били су повезани са повећаним приносом и растворљивим чврстим материјама у бобицама, као и шећерима и фенолним сазревањем. Ипак, водни стрес винове лозе на третману без наводњавања позитивно је утицао на

концентрације антоцијана и других фенолних материја у обе године истраживања. Екстремно високе температуре у 2015. години смањиле су принос грожђа и садржај антоцијана у грожђу ненаводњаване лозе, као и у свим третманима наводњавања. У складу са наведеним, наводњавање је било ефикасно у смањењу ових негативних ефеката, осим у садржају антоцијана.

У нашој земљи, Stikić et al. (2011) су се бавили наводњавањем сорте Ризлинг (*Vitis vinifera* L. cv. *Riesling*) на Огледном добру Пољопривредног факултета Универзитета у Београду „Радмиловац“ које се налази недалеко од винограда „Плавинци“. Циљ испитивања био је могућност примене редукованог наводњавања у климатским условима Грочанског виногорја. Експеримент је спроведен током 2007. године и било је успостављено два режима наводњавања методом кап по кап током јула и августа: FI (*Full irrigation* – пуно наводњавање) и RDI (*Regulated deficit irrigation* – редуковано наводњавање), када је примењено 60% количине воде пуног наводњавања. Норма наводњавања је износила 67 mm за FI и 44 mm за RDI третман. Резултати су показали да се принос и садржај суве супстанце у бобицама винове лозе нису разликовали између RDI и FI третмана, док је укупна киселост и антиоксидативна активност у бобицама заједно са ефикасношћу коришћења воде (WUE – *Water use efficiency*) значајно порасла под дејством редукованог наводњавања. Закључује се да примена редукованог наводњавања омогућава значајну уштеду воде, повећава ефикасност њеног коришћења (IWUE – *Irrigation water use efficiency*) и одржава принос на нивоу са FI. Аутори наглашавају вредност RDI методе као дугорочно одрживог решења за управљање водом у виноградарству у условима климатских промена на територији Србије.

#### 4.9. Фенологија винове лозе и примена метода даљинске детекције

Фенологија представља круцијалну компоненту у управљању виноградарском производњом (De Ressaúier et al., 2020; Altimiras et al., 2024). Њен циљ јесте да опише узроке промена у одређеном временском периоду, тражећи везе између климатских показатеља и датума одређених догађаја током пораста биљке (Куљанчић и Божовић, 2018). Фенологија детектује одговор винове лозе на околину и покушава да предвиди њено понашање у специфичним условима средине. Пупљење, цветање, шарак и зрелост су кључне фазе раста винове лозе (Ruml et al., 2016; Muñoz-Organero et al., 2022; Altimiras et al., 2024; Espinosa-Roldán et al., 2024). Свака фенофаза се одликује одређеним морфолошким променама органа и физиолошких процеса. Редослед настанка сваке фенофазе условљен је генетски, али дужина трајања зависи од сорте, лозне подлоге, метеоролошких услова локалитета, карактеристика рељефа и сл. (Матијашевић, 2021; Colibaba et al., 2024). Промене климе, условиле су да фенологија винове лозе тежи ранијој појави њених фаза, праћених променом квалитета (садржај шећера и киселина) њеног крајњег продукта – вина (Jones и Webb, 2010; Tomasi et al., 2011; Piña-Rey et al., 2020; Droulia и Charalampopoulos, 2022).

Померање фенолошких фаза је један од највидљивијих знакова климатске варијабилности и промена у биосфери (Fernandez Conde et al., 2023; Rafique et al., 2024). Међутим, моделирање фенолошких одговора биљака одувек је био кључни изазов због климатске варијабилности и прилагођавања биљака (Piao et al., 2019; De Ressaúier et al., 2020; Yang et al., 2023). С обзиром на то да је винова лоза фенолошки осетљива култура јер различите временске варијабле утичу на њену фенологију, температура ваздуха се сматра њеним главним покретачким фактором (Jones и Davis, 2000; Sadras et al., 2013; Van Leeuwen и Darriet, 2016; Camargo-Alvarez et al., 2020; Parker et al., 2020; Muñoz-Organero et al., 2022; Colibaba et al., 2024; Rafique et al., 2024). Jones и Davis (2000) су закључили да је дужина вегетације директно повезана са средњом температуром ваздуха током вегетационог периода. Поред температуре, дужина вегетације може бити повезана и са влагом у земљишту, квалитетом сорте, као и праксама управљања производњом (Webb et al., 2012;

Muñoz-Organero et al., 2022), док продужени летњи периоди екстремно високих температура могу утицати на успоравање физиолошких процеса у виновој лози (De Ressaúier et al., 2020; Colibaba et al., 2024).

Стога, прецизна процена времена настанка ових развојних фаза је приоритетна за побољшање виноградарске производње (Cola et al., 2014; Costa et al., 2019). Предикција наступања фенофаза винове лозе у измењеним климатским условима предмет је многих истраживања широм света (Jones и Davis, 2000; Webb et al., 2007; Mesterházy et al., 2014; Ruml et al., 2016; Fraga et al., 2016; Hall et al., 2016; Ramos et al., 2017; Omazić et al., 2023).

Савремене технологије у прецизном виноградарству се користе за побољшање продуктивности и приноса винове лозе, укључујући даљинску детекцију помоћу које је могуће пратити стање вегетације, снабдевеност водом, хранљивим материјама итд. (Giovos et al., 2021; López-García et al., 2021; Gavrilović et al., 2024; Crespo et al., 2024). Даљинска детекција је научна метода истраживања која прати развој рачунарске технике, те доживљава експанзију заједно са њом. Елементи који учествују у поступцима примене даљинске детекције су: предмет истраживања, електромагнетна енергија, сензор, платформа, снимак, анализа даљинских снимака, интерпретација и информација за употребу, односно обрађен податак даљинске детекције (Милановић и сар., 2020). Први резултати и примена прецизне пољопривреде објављени су 1999. године. Исте године, почиње да се уводи прецизно виноградарство чији је циљ управљање варијабилности приноса и развоја поделом винограда на управљачке зоне (Arnó Satorra et al., 2009). Са овим видом управљања, повећавају се приноси, а у исто време смањују негативни утицаји на животну средину (Arnó Satorra et al., 2009; Somkuwar и Naik, 2024).

Прецизно виноградарство представља важну меру адаптације на климатске промене, која омогућава ефикасно управљање целокупним вегетационим периодом винове лозе, укључујући и праћење временских услова, влажности земљишта, биљног покривача винове лозе и штеточина. Употреба иновативних технологија попут сензора, дрона и других метода даљинске детекције омогућава детаљно праћење микроклиме винограда и стања земљишта, што је од пресудног значаја за одржавање високог квалитета грозђа (Ferro et al., 2023; Sun et al., 2023; Wei et al., 2023). Овај приступ комбинује напредне технологије као што су GPS (*Global Positioning System*) и вештачка интелигенција, чиме се значајно унапређује отпорност виноградарских управљачких зона на неочекиване климатске догађаје (Bellvert et al., 2021; Wei et al., 2023; Atak, 2024; Gavrilović et al., 2024).

## 5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

### 5.1. Опис локалитета и поставка огледа

#### *Опис локалитета*

Експеримент је постављен у засаду винове лозе који припада сертификованој органској винарији „Плавинци“ (44°41' N; 20°41' E). Огледни засад се налази у непосредној близини Гроцке, на око 1 km од Дунава и 35 km од Београда, на 176 m н.в. и нагибом од 10%. Виноград припада Београдском виноградарском рејону, Грочанском виногорју. Локација огледне парцеле приказана је на **слици 1**. Виноград Плавинци заузима површину од 15 ари.



Слика 1. Географски положај винограда винарије „Плавинци“

Грочанско виногорје је како по површини, тако и по броју винограда, највеће виногорје у Београдском рејону. Доминирају стоне сорте, које се гаје на 93,7% површина свих винограда у виногорју (Иванишевић и сар., 2015). Већи део рејона се простире на надморским висинама од 100 m до 300 m, али се предели где се простиру виногорја налазе углавном на надморским висинама од 150 m до 250 m. Карактеристичан положај општине Гроцка је одређен непосредним контактом са Дунавом, а развитак и физиономија речне мреже је последица развоја долине Дунава на јужном панонском ободу. Долина Дунава представља најупечатљивији морфолошки облик ове територије те утиче на остале географске факторе.

Винарија „Плавинци“ обухвата три локације на којима се простиру засади белих и црних винских сорти, а то су: Плавинци – где је вршено истраживање (Слика 2), Провалије и Макино брдо. Специфичност винарије „Плавинци“ се огледа у томе што је један од пионира у српском органском виноградарству, па се цела производња води по строгим принципима органске производње грожђа по закону Републике Србије (Закон о органској производњи – „Службени гласник РС“ бр. 30/2010 и 17/2019). Органска производња обухвата читав низ начела који чине одрживи систем управљања, као што су: подржавање природних система функционисања, одржавање и побољшавање стања различитих сегмената животне средине – земљишта, воде и ваздуха, здравља биљака и животиња и баланса између њих, коришћења механичких, а не хемијских метода при обради и нези засада, искључивање употребе генетски модификованих организама итд.



Слика 2. Виноград Плавинци у којем је вршено истраживање

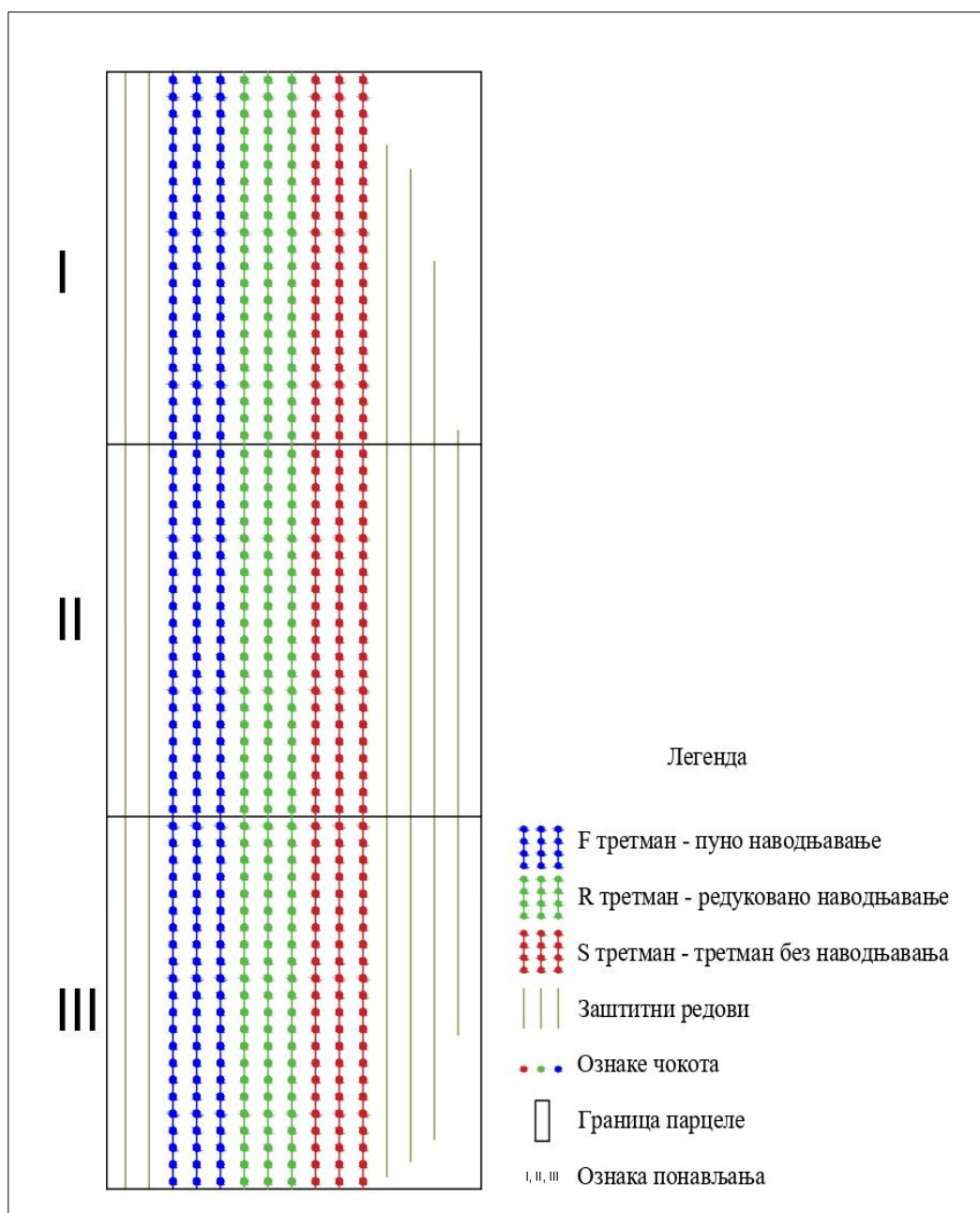
#### Поставка огледа

Виноград у коме су вршена двогодишња (2021-2022) експериментална истраживања подигнут је 2010. године. Истраживани виноград је под засадом беле винске сорте винове лозе Панонија (*Vitis vinifera* L. cv. *Panonia*) која је окалемљена на подлози SO4. Формирани узгојни облик је *Smart-Dyson* и оваквим начином узгоја обезбеђена је добра прозрачност шпалира чиме се омогућава оптимална инсолација и проветреност. Просечна дужина редова је око 60 m, размак између редова је 1,8 m, док је размак између чокота 0,9 m. При подизању засада, вршено је равнање терена, а од 2012. године међуредни простор је затрављен травно легуминозном смешом, а подсејане су и бела и црвена детелина.

Виноград се минимално обрађивао (*no-till system*). Агротехника и примена средстава за заштиту биља током вегетационог периода вршила се према уобичајеној технологији гајења и у складу са принципима органске производње. Укупна површина огледа износила је 888,71 m<sup>2</sup>. Укупан број чокота захваћених огледом је 627. Поставка експеримента је била идентична током обе године истраживања.

Оглед је постављен по блок систему у три понављања (Слика 3). Примењивани су различити режими наводњавања и испитивали утицаји на особине грозда и бобице сорте Панонија. Наводњавање је обављено методом кап по кап и било успостављено у три режима у три понављања:

- 1) Третман са пуним наводњавањем када је обезбеђено 100% од  $ET_c$  (евапотранспирације културе), **F**;
- 2) Третман редукованог наводњавањем када је обезбеђено 50% од  $ET_c$ , **R** и
- 3) Третман без наводњавања – контролни третман у природном режиму влажења, **S**.



Слика 3. Шематски приказ огледне површине у винограду Плавинци са третманима наводњавања

Сваки режим заливања обухватао је по три реда (укупно 9 редова), а понављања су била успостављена у оквиру реда. Због нагиба терена (10%) коришћени су латерали са капаљкама са компензацијом притиска, како би капање било униформно у читавом засаду. Растојање између капаљки износило је 30 cm, а протицај капаљке био је  $2 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ . (Слика 4).



Слика 4. Постављени систем за наводњавање методом кап по кап

## 5.2. Сорта Панониа

У овом истраживању коришћена је бела винска сорта винове лозе Панониа. Створена је на Огледном добру Пољопривредног факултета Универзитета у Новом Саду у Сремским Карловцима, укрштањем Рајнског ризлинга са домаћим вредним генотипом СК 86-2/293. Творци ове сорте су Нада Кораћ, Петар Циндрић и Владимир Ковач, а призната је 2003. године. Ова сорта се налази на 60. месту по заступљености у комерцијалним засадама. Највеће површине под овом сортом су у рејону Три Мораве, Бачком и Поцерско-Ваљевском виноградарском рејону виноградне Србије<sup>3</sup>.

Панониа има растресит и криласт грозд, а бобице су округле, мале, зеленожуте боје pokožице (Слика 5) и сочног мезокарпа, пријатног укуса. У односу на Рајнски ризлинг, вегетацију започиње раније за отприлике 4 дана и раније сазрева, за око две недеље. У агроеколошким условима Грочанског виногорја сазрева у другој декади августа месеца, последњих година са тенденцијом померања периода сазревања 10 и више дана раније. Развија мали број ластара усправног раста, док су заперци врло слабог пораста. Увек има редак и уредан шпалир (Матијашевић, 2021). Карактеристична је по томе што има високу отпорност на пламењачу (коју узрокује гљивица *Plasmopara viticola*) и пепелницу (коју узрокује гљивица *Oidium Tuckeri*), а уколико се берба обавља на време, није осетљива ни на сиву плесан (коју узрокује гљивица *Botrytis cinerea*) (Korać et al., 2009). Отпорна је и на ниске зимске температуре и даје квалитетно, хармонично вино fine ароме. Панониа је сорта која је врло погодна за органску производњу вина и има велики потенцијал накупљања шећера (преко 20%).

<sup>3</sup> <https://cevvin.rs/sorte-vinove-loze-srbije/domace-stvorene-sorte/bele-vinske-sorte/panonia/>



Слика 5. Винска сорта Панониа

### 5.3. Фенолошка осматрања

За детекцију наступања, трајања и завршетка фенолошких фаза развоја (време кретања окаца, почетак и дужина трајања цветања, развој зелених бобица, шарак, време сазревања) код сорте Панониа, коришћена је ВВСН (*Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie*) идентификациона скала за детаљнија фенолошка испитивања винове лозе (Lorenz et al., 1994). Скала је подељена на десет јасно препознатљивих фаза карактеристичних по времену трајања. Главне фазе раста описане су редом бројевима од 0 до 9 у растућем низу, а свака фаза је подељена на секундарне фазе раста (0-9). Двоцифрен код је везан за сваку фазу раста. У **табели 1.** приказане су анализирани фенофази са одговарајућим кодовима на терену, а на **слици 6.** представљене су фенофази развоја сорте Панониа.

**Табела 1.** ВВСН идентификациона скала фенофаза винове лозе праћених кодова на терену

ВВСН код	Фенофаза развоја	Елементи описа
01 03	Активирање окаца	Бубрење окаца, пупољци се шире и почињу да се увећавају, љуспице се шире, на крају су окца набрекла
61 65 69	Цветање	Почетак цветања се детектује када је 10% цветова отворено, пуно цветање када је 50% цветова отворено, и крај када су сви цветови отворени
73 75	Развој бобица	Бобице почињу да се увећавају све до величине зрна грашка
81 89	Шарак Сазревање бобица	Бобице мењају боју, креће зрење Бобице потпуно зреле за бербу

Просечно трајање фенофаза винове лозе може значајно варирати у зависности од сорте, климатских услова, земљишних карактеристика и других фактора, једном речју од *terroir*-а. За почетак вегетације одређена је фенофаза пупљења, односно активирање окаца. Почетак пупљења наступа када су повољни температурни услови, тачније када је средња дневна температура била бар 10 °C пет или више узастопних дана. Уколико је температура ваздуха у

претходном периоду била виша, доћи ће за краће време до активирања окаца. Фаза цветања наступа отприлике 7-10 недеља након пупљења. У случају сорте Панонија, то је углавном 8 недеља. У климатским условима Србије, ова фенофаза наступа током маја, када је у питању истраживана сорта. Цветови на једној цвасти се не отварају истовремено. Трајање цветања у директној је зависности од средње дневне температуре ваздуха. Неповољни временски услови могу утицати на ову фазу. На пример, киша има негативан утицај на оплодњу (нарочито код функционално женских цветова), хладно време са мразевима може допринети продужавању или заустављању цветања, заустављању формирања цветова или сам процес оплодње, а сув ваздух може изазвати осипање цветова. Фенофаза развоја бобица одликује се неравномерним порастом бобица у грозду, бобице су зелене боје као и остали зелени делови лозе и фотосинтетски су активне. За правилно одвијање ове фенофазе неопходни су одговарајући климатски елементи (температура ваздуха, влажност ваздуха и земљишта, повољна осветљеност) и адекватна количина хранљивих материја. У овој фази долази до повећаног садржаја шећера и органских киселина у бобицама. Након ове фенофазе, наступа шарак – сазревање бобица, када долази до њихових значајних морфолошких и физиолошких промена. Грашак зелену боју бобица (код белих сорти), замењује зелено-жућкаста са разним нијансама. У овој фенофази тврде бобице омекшају и мењају укус. Током сазревања грозђа велику важност има топло и суво време. Моменат пуне зрелости грозђа је одређен на основу неколико мерења садржаја шећера и укупних киселина у шири. Грозђе је убрано када се садржај шећера није повећавао, а киселина није смањивала у односу на неколико претходних узастопних мерења.



Слика 6. Развојни стадијуми сорте винове лозе Панонија (од цветања до финалног производа – вина)

#### 5.4. Климатске карактеристике и метеоролошка осматрања

Клима у подручју винограда Плавинци је умерено-континентална са компонентама средњеевропске и медитеранске климе. Просечна годишња температура ваздуха је 12,1 °С, најхладнији месеци су јануар са просечном минималном температуром (-2,6 °С) и фебруар (-1,3 °С), док су најтоплији јул (29,4 °С) и август (29,5 °С). Просечна минимална температура ваздуха је 6,6 °С, а просечна максимална 17,7 °С. По највећој вредности средње максималне температуре од 31,1 °С издваја се дан 24.07.2007. године.

У овом истраживању, за приказ климе коришћени су дневни подаци о температурама и падавинама за двадесетогодишњи референтни период 1998-2017, за локалитет Плавинци који су извучени из просторно интерполисаног сета осматраних података са синоптичких и климатолошких станица Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије. Просечне вредности најзначајнијих параметара су приказане у **табели 2**.

Просечна годишња сума падавина за период претходних 20 година износи 702,4 mm. Максимална вредност суме падавина од 1053,7 mm се јавила током 2014. године, а минимална од 313,4 mm за време сушне 2000. године. Просечна сума падавина током вегетационог периода (од марта до новембра) је 549,3 mm (максимум 927 mm, минимум 214 mm). Највећа просечна количина падавина је у мају и јуну (73,1 mm и 85,3 mm, редом).

**Табела 2.** Просечне месечне вредности најзначајнијих климатских параметара за период од 1998. до 2017. године за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална температура;  $T_{\max}$  – максимална температура;  $T_{sr}$  – средња температура) и падавине (P)

Период (1998-2017)				
Месец	$T_{\min}$ (°C)	$T_{\max}$ (°C)	$T_{sr}$ (°C)	P (mm)
Јануар	-2,6	4,7	1,1	55,0
Фебруар	-1,3	7,4	3,1	43,6
Март	2,1	13,0	7,6	52,0
Април	6,3	18,7	12,5	49,5
Мај	10,5	23,5	17,0	73,1
Јун	14,2	27,0	20,6	85,3
Јул	15,7	29,4	22,5	66,7
Август	15,1	29,5	22,3	50,2
Септембар	11,2	23,7	17,5	62,4
Октобар	6,7	18,2	12,5	59,5
Новембар	2,4	11,8	7,1	50,6
Децембар	-1,4	5,5	2,0	54,5
<b>Минимум</b>	<b>-2,6</b>	<b>4,7</b>	<b>1,1</b>	<b>43,6</b>
<b>Максимум</b>	<b>15,7</b>	<b>29,5</b>	<b>22,5</b>	<b>85,3</b>
<b>Година</b>	<b>6,6</b>	<b>17,7</b>	<b>12,1</b>	<b>702,4</b>
<b>Вегетација</b>	<b>9,4</b>	<b>21,6</b>	<b>9,0</b>	<b>549,3</b>

Прикупљање података о временским условима током трајања експерименталних истраживања извршено је коришћењем аутоматске метеоролошке станице која се налази у склопу винарије на надморској висини од око 170 m и удаљена је око 10 m од огледног засада (период 2015-2022. година). Поред метеоролошке станице, у централном делу огледног винограда у периоду 2021-2022, када су испитивани различити режими наводњавања на висину од 2 m постављен и даталогер (*Data Logger 210 Dostmann electronic GmbH*) који је на сваких сат времена континуирано мерио температуру и влажност ваздуха (**Слика 7**).



Слика 7. Метеоролошка станица и даталогер у огледном винограду

Вредности просечних температура ваздуха (минималне, максималне, средње) и суме падавина за период (2015-2022) приказане су у **табели 3**.

**Табела 3.** Годишње и просечне вредности температура и падавина за период од 2015. до 2022. године за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална;  $T_{\max}$  – максимална;  $T_{sr}$  – средња) и падавине (P)

Период 2015-2022. год.				
Година	$T_{\min}$ (°C)	$T_{\max}$ (°C)	$T_{sr}$ (°C)	P (mm)
2015	9,7	18,2	13,9	634,3
2016	9,6	18,4	14,0	752,0
2017	9,1	18,3	13,7	490,8
2018	10,0	18,7	14,3	465,4
2019	10,0	20,0	15,0	543,8
2020	9,3	19,2	14,2	494,4
2021	8,9	18,2	13,5	614,8
2022	14,5	19,5	17,0	460,2
<b>Просек</b>	<b>10,1</b>	<b>18,8</b>	<b>14,5</b>	<b>557,0</b>

Просечне вредности осмотрене током периода 2015-2022 указују на позитивну аномалију температура ваздуха (3,5 °C, 1,1 °C и 2,4 °C за  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и  $T_{sr}$ , редом) у односу на двадесетогодишњи референтни период (1998-2017). По највишој температури издваја се 2019. година са вредношћу просечне максималне температуре од 20 °C, док се друга огледна година, тј. 2022. истиче по највишим вредностима просечне минималне (14,5 °C) и средње температуре (17 °C). Просечна годишња сума падавина за период (2015-2022) износи 557 mm, док је у периоду (1998-2017) износила 702,4 mm, што је мање од просека из референтног периода. По највећим сумама падавина издвајају се 2016. и 2015. година (752 mm и 634,3 mm, редом). Просечне месечне вредности најзначајнијих климатских параметара током двогодишњих истраживања (2021-2022) и просечне годишње вредности за локалитет Плавинци представљене су у **табели 4**.

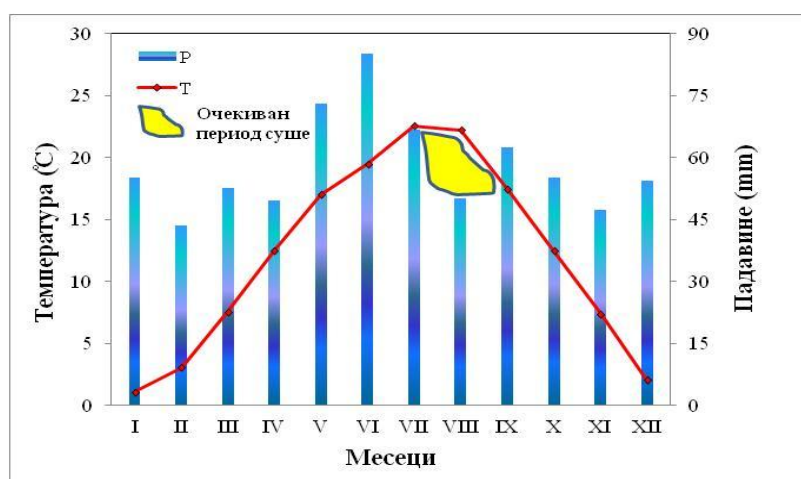
**Табела 4.** Просечне месечне вредности најзначајнијих климатских параметара током вегетационог периода двогодишњих истраживања (2021-2022) и просечне годишње вредности за локалитет Плавинци: температура ваздуха ( $T_{\min}$  – минимална;  $T_{\max}$  – максимална;  $T_{sr}$  – средња), падавине (P), осунчаност – трајање Сунчевог сјаја у сатима (SS), релативна влажност ваздуха (RH) и брзина ветра (V)

Просечне месечне вредности током периода трајања огледа (2021-2022)								
Година	Месец	$T_{\min}$ (°C)	$T_{\max}$ (°C)	$T_{sr}$ (°C)	P (mm)	SS (h)	RH (%)	V (m·s <sup>-1</sup> )
2021	Јануар	1,1	6,5	3,5	71,0	2,4	81,3	1,7
	Фебруар	1,6	10,9	6,1	20,2	4,3	73,2	1,6
	Март	2,2	12,6	7,3	45,2	5,5	68,2	1,7
	Април	5,7	16,5	10,7	42,0	6,2	68,6	1,8
	Мај	11,9	22,6	17,1	71,0	7,8	62,9	1,8
	Јун	17,4	29,3	23,7	18,2	10,3	60,9	1,5
	Јул	20,3	31,8	25,9	80,0	9,8	62,4	1,7
	Август	17,8	29,1	23,5	32,8	8,7	64,0	2,0
	Септембар	13,8	25,5	19,4	16,4	7,1	67,1	1,5
	Октобар	7,9	16,4	11,6	45,0	5,1	73,0	1,8
	Новембар	5,8	12,4	8,8	96,2	3,7	79,3	1,9
	Децембар	1,5	6,2	3,6	111,6	1,4	84,5	2,0
		<b>Година</b>	<b>8,9</b>	<b>18,3</b>	<b>13,4</b>	<b>649,6</b>	<b>72,3</b>	<b>70,4</b>
	<b>Вегетација</b>	<b>12,1</b>	<b>23,0</b>	<b>17,4</b>	<b>350,6</b>	<b>60,5</b>	<b>65,9</b>	<b>1,7</b>
2022	Јануар	-0,6	5,5	2,3	25,0	3,3	80,6	1,5
	Фебруар	2,9	11,3	6,9	19,8	4,0	71,8	1,8
	Март	2,1	12,2	7,3	7,8	6,2	60,3	1,7
	Април	6,9	18,1	12,4	70,2	7,0	65,2	1,7
	Мај	13,9	26,5	20,2	21,8	8,9	59,2	1,5
	Јун	18,1	30,5	24,5	37,4	10,0	69,0	1,4
	Јул	19,9	32,3	26,0	31,8	10,7	56,7	1,6
	Август	19,6	31,4	25,2	82,8	8,0	68,9	1,4
	Септембар	13,8	23,0	17,9	95,2	5,6	77,3	1,5
	Октобар	10,7	20,3	15,1	15,6	6,9	75,2	1,1
	Новембар	4,0	9,8	8,7	61,7	2,7	83,9	1,6
	Децембар	3,4	10,1	6,4	52,8	3,1	79,9	1,7
		<b>Година</b>	<b>9,6</b>	<b>19,2</b>	<b>14,4</b>	<b>521,9</b>	<b>76,4</b>	<b>70,7</b>
	<b>Вегетација</b>	<b>13,1</b>	<b>24,3</b>	<b>18,6</b>	<b>362,6</b>	<b>63,3</b>	<b>66,5</b>	<b>1,5</b>
Просечне годишње вредности током периода трајања огледа (2021-2022)								
Година	$T_{\min}$ (°C)	$T_{\max}$ (°C)	$T_{sr}$ (°C)	P (mm)	SS (h)	RH (%)	V (m·s <sup>-1</sup> )	
<b>2021</b>	8,9	18,3	13,4	649,6	72,3	70,4	1,7	
<b>2022</b>	9,6	19,2	14,4	521,9	76,4	70,7	1,5	
<b>Просек</b>	<b>9,2</b>	<b>18,8</b>	<b>13,9</b>	<b>585,8</b>	<b>74,3</b>	<b>70,6</b>	<b>1,6</b>	

У првој огледној години (2021) просечна годишња  $T_{\min}$  износила је 8,9 °C,  $T_{\max}$  18,3 °C и  $T_{sr}$  13,4 °C, а током вегетационог периода, просечна месечна  $T_{\min}$  је износила 12,1 °C,  $T_{\max}$  23 °C и  $T_{sr}$  17,4 °C. Током јула и августа просечна максимална температура износила је 30,4 °C, што је за 1 °C веће од вредности  $T_{\max}$  за ова два месеца у поређењу са референтним периодом (1998-2017). Укупна годишња количина падавина износила је 649,6 mm, а највећа месечна количина падавина током вегетационог периода забележена је током маја и јула (71,0 mm и 80,0 mm, редом). Максимална дневна висина падавина током вегетационог периода забележена је 18. јула и износила је 32,6 mm. Просечна релативна влажност ваздуха била је 70,4%, а током вегетационог периода 65,9%. Трајање сунчевог сјаја (осунчаност) је било највеће током јуна и јула (10,3 h и 9,8 h, редом). Просечна годишња вредност брзине ветра, као и просечна брзина ветра током вегетационог периода је износила 1,7 m·s<sup>-1</sup>, а као најветровитији месеци истакли су се август и децембар (сваки по 2,0 m·s<sup>-1</sup>).

Током друге, 2022. огледне године, средња месечна температура ваздуха износила је 14,4 °C, што је за 2,3 °C више у поређењу са вишегодишњим просеком (1998-2017) и за 1 °C више у односу на прву огледну 2021. годину. Просечне максималне и минималне температуре ваздуха износиле су 19,2 °C и 9,6 °C, редом, што је за 1,5 °C веће од просечне максималне и за чак 3 °C веће од просечне минималне у периоду 1998-2017. Такође, током јула и августа просечна максимална температура износила је 31,9 °C што је за 1,5 °C више од вредности  $T_{\max}$  за ове месеце у 2021. години и за 2,4 °C више од просечне вредности ова два месеца у поређењу са вишегодишњим периодом. Укупна годишња количина падавина износила је 521,9 mm и највећи део акумулирао се за време вегетационог периода, 362,6 mm, и то током априла (70,2 mm), августа (82,8 mm) и септембра (95,2 mm). Просечна релативна влажност ваздуха износила је 70,7%, а током вегетационог периода 66,5%, што је приближно са вредностима из прве огледне године. Осунчаност је као и у 2021. години била највећа током јуна и јула (10,0 h и 10,7 h, редом). Највећа просечна брзина ветра током вегетационог периода запажена је у марту и априлу (оба по 1,7 m·s<sup>-1</sup>), док је просечна годишња брзина ветра била 1,5 m·s<sup>-1</sup>.

Како би се одредио период у коме се очекује дефицит воде – период суше, коришћен је клима дијаграм по Валтеру (Walter et al., 1975). Водни дефицит је климатолошки гледано, у референтном периоду (1998-2017), детектован током августа што указује на неопходност наводњавања (График 1).



**График 1.** Валтеров клима дијаграм за локалитет Плавинци током референтног периода (1998-2017)

### Суме ефективних температура (GDD)

На основу осматрених података о температури и фенолошких осматрања за период (2015-2022) одређене су суме ефективних температура (*Growing degree days – GDD*) потребне за раст и развој винове лозе сорте Панонија по фенофазама (време кретања окаца, почетак и дужина трајања цветања, развој зелених бобица, шарак, сазревање). Почетак и крај вегетационог периода био је одређен као пети узастопни дан са средњом дневном температуром већом (за почетак вегетационе сезоне), односно мањом од 10 °C (за крај вегетације). Датум цветања, појаве шарка и бербе је осматрен на терену. Суме ефективних температура за ове три фенофазе су одређене као збир разлика између средње дневне температуре и 10 °C, што се сматра базном температуром за активирање вегетације винове лозе. Дужина вегетације и наступање појединих фенофаза винове лозе сорте Панонија у будућим климатским условима (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100)) и референтном периоду (1998-2017) одређена је употребом вредности просечних ефективних сума температура израчунатих за период 2015-2022. година.

У **табели 5.** приказане су суме ефективних температура винове лозе сорте Панониа на локалитету Плавинци током различитих фенофаза у осмотреном периоду (2015-2022).

Суме ефективних температура (GDD) су израчунате помоћу следећег израза:

$$GDD = \sum_{i=1}^n (T_{sr} - T_b) \quad [1]$$

Где је:

$T_{sr}$  – средња температура ваздуха (°C), добијена као просек између максималне и минималне дневне температуре ваздуха;

$T_b$  – биолошки температурни минимум винове лозе (10 °C);

n – број дана од почетка (i) до краја вегетационог периода винове лозе (n).

**Табела 5.** Ефективне суме температура од почетка вегетације до почетка различитих фенофаза у осмотреном периоду (2015-2022) за винову лозу сорте Панониа на локалитету Плавинци

Година	Цветање	Шарак	Берба	Крај вегетације
2015	301,7	1014,7	1557,9	2047,7
2016	275,7	998,6	1444,5	1885,0
2017	290,6	996,2	1535,7	2086,5
2018	303,6	825,6	1453,2	2286,0
2019	320,0	982,0	1729,2	2360,6
2020	286,2	923,6	1558,7	2115,7
2021	270,6	1011,9	1518,0	1933,7
2022	516,2	1326,6	2089,8	2890,5
<b>Просек</b>	<b>320,6</b>	<b>1009,9</b>	<b>1610,8</b>	<b>2200,7</b>

У осмотреном периоду (2015-2022) просечно највеће вредности ефективних сума температуре винове лозе за сваку анализирану фенофазу уочене су током 2022. године.

## 5.5. Климатски модели

Анализа будућих климатских промена треба да обухвати актуелне и релевантне резултате климатских пројекција, што подразумева одговарајући избор једног или више сценарија емисија гасова стаклене баште и одговарајуће интеграције климатских модела са највећом могућом просторном резолуцијом.

Одабране интеграције климатских модела преузете су са платформе Дигиталног атласа климе Србије<sup>4</sup> развијене у оквиру UNDP пројекта „Унапређење средњерочног и дугорочног планирања мера прилагођавања на измењене климатске услове у Републици Србији“ (Djurdjevic, 2021) и укључују ансамбл (скуп) од 8 регионалних климатских модела са просторном резолуцијом од 0,1° (око 12 km). Овај ансамбл модела је издвојен из скупа података пројекта EURO-CORDEX, а његови резултати су евалуирани за територију Србије и коришћени у националним проценама утицаја климатских промена и планирању мера адаптације у различитим областима, укључујући виноградарство (Министарство заштите животне средине, 2023). Одабране комбинације регионалних и глобалних климатских модела који су коришћени у истраживању приказане су у **табели 6.**

<sup>4</sup> <https://atlas-klime.eko.gov.rs>

**Табела 6.** Одабране комбинације регионалних (RCM) и глобалних климатских модела (GCM)

RCM	GCM
CCLM4-8-17	ICHEC-EC-EARTH
CCLM4-8-17	MOHC-HadGEM2-ES.rcp85
CCLM4-8-17	MPI-M-MPI-ESM-LR
HIRHAM5	ICHEC-EC-EARTH
RACMO22E	ICHEC-EC-EARTH
RACMO22E	MOHC-HadGEM2-ES
REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR-r1i1p1
REMO2009	MPI-M-MPI-ESM-LR-r2i1p1

За анализу је одабран сценарио RCP8.5 (*Relative Concentration Pathway*) из Петог извештаја Међувладиног панела о климатским променама (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 2014). Овај сценарио не предвиђа примену мера ублажавања, већ константно повећање емисија гасова стаклене баште и стога се може сматрати „најекстремнијим“ (Djurđević et al., 2018). Међутим, промена температуре у Србији је већ прстигла вредности предвиђене медијаном изабраног ансамбла за наредних 20 година, па би избор умеренијих сценарија у овом случају био неприкладан.

У складу са Петим извештајем IPCC и подацима на платформи Дигиталног атласа климе Србије, ово истраживање је обухватило анализу три одабрана двадесетогодишња будућа периода: блиска будућност 2021-2040, средина века 2041-2060, крај века 2081-2100, док је као референтни задржан период 1998-2017. За процену наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе, одређивање дефицита воде (разлика између евапотранспирације винове лозе и ефективних падавина) за поменуте периоде будућности, и приказ резултата симулација у FAO AquaCrop моделу коришћене су медијане ансамбла регионалних климатских модела.

### 5.5.1. Сезонске прогнозе времена

Сезонске прогнозе времена представљају напредну технику дугорочног предвиђања, која се заснива на нумеричким моделима атмосфере и океана, као и на анализи историјских података. Ови модели израчунавају прогнозе за период од месец до седам месеци унапред, и дају вероватноћу за различите временске сценарије, као што су суше, топлотни таласи или велике количине падавина. Уместо да пружају један тачан исход, као у случају краткорочних прогноза, сезонске прогнозе користе пробабилистички приступ, што омогућава боље разумевање неизвесности у будућем времену.

За процену могућности коришћења дугорочне прогнозе времена за предвиђање наступања кључних фенофаза винове лозе (почетак вегетације, цветање, шарак и берба) и приноса, употребљени су резултати сезонске прогнозе времена Европског центра за средњорочну прогнозу времена (*European Centre for Medium Range Weather Forecast – ECMWF*). Ова прогноза се састоји од 51 члана ансамбла и, слично ансамблима климатских модела, омогућава процену вероватноће будућих временских прилика. Сезонска прогноза се у ECMWF оперативно израчунава сваког месеца за наредних 7 месеци, на просторној резолуцији од око 36 km<sup>5</sup>.

Како је просторна резолуција ових прогноза прилично груба, урађена је њихова динамичка регионализација, тако што су резултати ECMWF прогноза коришћени као бочни

<sup>5</sup> [https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2021/81237-seas5-user-guide\\_1.pdf](https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2021/81237-seas5-user-guide_1.pdf)

и гранични услови за интеграцију регионалним нумеричким моделом NMMB на мањој области, али са већом просторном резолуцијом. NMMB је регионални нехидростатички нумерички модел за прогнозу времена на В мрежи (*Non-hydrostatic Multiscale Model on the B grid*) који се користи како у оперативној прогнози времена различитих националних хидрометеоролошких служби (укључујући и Србију), климатским симулацијама, тако и у великом броју научних студија (Janjic et al., 2012; Djurdjevic et al., 2013).

Регионализација је урађена изнад области од 39,5 °N до 48,7 °N и од 14,7 °E до 24,2 °E, на просторној резолуцији од 0,095°, односно око 11 km. За анализу су коришћени резултати дневних минималних и максималних температура ваздуха, као и дневних количина падавина прогноза које су започете у фебруару (до краја августа), марту (до краја септембра), априлу (до краја октобра), мају (до краја октобра), јуну (до краја октобра), јулу (до краја октобра) и августу (до краја октобра) 2021. и 2022. године. Резултати сезонских прогноза су коришћени у AquaCrop моделу како би се, на основу медијане ансамбла, проценили датуми наступања испитиваних фенофаза током огледних година, дефицити воде, као и приноси. У месецима који су претходили почетку циклуса сезонске прогнозе, за израчунавање су коришћени метеоролошки подаци осмотрени у винограду.

## 5.6. Референтна евапотранспирација (ET<sub>0</sub>)

Применом FAO IDP (*Irrigation and Drainage Paper 56*) методологије (Allen et al., 1998) на основу података прикупљених са метеоролошке станице, даталогера и вредности климатских података климатских модела обрачуната је референтна евапотранспирација (ET<sub>0</sub>). Референтна евапотранспирација (ET<sub>0</sub>) означава климатски параметар који изражава атмосферску моћ за испаравањем са референтне површине. Референтна површина је хипотетички травнати усев висине 0,12 m, фиксног површинског отпора 70 s·m<sup>-1</sup> и албедом 0,23. Референтна површина је врло слична екстензивној зеленој, добро наводњаваној трави, униформне висине, при активном расту и комплетној покривности земљишта. Фиксни отпор површине представља средње суву површину земљишта насталу због седмичног турнуса заливања (Allen et al., 1998).

Међународна комисија за наводњавање и одводњавање (ICCD) и Организација Уједињених нација за храну и пољопривреду (FAO) усвојили су Penman-Monteith методу (*FAO 56-PM*) за стандардну методу за прорачун референтне евапотранспирације. Она је комплексна јер обухвата велики број климатских параметара. Међутим, услед недоступности свих климатских параметара за прорачун референтне евапотранспирације методом FAO 56-PM, за прорачун ET<sub>0</sub> у претходном двадесетогодишњем референтном периоду (1998-2017), огледном (2021-2022) и три будућа двадесетогодишња периода (2021-2040, блиска будућност, 2041-2060, средина века и 2081-2100. година, крај века), коришћена је метода Hargreaves-a, која је такође призната од стране FAO (Hargreaves, 1985).

Једначина за прорачун ET<sub>0</sub> методом Hargreaves-a гласи:

$$ET_0 = 0.0023 \cdot 0,408 \cdot R_a \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{0.5} \cdot (T_{sr} + 17,8) \quad [2]$$

Где је:

- ET<sub>0</sub> – референтна евапотранспирација (mm·дан<sup>-1</sup>);
- R<sub>a</sub> – екстратерестријална радијација (MJ·m<sup>-2</sup>·дан<sup>-1</sup>);
- T<sub>max</sub> – максимална температура ваздуха (°C);
- T<sub>min</sub> – минимална температура ваздуха (°C);
- T<sub>sr</sub> – средња температура ваздуха (°C).

На основу дневних вредности падавина и температура добијених климатским моделима израчунала се  $ET_0$  и евапотранспирација винове лозе ( $ET_c$ ) током вегетационог периода предвиђеног у будућности. Као разлика између израчунате вредности  $ET_c$  винове лозе за периоде будућности и падавина симулираних климатским моделима, израчунао се нето дефицит воде (норма наводњавања) и потреба за наводњавањем винове лозе у будућности. Евапотранспирација културе за периоде будућности и референтни период израчуната је коришћењем стандардног коефицијента културе.

### 5.7. Евапотранспирација културе – винове лозе ( $ET_c$ )

Евапотранспирација културе представља производ коефицијента културе ( $K_c$ ) који садржи карактеристике биљне културе и референтне евапотранспирације ( $ET_0$ ), која одражава климатске услове одређеног локалитета. Евапотранспирација културе подразумева да се биљка гаји у оптималним условима, што укључује одговарајућу густину садње, адекватну обезбеђеност водом и хранивима, одсуство салинитета, болести, штеточина и корова.

Евапотранспирација културе се добија из следећег израза:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad [3]$$

За одређивање вредности коефицијента  $K_c$  потребно је узети у обзир дужину вегетационог периода културе, као и трајање сваке фенофазе. Вредности  $K_c$  за прву (ницање, клијање и формирање прва два до три стална листа), трећу (цветање и плодоношење) и крај четврте фазе (сазревање), се преузимају из литературе (*FAO Irrigation and drainage paper 56*) и на основу њих се конструише крива  $K_c$ . Винова лоза као вишегодишња култура нема прву фазу, за почетак друге фазе (интензивни пораст) узима вредност  $K_c$  прве фазе (0,30), за трећу фазу вредност  $K_c$  износи 0,70 током комплетног периода трајања, спајањем вредности  $K_c$  краја прве и почетка треће фенофазе добија се крива узлазног тренда где се јасно види да вредности  $K_c$  расту из дана у дан током фазе интензивног пораста. Спајањем вредности  $K_c$  краја треће фазе (0,70) и краја четврте фазе (0,45) добија се крива  $K_c$  силазног тренда за фенофазу сазревања где се види да се вредности  $K_c$  смањују из дана у дан. У овим истраживањима коришћене су вредности  $K_c$  из поменуте *FAO* литературе за винске сорте винове лозе у које спада сорта Панонија која је предмет ових истраживања.

Вредност  $K_{c \max}$  за винску сорту винове лозе износи 0,70 (*FAO Irrigation and drainage paper 56*). Максимални коефицијент културе прилагођава се метеоролошким условима који се разликују од стандардних. Корекција  $K_{c \max}$  у зависности од временских услова се врши преко следеће формуле:

$$K_{c \max} = K_{c \text{ (III/IV)}} \cdot [0,04 \cdot (u_2 - 2) - 0,004 \cdot (RH_{\min} - 45)] \cdot \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad [4]$$

Где је:

- $u_2$  – брзина ветра ( $m \cdot s^{-1}$ ), мерена на 2 m висине;
- $RH_{\min}$  – минимална релативна влажност ваздуха (%);
- $h$  – висина биљке (m).

Укупно приступачна вода у зони кореновог система одређује се преко формуле:

$$TAW = 10 \cdot (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \cdot Z_r \quad [5]$$

Где је:

$\theta_{FC}$  – садржај воде у земљишту при пољском водном капацитету (ПВК) ( $m^3 \cdot m^{-3}$ );

$\theta_{WP}$  – садржај воде у земљишту при влажности венућа (ВВ) ( $m^3 \cdot m^{-3}$ );

$Z_r$  – дубина кореновог система (0,6 m).

Дозвољено исушивање земљишта ( $D_i$ ) у зони кореновог система, усвојено је на основу претходних експерименталних истраживања (FAO 56) 50% од TAW (укупно приступачна вода биљкама (mm) у зони кореновог система).

### 5.8. Динамика раста и развоја биљног покривача винове лозе

Пораст биомасе винове лозе праћен је на сваких 7 до 10 дана коришћењем рама површине 2 m<sup>2</sup> (висина рама 2 m и ширина 1 m). Фотографије су прављене дигиталним апаратом (Слика 8) и касније анализирани помоћу софтверског пакета ELA (*Easy Leaf Area*), потпрограма *Elacanopy* (Easlon и Bloom, 2014). Софтвер је конфигуриран за извођење сегментације слике, што омогућава издвајање зелене (лисне) површине. ELA користи комбинацију односа боја, прагова и анализе повезаних компоненти за брзо мерење лисне површине (у секунди). Резултати су изложени као процентуална вредност лисне површине на фотографији. Свака анализирана слика се чува у TIFF формату како би се очувала резолуција и олакшале додатне анализе. ELA је добијен у *Python*-у, бесплатном и отвореном програмском језику са алатима за обраду слика и математичке операције, и једноставан је за модификацију према конкретним експерименталним захтевима; на пример, верзија коришћеног потпрограма формирана је да олакша мерење пројектоване површине листа и проценат покривености биљне културе.

Током прве огледне године (2021) реализовано је 13 мерења, а у другој (2022) 10 мерења и она су спроведена у периоду од маја до септембра. Фотографисани су чокоти на сваком третману у три понављања.



Слика 8. Мерење и анализа пораста биомасе винове лозе

## 5.9. Земљиште

На репрезентативном делу експерименталног поља отворен је педолошки профил (Слика 9), из кога су узети узорци земљишта у ненарушеном и нарушеном стању. Стандардним лабораторијским методама утврдила су се физичка, водно-ваздушна и хемијска својства земљишта (Слика 10) како би се успоставио адекватан режим наводњавања (време и норма заливања).



Слика 9. Педолошки профил, узимање узорка земљишта за лабораторијска испитивања



Слика 10. Анализа узорка земљишта у лабораторији

Земљиште на коме су обављена истраживања припада типу смоница (*Vertisol*), текстурне класе глинуша по USDA (2006) класификацији (Табела 7). Смоница се формира на глиновитој подлози и у климатским условима где влада смена влажних и сушних периода. Ова земљишта се одликују као плодна, збијена, глиновита, лепљива као смола (отуда и тај назив) и тешка за обраду. Просечан садржај механичких фракција глине у читавој дубини испитиваног земљишта износи 50,22%, праха 38,22% и песка 11,55%.

Табела 7. Механички састав испитиваног земљишта

Слој	Дубина (cm)	Садржај механичких фракција у % на масу сувог земљишта				Текстурна класа земљишта по америчкој (USDA) класификацији
		Песак		Праш	Глина	
		крупан	ситан			
		2,00-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm	
1	0-8	5,3	5,5	44,0	45,2	Прашката глинуша
2	8-45	10,9	12,6	36,5	40,0	Глинуша
3	45-85	2,8	4,2	35,5	57,5	Глинуша
4	85-130	2,3	2,6	36,9	58,2	Глинуша

Од водно-ваздушних карактеристика земљишта одређени су водни лимити (МВК – максимални водни капацитет, ПВК – пољски водни капацитет, ЛКВ – лентокапиларна влажност, ВВ – влажност венућа) затим запреминска и специфична маса, као и инфилтрација земљишта. Вредности водно-ваздушних особина земљишта представљене су у **табели 8**.

**Табела 8.** Водно-ваздушне особине земљишта

Бр. профила	Дубина - d (cm)	Специфична густина - $\rho_s$ (g cm <sup>-3</sup> )	Запреминска густина $\rho_b$ (g cm <sup>-3</sup> )	Укупна порозност - (% зап.)	Ваздушни капацитет (% зап.)	МВК (% зап.)	ПВК (% зап.)	ЛКВ (% зап.)	ВВ (% зап.)	Укупно приступачна вода (mm)	Лако приступачна вода (mm)	Теже приступачна вода (mm)
1	0-45	2,90	1,32	56,48	15,04	56,78	41,74	26,11	24,10	105,84	93,78	12,06
	45-85	3,18	1,43	55,73	7,13	56,04	48,91	40,16	37,52	68,34	52,50	15,84
	85-130	3,30	1,42	58,97	8,56	59,38	50,82	36,11	33,27	105,30	88,26	17,04

Земљиште се карактерише добрим водно-ваздушним својствима по својој целој дубини. Специфична густина се повећава са дубином и износи од 2,90 g cm<sup>-3</sup> у првом слоју до 3,30 g cm<sup>-3</sup> у трећем слоју (тј. слоју до 130 cm), док се запреминска маса земљишта креће од 1,32 g cm<sup>-3</sup> у првом слоју до 1,42 g cm<sup>-3</sup> у трећем испитиваном слоју.

Просечна вредност максималног водног капацитета на целој испитиваној дубини је 57,40% зап., док је просечна вредност пољског водног капацитета на целој испитиваној дубини 47,16% зап. Просечна вредност влажности венућа на целој испитиваној дубини износи 31,63% зап. Укупна приступачна вода у активној зони ризосфере винове лозе износи 105,84 mm, док лако приступачна вода у истом слоју достиже 93,78 mm (**Табела 8**).

Анализирани су следећи агрохемијски параметри основне плодности земљишта на којем је изведено истраживање:

- реакција земљишта, односно рН вредност, која је одређена потенциометријском методом са стакленом електродом,
- садржај калцијум карбоната (CaCO<sub>3</sub>) утврђен је волуметријском методом по Scheibler-у,
- органски угљеник и садржај хумуса одређен је по Tjurin-у у модификацији Simakov-a,
- садржај укупног азота (N) утврђен је модификацијом Bremner-a Kjeldahl-ове методе,
- однос C/N (садржај органског угљеника и укупног азота) одређен је рачунски,
- садржај лакоприступачног фосфора и калијума одређен је Al методом по Egner-Reihm-у.

Резултати основних хемијских својстава земљишта представљени су у **табели 9**. Према рН вредности у води, земљиште се читавом својом дубином класификује као умерено алкално. Према садржају карбоната земљиште припада II класи – слабо кречних земљишта (1,0-5,0% CaCO<sub>3</sub>). Површински слој земљишта се дефинише као доста хумусно (3,52%). У следећем слоју садржај хумуса опада, а онда се поново у трећем слоју повећава преко 3%. Садржај азота варира, први и трећи слој су под категоријом средњег садржаја азота у земљишту, док су други и четврти у категорији ниског садржаја. Садржај фосфора је на

задовољавајућем нивоу када је у питању први и други слој земљишта. Испитивано земљиште спада у класу добро снабдевених када је у питању садржај калијума, тачније у сваком испитиваном слоју има преко 20 mg K<sub>2</sub>O на 100 g земље.

**Табела 9.** Резултати основних хемијских својстава земљишта

Дубина (cm)	pH у H <sub>2</sub> O	pH у KCl	CaCO <sub>3</sub> (%)	C <sub>орг</sub> (%)	Хумус (%)	N <sub>укупни</sub> (%)	C/N	K (mg·kg <sup>-1</sup> )	P (mg·kg <sup>-1</sup> )
0-8	7,92	6,78	1,45	2,04	3,52	0,17	12,29	46,20	30,81
8-45	8,34	6,83	1,28	1,15	1,98	0,08	14,56	23,27	14,21
45-85	7,83	6,40	0,44	1,92	3,32	0,11	16,99	30,66	0,00
85-130	8,17	6,86	1,88	0,69	1,19	0,08	8,21	30,02	15,52

### 5.10. Водни режими и прорачун дефицита воде

Винова лоза је наводњавана методом кап по кап, а коришћена вода је захватана из артешког бунара у непосредној близини огледне парцеле. Почетак и трајање заливања одређено је на основу садржаја расположиве воде у земљишту и дневног обрачуна евапотранспирације. Примењене су две норме заливања (редуковано наводњавање (R) = 15 mm и пуно наводњавање (F) = 30 mm).

Наводњавање је спровођено у интервалу од 7 дана за оба третмана (пуно и редуковано наводњавање) током обе огледне године. Датуми и нето норме заливања винове лозе током истраживања приказани су у табелама 10. и 11.

**Табела 10.** Датуми и норме заливања (mm) током прве, 2021. године, експерименталног истраживања

Датум	Пуно наводњавање (F) (mm)	Редуковано наводњавање (R) (mm)
7.7.2021.	30	15
14.7.2021.	30	15
21.7.2021.	30	15
1.8.2021.	30	15
8.8.2021.	30	15
15.8.2021.	30	15
<b>Норма наводњавања</b>	<b>180</b>	<b>90</b>
<b>Број заливања</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

**Табела 11.** Датуми и норме заливања (mm) током друге, 2022. године, експерименталног истраживања

Датум	Пуно наводњавање (F) (mm)	Редуковано наводњавање (R) (mm)
9.7.2022.	30	15
16.7.2022.	30	15
23.7.2022.	30	15
31.7.2022.	30	15
<b>Норма наводњавања</b>	<b>120</b>	<b>60</b>
<b>Број заливања</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Прва огледна година (2021) истиче се са већим бројем заливања (6 заливања) које се примењивало од 7. јула до 15. августа. Норма наводњавања износила је 180 mm за третмане пуног и 90 mm за третмане редукованог наводњавања. У другој огледној години (2022) наводњавање је вршено током јула (4 заливања), норма наводњавања је за третмане пуног наводњавања износила 120 mm, док је за третмане редукованог наводњавања она износила 60 mm.

Дефицит воде ( $I_n$ ) винове лозе током истраживања и процена дефицита воде винове лозе у будућој клими и референтном периоду добијени су из израза:

$$I_n = ET_c - P_e \quad [6]$$

Где је:

$I_n$  – дефицит воде (mm);

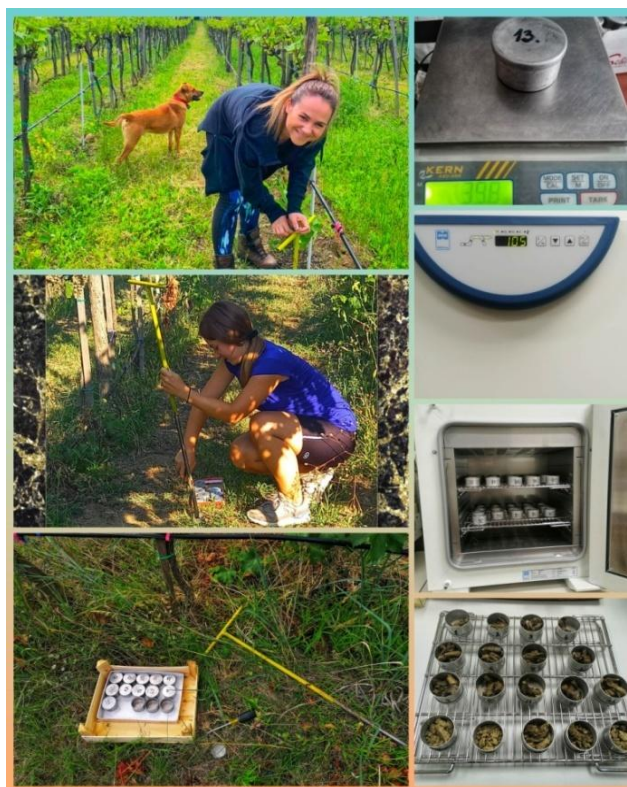
$ET_c$  – евапотранспирација културе (винове лозе mm·дан<sup>-1</sup>);

$P_e$  – ефективне падавине (део падавина који се задржи у активној зони ризосфере, у овим истраживањима коришћено 90% дневних падавина, као ефективне падавине mm·дан<sup>-1</sup>).

### 5.11. Влажност земљишта

#### *Гравиметријски метод*

Влажност земљишта одређена је стандардном гравиметријском методом (Гајић, 2006) на сваких 7-10 дана до 60 cm дубине по слојевима 0-20 cm, 20-40 cm и 40-60 cm. Земљишни узорци узимани су бургијом, након тога стављани у алуминијумске кутијице и мерени на техничкој ваги (која је обухватила збирну масу сувог земљишног узорка, воде и алуминијумске кутијице). Сви описани кораци спроведени су у оквиру винограда. На **слици 11.** приказане су етапе одређивања влажности земљишта гравиметријском методом (вађење земљишних узорака бургијом, складиштење у алуминијумске кутијице, мерење и сушење у лабораторији).



Слика 11. Одређивање влажности земљишта гравиметријском методом

Садржај воде у процентима рачунао се према следећој формули:

$$WWS_{\%mas} = \rho_b \cdot \frac{M_w}{M_s} \cdot 100 \quad [7]$$

Где је:

$\rho_b$  – запреминска густина земљишта

$M_w$  – маса воде;

$M_s$  – маса узорка земљишта.

### Метода TDR

Поред гравиметријске методе, у сваком третману, влажност земљишта је континуирано праћена TDR сондама (Слика 12) које раде на принципу временског домена рефлектометрије (*Time Domain Reflectometry*) до дубине од 30 cm.



Слика 12. TDR сонда постављена у истраживаном винограду

За време двогодишњег истраживања коришћена је TDR сонда произвођача *Cambell Scientific*, модел *CS 616*. Сонда функционише путем емитовања електромагнетних импулса који пролазе кроз челичне сензоре смештене у земљишту. Поред наведеног, ови уређаји имају и сензоре за праћење температуре земљишта. Сензори су повезани са даталогером (*F3T3-MicroLog*) који преко *Mini 32* софтвера сакупља и чува податке, омогућава мониторинг рада сензора, измену интервала мерења, дужину трајања батерије итд. Даталогер је био конфигурисан тако да на сваких сат времена бележи информације о влажности земљишта.

## 5.12. FAO AquaCrop модел

За симулацију приноса и потреба винове лозе за водом коришћен је FAO AquaCrop модел, верзија 6.1. Овај модел је посебно користан у подручјима где је вода главни ограничавајући фактор у производњи. Предност и сврха AquaCrop модела је предвиђање продукције гајених култура у различитим подручјима обезбеђености водом у тренутним и будућим условима проузрокованим климатским променама.

Поред климатских модела, који пре свега дају информацију о температурама и падавинама на основу којих се одређује фенологија гајених култура, FAO AquaCrop модел, где се продукти климатских модела (температуре ваздуха и падавине) уносе као улазни подаци, био је добар избор за предикцију како фенологије и приноса, тако и потреба винове лозе за водом. У већини пређашњих истраживања, AquaCrop модел је коришћен за предикције једногодишњих култура, са мало сазнања о могућности примене за вишегодишње засаде. Иако вишегодишње засаде карактерише сличан начин развоја биомасе као код једногодишњих врста, јављају се извесне потешкоће приликом параметризације покривности углавном на почетку сезоне јер се вишегодишњи засади не сеју сваке године већ остају засађени више година што модел не препознаје (Er-Raki et al., 2021).

Винова лоза спада у групу C<sub>3</sub> биљака. За калибрацију FAO AquaCrop модела коришћене су просечне осмотрене вредности сума ефективних температура почетка, краја вегетације и фенофаза винове лозе осмогодишњег периода (2015-2022). Почетак и крај вегетације одређен је као пети узастопни дан са средњом дневном температуром већом (за почетак) односно мањом (за крај) од 10 °C. Датум цветања, појаве шарка и бербе су осмотрени (мерени на терену). Суме ефективних температура за ове три фенофазе су одређене као разлика између средње дневне температуре и 10 °C што се сматра базном температуром за активирање вегетације винове лозе. Полазна основа за калибрацију модела био је фајл који је продукт истраживања Er-Raki et al. (2021).

Поред калибрације AquaCrop модела за предикцију фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у референтном и периодима будућности, модел је калибриран за симулацију приноса грожђа на основу просечних приноса за осмотрени период (2015-2022).

Валидација AquaCrop модела за предикцију датума наступања фенофаза винове лозе и приноса грожђа извршена је на осмотреним подацима за сваку годину појединачно, односно за 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. и 2022. годину. Такође, за валидацију AquaCrop модела у предикцији наступања фенофаза винове лозе коришћени су просечни двадесетогодишњи подаци добијени климатским моделима за три периода будућности и референтни период. За предикције у моделу AquaCrop и климатским моделима коришћене су суме ефективних температура наступања појединих фенофаза винове лозе добијене као просечне вредности суме ефективних температура за осмогодишњи период осматрања (2015-2022).

### *Параметри модела и улазни подаци*

Улазни подаци обухватају: дневну вредност референтне евапотранспирације (Steduto et al., 2012), дневне вредности максималних и минималних температура ваздуха, дневне суме падавина у периоду истраживања, податке о карактеристикама земљишта, суме ефективних температура, наступање фенофаза винове лозе, број биљака по хектару. Параметри културе који се користе у моделу AquaCrop за симулацију датума почетка, краја и фенофаза винове лозе и приноса дати су у **табели 12**.

**Табела 12.** Параметри који су коришћени у моделу AquaCrop за симулацију винове лозе

ПАРАМЕТРИ	ВРЕДНОСТИ
Базна температура за активирање вегетације винове лозе (°C)	10
Гранична температура раста (°C)	30
Почетна покривност (СС <sub>0</sub> ), %	0,12
Максимална покривност (СС <sub>x</sub> ), %	65
Температурна сума од активирања вегетације до фенофазе пупљења	4
Температурна сума максималне покривности	320
Температурна сума до почетка сазревања, шарак	1010
Температурна сума до зрелости плода	1610
Цветање и плодношење	
Температурна сума за формирање НИ	690
Наступање фенофазе цветања (суме ефективних температура)	320
Максимална дубина кореновог система (суме ефективних темп.)	325
Главна маса кореновог система (m)	0,45
Коефицијент културе (K <sub>cb</sub> ) at CC=60 %	0,9
Продуктивност воде (WP), g·m <sup>-2</sup>	15
Жетвени индекс, однос приноса и биомасе (Н <sub>lo</sub> ), %	50
<i>Водни стрес</i>	
<i>Пораст биомасе</i>	
<i>Умерено толерантна на водни стрес</i>	
Горња гранична вредност пораста лисне масе (p <sub>upper</sub> )	0,25
Доња гранична вредност пораста лисне масе (p <sub>lower</sub> )	0,55
Фактор облика	1,5
<i>Затварање стома</i>	
<i>Умерено толерантна на водни стрес</i>	
Затварање стома – гранична вредност (p <sub>upper</sub> )	0,5
Облик криве коефицијента стоматалног стреса	3,0
<i>Почетак опадања лисне масе</i>	
<i>Умерено толерантна на водни стрес</i>	
Почетак опадања лисне масе – горња граница (p <sub>upper</sub> )	0,65
Облик криве опадања	3,0
<i>Стрес услед превлаживања</i>	
<i>Осетљивост на превлаживање</i>	
Сатурација (%)	10
<i>Прилагођавање НИ водном стресу</i>	
Пре цветања – умерено осетљива на водни стрес (%)	8,0
Током цветања – осетљива на водни стрес (p <sub>upper</sub> )	
Током формирања приноса – умерено осетљива на водни стрес	0,8

\*Мерене вредности означене су **зеленом бојом**, подразумеване вредности су означене **плавом бојом**, процењене вредности су означене **црвеном бојом**.

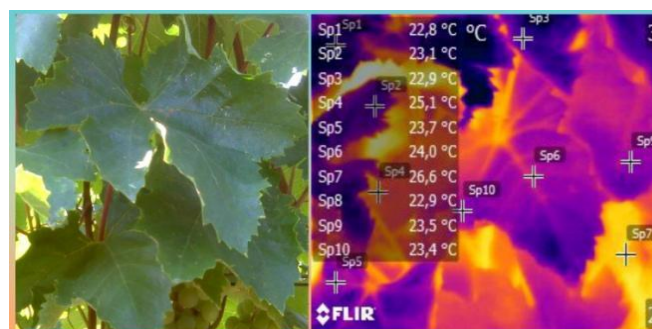
### 5.13. Методе даљинске детекције

#### Температура биљног покривача и биљни водни стрес индекс (CWSI)

Током вегетационог периода, по сунчаном времену, на сваких 7 до 10 дана праћена је температура биљног покривача винове лозе помоћу ручне термовизијске камере (*FLIR E6*) што је приказано на **слици 13**. Добијене фотографије су се анализирале у програму *FLIR Tools* са узорком од 10 тачака које приказују вредност температуре (**Слика 14**). На основу температуре биљног покривача (са анализираних фотографија) израчунао се биљни водни стрес индекс (*Crop water stress index – CWSI*). У првој огледној години, извршено је 10 мерења, а у другој 12. Сваки третман фотографисан је у три понављања.



Слика 13. Термовизијска камера



Слика 14. Анализа фотографија у програму *FLIR Tools*

Непосредно пред мерење, подешавали су се одређени параметри на камери попут:

- Средња температура ваздуха (°C);
- Средња релативна влажност ваздуха (%);
- Емисивност вегетације (0,95);
- Рефлектујуће температуре (мерењем средње температуре алуминијумске фолије);
- Растојање од биљке до камере (1 m).

Вредности температуре и влажности ваздуха очитаване су уочи почетка мерења са даталогера постављеног у виноградима.

Биљни водни стрес индекс (CWSI) одређен је према изразу који су предложили Idso et al. (1981):

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - D_2}{D_1 - D_2} \quad [8]$$

Где је:

$D_1$  – разлика између максималне температуре биљног покривача и температуре ваздуха за биљку у стресу износи 3,962 (Idso et al., 1981);

$D_2$  – доња граница разлике између температуре биљног покривача и температуре ваздуха, добија се преко израза:

$$D_2 = 1,03 - 1,923 \cdot VDP \quad [9]$$

Дефицит напона водене паре (VDP) у kPa рачуна се на основу разлике вредности сатурисаног напона водене паре ( $e_s$ ) и стварног напона водене паре ( $e_a$ ):

$$VDP = e_s - e_a \quad [10]$$

$e_s$  зависи од измерене температуре листа ( $T_c$ ) и температуре ваздуха ( $T_a$ ):

$$e_s = 0,611 \cdot \exp \cdot \left( \frac{17,27 \cdot T_a}{T_a + 237,3} \right) \quad [11]$$

$e_a$  је одређен на основу  $e_s$  и релативне влажности ваздуха (RH):

$$e_a = e_s \cdot \frac{RH}{100} \quad [12]$$

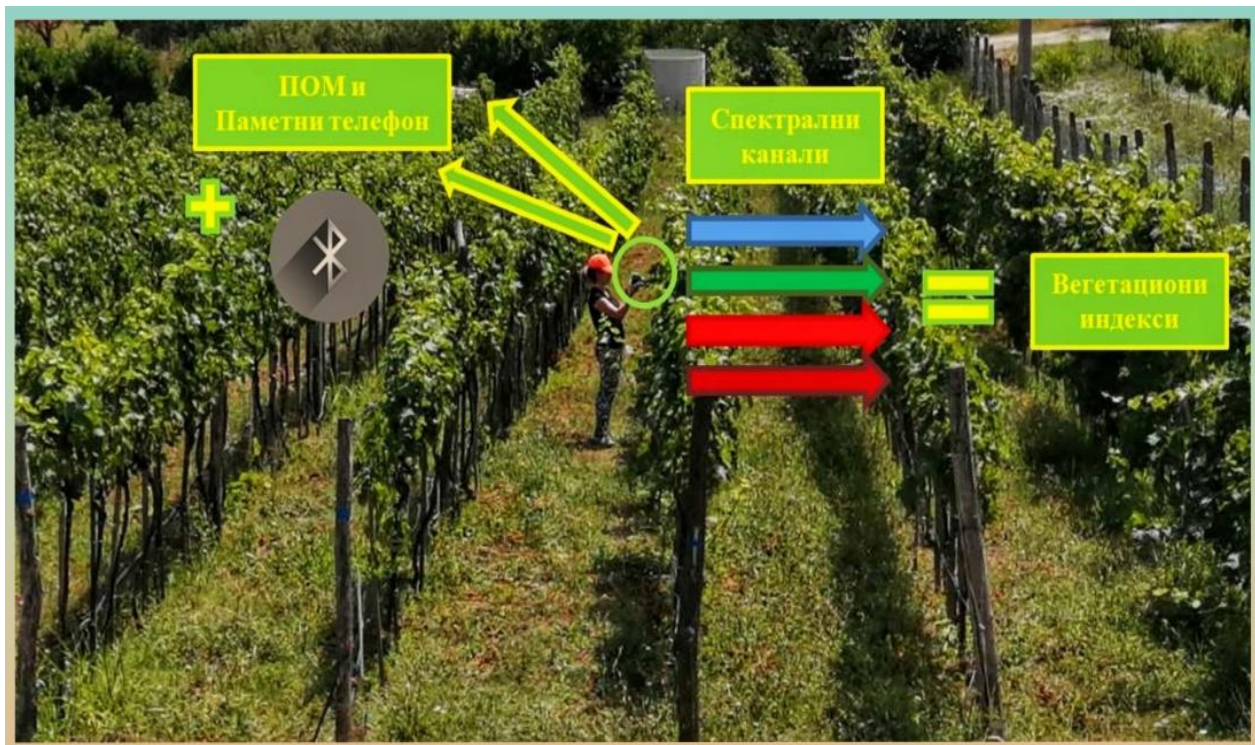
*Plant-O-Meter* – мерење физиолошког стања винове лозе

*Plant-O-Meter (POM)* је мултиспектрални мобилни уређај који се користи у склопу прецизне пољопривреде и који процењује стање одређене биљне културе мерењем оптичких вегетационих индекса (*Optical Vegetation Indices – OVI*). Овом врстом сензора могу се уочити промене у блиском инфрацрвеном спектру како би добили рано упозорење да ли је биљка под стресом. Уређај поседује 6 спектралних канала: плави (централне таласне дужине од 455 nm), зелени (528 nm), црвени (657 nm), ивично црвени (740 nm), блиско инфрацрвени спектар 1 и 2 (810 nm и 940 nm).

Приликом кретања кроз редове винограда на сваком третману вршено је ручно мерење свих чокота у оквиру третмана (око 150 података по сваком третману током снимања) чиме су се добили просторни резултати оптичких вегетационих индекса (**Слика 15**). Извршена су 4 снимања у 2022. години (**Табела 13**).

**Табела 13.** Датуми (снимања) мерења са *POM*-ом

Број мерења	Датум мерења
1	23.6.2022.
2	19.7.2022.
3	2.8.2022.
4	17.8.2022.



Слика 15. Принцип рада ПОМ-а

#### Снимање дроном

У другој огледној години (2022), изведена су 3 снимања дроном *DJI Mavic 2 Zoom* на кога је монтирана мултиспектрална камера *Micasense RedEdge mx* (Слика 16) ради утврђивања стања винове лозе. Одабрани датуми су се подударали са кључним фенофазама винове лозе; нпр. прво снимање је извршено непосредно после цветања (месец мај), друго снимање за време шарка (јул) и последње (треће снимање) је извршено након бербе (август).



Слика 16. Дрон у почетној фази реализације мисије снимања

Прелети су реализовани по сунчаном времену у периоду од 12.00 до 14.00 часова. Резолуција снимања је  $2,3 \text{ cm} \cdot \text{px}^{-1}$ , а одабрана висина лета била је 35 m. Стопа снимања фотографије била је 1 фотографија у секунди за све канале. Сваки добијени снимак садржи сет података од пет спектралних канала: плави, зелени, црвени, гранично црвени и блиско инфрацрвени спектар (Табела 14). Приликом снимања коришћена је бесплатна верзија апликације *Drone Harmony* за потребе одређивања путање снимања, док је *Top-down* погодна за снимање ортомозаика. Преклапање фотографија је подешавано на 80%, док је брзина лета и снимања била  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Склапање и обрада мултиспектралних снимака вршена је уз помоћ бесплатног софтвера *QGIS Buenos Aires 3.26*.

**Табела 14.** Параметри просторне резолуције мултиспектралних података

Број канала	Назив спектралног канала	Просторна резолуција (cm)	Опсег таласних дужина (nm)	Централна таласна дужина (nm)
1	Плави		0,465-0,485	0,475
2	Зелени		0,550-0,570	0,560
3	Црвени	2,3	0,663-0,673	0,668
4	Гранично црвени		0,712-0,722	0,717
5	Блиско инфрацрвени спектар		0,820-0,860	0,840

На основу података добијених са *POM*-а и дрона креирана су 3 вегетациона индекса:

### 1. NDVI индекс

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) представља индекс који омогућава процену садржаја хлорофила, биомасе, водног статуса биљака и виталности усева, те се широко примењује у даљинској детекцији за праћење стања усева (Ustuner et al., 2014; Pádua et al., 2019). Дефинише се као однос разлика између појединих вредности рефлектујућих таласних дужина у блиском инфрацрвеном (NIR) и црвеном (RED) делу спектра и њиховог збира:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad [13]$$

### 2. GNDVI индекс

GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) је модификовани NDVI који има за циљ да утврди фотосинтетску активност биљке. Користи се за процену садржаја азота у листу и усвајање воде од стране биљке. Овај индекс користи зелени (*Green*), видљиви део спектра и одређује се следећом једначином (Omer et al., 2017):

$$\text{GNDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Green}}{\text{NIR} + \text{Green}} \quad [14]$$

### 3. OSAVI индекс

Оптимизовани индекс вегетације прилагођен земљишту (*Optimized Soil Adjusted Vegetation Index – OSAVI*) представља индекс намењен праћењу стања усева у условима различитог утицаја земљишне позадине. Посебно је погодан за примену у засадима са делимично развијеним биљним покривачем, као што су виногради. У поређењу са

традиционалним индексом вегетације прилагођеним земљишту (*Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*), OSAVI се одликује већом осетљивошћу на густину вегетације и омогућава поузданију процену стања усева.

Одређује се помоћу следећег израза (Zou и Möttus, 2017):

$$OSAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + 0.16)} \quad [15]$$

Где је 0.16 константа уведена ради умањења утицаја земљишне позадине.

#### 5.14. Генеративни потенцијал винове лозе

Овај показатељ је одређен у пољским условима, у пролеће, после појаве цвасти у обе експерименталне године (2021-2022). Најпре су се евидентирала активирана и неактивирана окаца, сви кренули ластари из резидбом остављених окаца и број цвасти. На основу прикупљених података добијен је: коефицијент потенцијалне родности, коефицијент релативне родности, коефицијент апсолутне родности, коефицијент неродности ластара и коефицијент неродности окаца по методи Лазаревског, модификованој према Марковић и Пржић (2020).

Коефицијент родности представља просечан број развијених гроздова по развијеном ластару. Рачуна се тако што се укупан број развијених гроздова подели са укупним бројем развијених ластара по чокоту. Вредности коефицијента родности варирају од <1 до 2 (Марковић и Пржић, 2020). Када су вредности испод јединице, то указује да је збир родних и неродних ластара једнак укупном броју развијених гроздова. Класификација на основу вредности коефицијента родности сорте приказана је у **табели 15**.

**Табела 15.** Вредности коефицијента родности

Коефицијент родности	Вредности коефицијента родности
Сорте са веома ниским коефицијентом родности	до 0,2
Сорте са ниским коефицијентом родности	од 0,3 до 0,5
Сорте са средњим коефицијентом родности	од 0,6 до 0,8
Сорте са високим коефицијентом родности	од 0,9 до 1,1
Сорте са веома високим коефицијентом родности	преко 1,2

Метод испитивања родности у току вегетационог периода даје најпоузданије резултате јер се бројање цвасти спроводи непосредно пре или у току фенофазе цветања (тада су цвасти визуелно најочљивије). Како би се одредили ови коефицијенти, неопходно је одабрати репрезентативан узорак од 10 чокота на којима се евидентира број цвасти на ластарима развијених са кондира и лукова (након резидбе – **Слика 17**) (Марковић и Пржић, 2020).



Слика 17. Зимска резидба

### 5.15. Квалитативне и квантитативне карактеристике грозђа

- *Принос грозђа* – У периоду бербе грозђа, одабрано је по десет репрезентативних чокота по примењеном третману заливања. Мерењем масе свих гроздова утврђен је принос грозђа ( $\text{kg}$  чокоту<sup>-1</sup>), бројањем је утврђен број гроздова по чокоту, а рачунским путем је одређен принос грозђа по јединици површине ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

- *Механички састав грозда и бобице* – Са десет репрезентативних чокота (за сваки третман) у моменту технолошке зрелости грозђа анализом механичког састава грозда и бобице одређени су: дужина грозда (cm), ширина грозда (cm), маса грозда (g), дужина петелјке (cm), број бобица у грозду, маса свих бобица у грозду (g), маса 100 бобица (g), маса покожице 100 бобица (g), маса семенки 100 бобица (g), број семенки у 100 бобица, маса шепурине (g), маса 100 семенки (g), димензије бобице: ширина и дужина (mm). Одређен је и структурни показатељ грозда као удео бобица у грозду (%) и удео шепурине у грозду (%). Израчунат је и структурни показатељ бобице који представља удео мезокарпа у бобици (%), удео покожице у бобици (%) и удео семенки у бобици (%). Примењена методологија за анализу параметара механичког састава грозда и бобице је метода Простосердова (1946) модификована према Марковић и Пржић (2020).

- *Квалитет грозђа* – Показатељи квалитета грозђа одређени су на просечним узорцима одмах након бербе. Садржај шећера у шири (%) утврђен је дигиталним рефрактометром (*Pocket PAL-1, Atago, Japan*), садржај укупних киселина у шири потенциометријским титратором ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (Слика 18), а садржај реалне киселости у шири рН-метром.



Слика 18. Анализа квалитативних особина шире сорте Панониа

### 5.16. Статистичка обрада података

Припрема сета података и дескриптивна статистичка анализа урађена је у оквиру SAS софтверског пакета (*SAS Institute Inc. Software License 9.3, 2012*). Детерминација утицаја фактора (режима заливања) на испитиване особине урађена је применом фиксног линеарног модела у оквиру GLM (*General linear models*) процедуре наведеног софтверског пакета. Сваки од добијених показатеља обрадио се коришћењем дескриптивне статистике за показатеље на годишњем нивоу (2021. и 2022. године, као и за двогодишњи просек). Ефекат фактора нивоа заливања (три третмана) на посматране особине приноса, механичких и хемијских особина винове лозе извршио се методом анализе варијансе и применом Tukey теста.

#### *Статистички методи за обраду података климатских пројекција*

За анализу поузданости коришћења модела за симулацију проучаваних параметара (дужина фенофаза, почетак и крај вегетације, принос, влажност земљишта, потреба за водом) су коришћени следећи статистички параметри:

- 1) Коефицијент детерминације ( $R^2$ );
- 2) Метод квадратног корена средине грешке (*RMSE*);
- 3) Индекс слагања (*d*).

1) Први је коефицијент детерминације  $R^2$  који се изражава преко следећег израза:

$$R^2 = \left[ \frac{\sum (M_i - \bar{M})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum (M_i - \bar{M})^2 \sum (S_i - \bar{S})^2}} \right]^2 \quad [16]$$

Где су:

$S_i$  и  $M_i$  – симулиране, односно статистичке вредности и измерене вредности података;  
 $\bar{S}$  и  $\bar{M}$  – просечне вредности симулираних и измерених података.

$R^2$  се креће од 0 до 1, при чему вредности блиске 1 указују на добро слагање, а типично се вредности веће од 0,5 сматрају прихватљивим у симулацијама хидролошких модела (Moriassi et al., 2007).

2) Метод квадратног корена средине грешке (*Root mean square error – RMSE*) се добија:

$$RMSE = \left[ \sqrt{\frac{\sum (S_i - M_i)^2}{n}} \right] \quad [17]$$

Где је:

$n$  – број осматрања.

Јединица RMSE је иста за обе променљиве, а подударност модела се побољшава када RMSE тежи ка нули. RMSE се може нормализовати коришћењем просечне вредности измерених података ( $\bar{M}$ ).

3) Индекс слагања ( $d$ ) је израчунат по једначини (Willmott, 1982) која гласи:

$$d = 1 - \frac{\sum (S_i - M_i)^2}{\sum (|S_i - \bar{M}| + |M_i - \bar{M}|)^2} \quad [18]$$

Индекс слагања је описни параметар и његове вредности се крећу од 0 до 1. Што је вредност ближа јединици, то модел боље симулира посматрани параметар.

## 6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### 6.1. Фенолошка осматрања

Фенолошка осматрања вегетације винове лозе сорте Панониа обављена су у осмогодишњем периоду (2015-2022). Током поменутог периода, на основу спољашњих промена на чокоту (кретање окаца, цветање, шарак, сазревање), праћено је време наступања, трајања и завршетка фенофаза винове лозе. Како би се извршила процена фенологије винове лозе у будућим климатским условима у свакој осмотреној години, за почетак сваке фенофазе користећи податке о температури ваздуха израчунате су ефективне суме температура потребне за наступање одређене фенофазе. Осмотрени датуми наступања фенофаза испитиване сорте са одговарајућим ВВСН кодовима, као и суме ефективних температура за сваку фенофазу током осмогодишњег периода приказани су у **табели 16**.

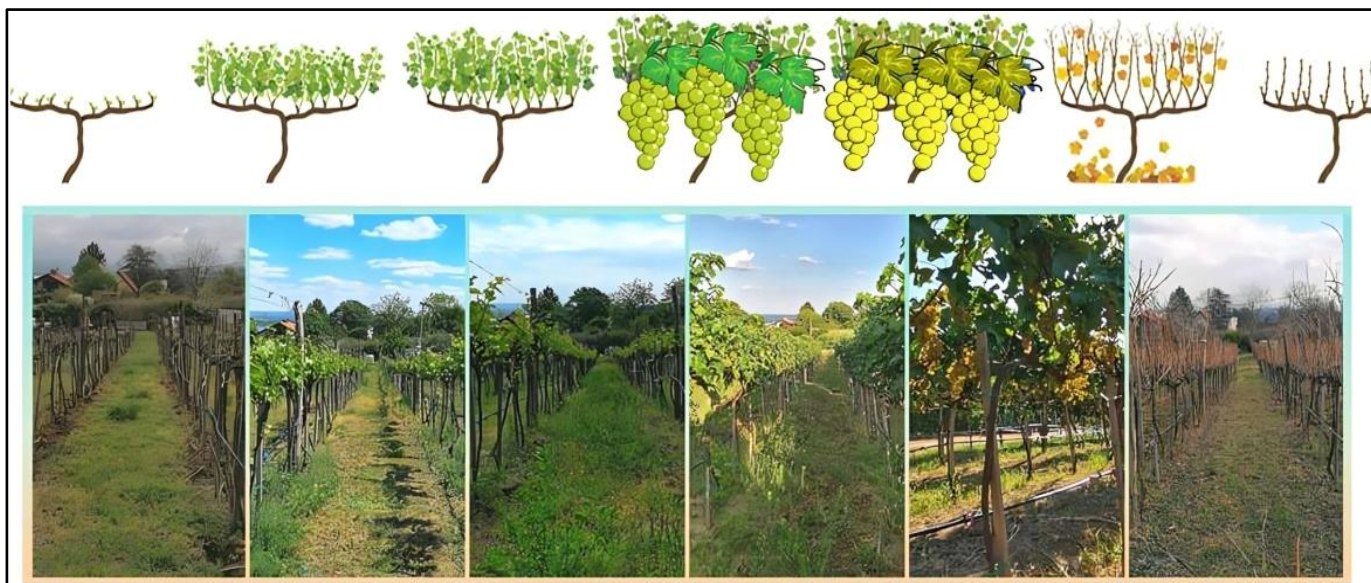
**Табела 16.** Датуми и суме ефективних температура наступања фенофаза винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)

Година	Почетак вегетације		Цветање		Шарак		Берба		Крај вегетације	
	ВВСН код	ВВСН код	GDD	ВВСН код	GDD	ВВСН код	GDD	ВВСН код	GDD	
	01-03	61-69		81		89		99		
2015	14. април	23. мај	301,7	20. јул	1014,7	24. август	1557,9	5. новембар	2047,7	
2016	2. април	22. мај	275,7	18. јул	998,6	21. август	1444,5	10. октобар	1885,0	
2017	25. март	25. мај	290,6	15. јул	996,2	18. август	1535,7	19. новембар	2086,5	
2018	14. март	11. мај	303,6	24. јун	825,6	10. август	1453,2	20. новембар	2286,0	
2019	9. март	27. мај	320,0	13. јул	982,0	29. август	1729,2	27. новембар	2360,6	
2020	9. април	18. мај	286,2	15. јул	923,6	27. август	1558,7	13. новембар	2115,7	
<b>2021</b>	<b>1. април</b>	<b>2. јун</b>	<b>270,6</b>	<b>23. јул</b>	<b>1011,9</b>	<b>23. август</b>	<b>1518,0</b>	<b>11. новембар</b>	<b>1933,7</b>	
<b>2022</b>	<b>26. март</b>	<b>23. мај</b>	<b>516,2</b>	<b>10. јул</b>	<b>1326,6</b>	<b>18. август</b>	<b>2089,8</b>	<b>24. новембар</b>	<b>2890,5</b>	
<b>Просек</b>	<b>28. март</b>	<b>22. мај</b>	<b>320,6</b>	<b>13. јул</b>	<b>1009,9</b>	<b>21. август</b>	<b>1610,8</b>	<b>12. новембар</b>	<b>2200,7</b>	

Почетак вегетације везује се за активирање окаца (ВВСН 01-03). У осмотреном периоду, 2019. година издваја се са најранијим почетком вегетационог периода, 9. марта, док је најкасније започет 14. априла 2015. године. Почетак цветања детектован је када је 10% цветова било отворено (ВВСН 61-69) и у 2018. години је уочено најраније цветање сорте Панониа. Такође, ова година се издваја и по најранијем шарку и берби, 24. јун и 10. август. Шарак је евидентиран када крене зрење (ВВСН 81), те бобице мењају боју, а берба када су бобице потпуно зреле (ВВСН 89). Вегетација је најкраће трајала 2016. године, са свега 192 дана. Најдуже трајање вегетације се примећује 2019. године и 2018. године, са 264 и 252 дана, редом. Посматрајући огледне године (2021-2022), установљено је да су током 2022. године скоро све фазе развоја винове лозе почеле у просеку две недеље раније у односу на прву. На **слици 19**. представљене су фенофазе осмотрене на терену током обе огледне године, а на **слици 20**. годишњи биолошки циклус развића винове лозе сорте Панониа.

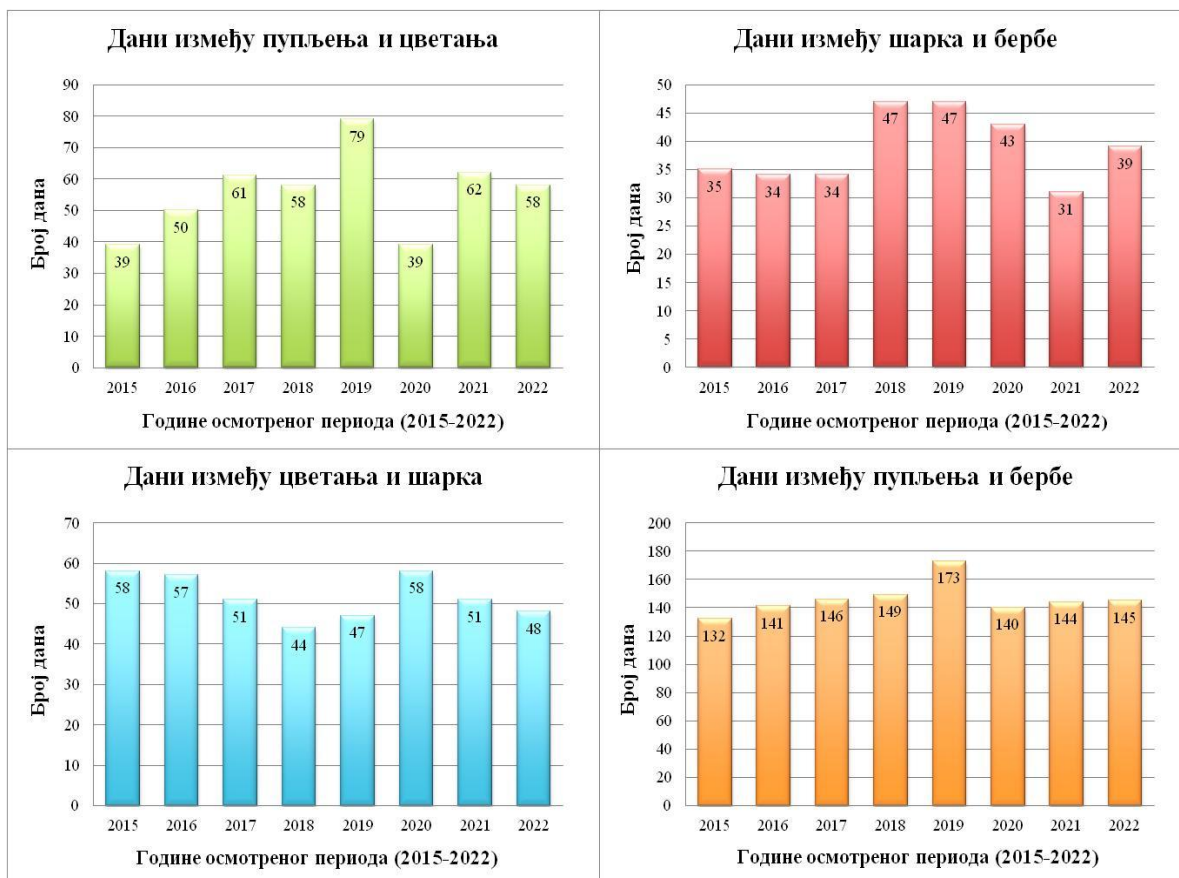


Слика 19. Детекција кључних фенофаза на терену



Слика 20. Годишњи биолошки циклус развића винове лозе сорте Панониа у винограду Плавинци

Број дана између активирања вегетације тј. пупљења и цветања варира и креће се од 39 до чак 79 дана, што је највећа вредност запажена у 2019. години (**График 2**). Следе га 2021. и 2017. година са 62 и 61 даном, редом. Нешто уједначеније су вредности дана између фенофазе цветања и шарка где је просечна вредност 51 дан, највећи број дана од 58 је достигнут током 2015. и 2020. године, док је најкраће време између ове две фенофазе остварено током 2018. године са 44 дана. Највећи број дана између шарка и бербе остварен је у 2018. и 2019. години са 47 дана, а најмањи број од свега 31 дан постигнут је током прве огледне 2021. године.



**График 2.** Број дана између трајања различитих фенофаза током осматреног периода (2015-2022)

Просечан број дана од активирања вегетације до бербе је 146. Најкраће трајање овог периода било је 132 дана за време 2015. године, док је у 2019. години трајао најдуже, 173 дана. Обе огледне године имају приближно исте вредности овог периода од 144 дана за 2021. и 145 дана за 2022. годину.

Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у осматреном периоду (2015-2022) приказани су у **табели 17**.

Табела 17. Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)

ПЕРИОД	Почетак вегетације		Цветање			Шарак			Берба			Крај вегетације		
	Дан од почетка године	Датум	Дан од почетка године	Датум	Број дана од почетка вегетације до цветања	Дан од почетка године	Датум	Број дана од цветања до шарка	Дан од почетка године	Датум	Број дана од шарка до бербе	Дан од почетка године	Датум	Број дана од бербе до краја вегетације
Осмотрени (2015-2022)	87	<b>28. март</b>	143	<b>22. мај</b>	56	195	<b>13. јул</b>	52	234	<b>21. август</b>	39	317	<b>12. новембар</b>	83

Фенолошка динамика винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022) показује стабилан развој сорте Панонија (**Табела 17**). Просечно, почетак вегетације наступа 87. дан од почетка године, а трајање периода од почетка вегетације до цветања просечно износи 56 дана. Фенофаза цветања почиње 143. дана од почетка године. Период од цветања до шарка траје у просеку 52 дана. Грожђе достиже технолошку зрелост у просеку 39 дана од појаве шарка (195. дан од почетка године). Вегетациони циклус траје укупно 230 дана, а завршава се 83 дана након бербе.

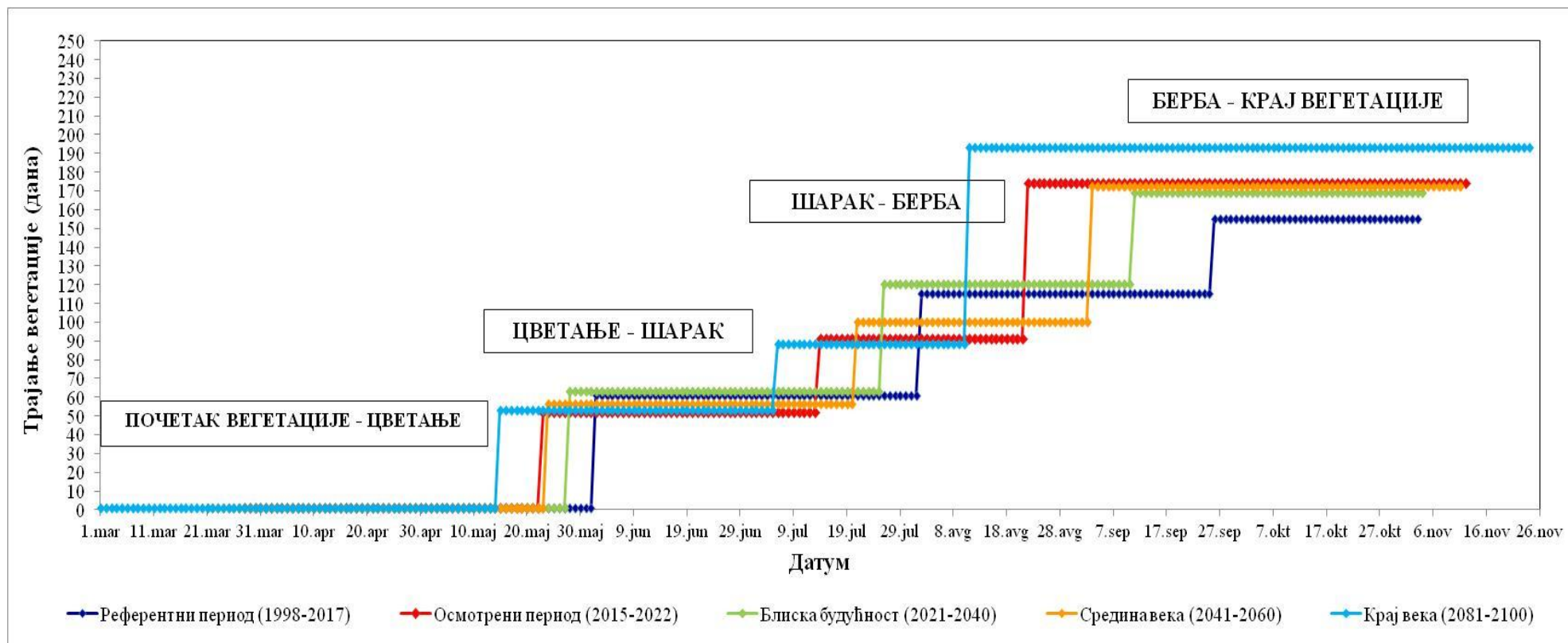
### 6.1.1. Предикције фенолошких фаза у условима климатских промена

Процене наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у референтном и три периода будућности одређене су медијаном вредности ансамбла осам регионалних климатских модела. Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у испитиваним периодима приказани су у **табели 18**, а на **графику 3**. представљено је померање вегетације анализираних периода.

Резултати добијени климатским моделима указују на значајно померање периода вегетације винове лозе (**Табела 18**). Просечно, почетак вегетације у референтном периоду (1998-2017) наступа 90. дан од почетка године. Очекује се да ће почетак вегетације у периодима будућности кренути за 3, 9 и 29 дана раније за период блиске будућности (2021-2040), средину века (2041-2060) и крај века (2081-2100), редом, у односу на референтни период. Трајање периода од почетка вегетације до цветања у референтном периоду просечно износи 63 дана, што је за 1 дан дуже него у блиској будућности, за 1 дан краће него у средини века и 12 дана краће него крајем века. Цветање у референтном периоду наступило је 154. дана од почетка године, што је за 3, 8 и 20 дана касније у поређењу са периодима блиске будућности, средине века и краја века, редом. Дужина трајања периода од цветања до шарка у референтном периоду износила је просечно 60 дана, што је за 3, 4 и 7 дана дуже него у блиској будућности, средини и крају века, редом. Фенофаза шарка у референтном периоду наступала је просечно 214. дана од почетка године, што је за 7, 12 и 27 дана касније у односу на предвиђено наступање шарка у периоду блиске будућности, средине века и краја века, редом. Трајање периода од шарка до бербе у референтном периоду износило је просечно 54 дана, што је за 5, 10 и 19 дана дуже него у блиској будућности, средини века и крају века, редом. Просечни дан наступања бербе винове лозе у референтном периоду био је 268. дан од почетка године, што је за 15, 22 и 45 дана касније од очекиваног датума бербе у периодима блиске будућности, средине и краја века, редом. Трајање периода од бербе до краја вегетације у референтном периоду просечно износи 41 дан што је за 12, 31 и 64 дана краће него у блиској будућности, средини века и крају века, редом. Укупно трајање вегетације у референтном периоду просечно је износило 218 дана, што је за 4 дана краће него у блиској будућности, за 17 дана краће него у средини века и за 49 дана краће него крајем века. Предвиђања указују на значајно померање вегетационог периода винове лозе сорте Панонија, нарочито крајем века (2081-2100) у односу на референтни период. Крајем века предвиђа се најранији почетак вегетације, као и раније наступање фенофаза (почетка вегетације, цветања, шарка и бербе) за 29, 20, 27 и 45 дана, редом, уз најдужи период од бербе до краја вегетације (105 дана) и укупно трајање вегетације од 267 дана. Резултати овог истраживања омогућавају виноградарима прецизнију примену агро- и ампелотехничких мера, као и планирање дугорочних стратегија одрживог виноградарства.

**Табела 18.** Дани и датуми наступања фенофаза, почетка и краја вегетације винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

ПЕРИОД	Почетак вегетације		Цветање			Шарак			Берба			Крај вегетације		
	Дан од почетка године	Датум	Дан од почетка године	Датум	Број дана од почетка вегетације до цветања	Дан од почетка године	Датум	Број дана од цветања до шарка	Дан од почетка године	Датум	Број дана од шарка до бербе	Дан од почетка године	Датум	Број дана од бербе до краја вегетације
<b>Референтни (1998-2017)</b>	<b>90</b>	<b>30. март</b>	<b>154</b>	<b>2. јун</b>	<b>63</b>	<b>214</b>	<b>1. август</b>	<b>60</b>	<b>268</b>	<b>25. септембар</b>	<b>54</b>	<b>308</b>	<b>3. новембар</b>	<b>41</b>
Блиска будућност (2021-2040)	87	27. март	151	30. мај	62	207	25. јул	57	253	10. септембар	49	309	4. новембар	53
Средина века (2041-2060)	81	21. март	146	25. мај	64	202	20. јул	56	246	2. септембар	44	315	11. новембар	72
Крај века (2081-2100)	61	1. март	134	13. мај	75	187	5. јул	53	223	10. август	35	328	24. новембар	105



**График 3.** Датуми, дани почетка и краја вегетације, наступања и трајања фенофаза винове лозе у референтном, три периода будућности и осмотреном периоду

Предикцијом наступања фенофаза винове лозе у измењеним климатским условима бавили су се и многи други истраживачи, те се резултати овог истраживања у великој мери подударају са истраживањима обављеним у најважнијим винским регионима света. Раније наступање фенофазе сазревања грожђа, односно бербе широм света, установили су и Webb et al. (2012), Van Leeuwen и Darriet (2016), Koufos et al. (2020), Espinosa-Roldán et al. (2024), Kotsidis et al. (2026) итд. До 2050. године, у неким виноградарским регионима берба би могла да се деси и до 45 дана раније у односу на осмотрени период (Webb et al., 2007), што је радикалније скраћење у односу на наша истраживања. С обзиром да су промене температуре израженије током летњег периода године који је уједно и вегетациони период, очекује се скраћење трајања свих фенофаза (Piña-Rey et al., 2020; Droulia и Charalamopoulos, 2022) што потврђују и бројне климатске студије за различите климатске сценарије (Ramos, 2017; Fraga et al., 2022, Omazić et al., 2023). Међутим, иако су нека истраживања показала позитивну корелацију између температуре и ранијег почетка већине фенолошких фаза у топлијим климатима (Fraga et al., 2017; Koufos et al., 2022), утицај климатских промена на пуцање пупољака тј. пупљење није у потпуности очигледан у зависности од локалитета винограда. Ранији почетак пуцања пупољака указује на потенцијално већи ризик од мраза. Tomasi et al. (2011) су за период (1964-2009) утврдили трендове ранијег почетка цветања, шарка и бербе до 19 дана у Венету (Италија). Van Leeuwen et al. (2019) су уочили ранији почетак свих фенолошких фаза у Француској у периоду од 1951. до 2018. године, али су трендови пуцања пупољака били мање изражени него у другим фазама. Раније наступање фенофаза потврђују и истраживања Scutarazu et al. (2026) где је утврђено да су цветање и сазревање грожђа у 2024. години наступили 11-13 дана раније у односу на 2022. и 2023. годину, услед повећања температура ваздуха током вегетационог периода.

Ramos (2017) се бавио предвиђањем фенологије белих сорти винове лозе на североистоку Шпаније у условима климатских промена. Коришћена су два климатска сценарија RCP4.5 и RCP8.5 и ансамбл климатских модела. Пројекције за периоде 2030, 2050. и 2070. година вршене су на основу осмотрених фенолошких датума и сума ефективних температура. Ова студија показује да у оба климатска сценарија долази до скраћивања како укупне дужине вегетације, тако и појединих фенофаза винове лозе. Фенофаза шарка и бербе може наступити и до 10 и 16 дана раније, редом, до 2050. године и до 12 и 20 дана до 2070. године према RCP4.5 сценарију. Према RCP8.5 сценарију, раније наступање фенофаза до 2070. године могло би бити до 23 и 28 дана, што је у великој сагласности са резултатима овог истраживања. Добијене резултате аутори оправдавају са смањењем расположиве воде што подстиче скраћење како вегетације, тако и фенофаза. Ове резултате потврђују и Vercesi et al. (2023) анализирајући белу винску сорту Шардоне (*Vitis vinifera* L. cv. *Chardonnay*) у северној Италији где су установили да климатске промене убрзавају датум бербе, те ће се она померити у прве две недеље августа. Затим, и Fraga et al. (2016) указују на раније наступање и скраћивање трајања свих фенофаза, 1 и 2 дана за почетак вегетације и цветања и 4 и 8 дана за шарак. Истичу да климатске промене поред негативних, имају и позитивне ефекте на развој винове лозе. Иако раније наступање фенофаза није повољно за виноградаре, ипак постоје и позитивни утицаји у смислу дужине трајања повољног периода за раст и развој винове лозе повезаног са касним почетком јесени и хладног времена. Ипак, спроведене су и друге студије у различитим виноградарским зонама у којима се запажа продужавање фазе пораста (пуцање пупољака) до појаве цветања (Fraga et al., 2016). Напредак фенологије, односно скраћење фенофаза, значиће да ће се сазревање одвијати у лето под вишим температурама него сада, што може утицати квалитет грожђа. Посебно, повећање нивоа калијума, нижа укупна киселост и повећање концентрације шећера доводи до високог нивоа алкохола у вину, модификација сортне ароме и сензорних атрибута (De Orduna, 2010; Sadras et al., 2013). Такође, у истраживању Espinosa-Roldán et al. (2024) које је трајало током 2020-2023. године на 34 сорте винове лозе у централном делу Пиринејског полуострва, приказано је да је дужина вегетационог циклуса од пупљења (BVCH 03) до зрелости, тј. бербе (BVCH

89) у 2022. години смањена за 22, односно 13 дана, у поређењу са 2021. и 2020. годином, што није случај са резултатима овог истраживања (дужина вегетационог циклуса се повећава из године у годину). Високе температуре, суша и стални топлотни таласи током лета 2022. године убрзали су процес сазревања многих сорти, што је довело до дисбаланса шећера, високог садржаја алкохола, рН вредности и ниских концентрација киселина. Ове резултате потврђују и Fraga et al. (2016) и Muñoz-Organero et al. (2022) где су датуми бербе почињали од 15 до 21 дан раније од уобичајених датума што је у сагласности са резултатима овог истраживања (берба се очекује 15 дана раније у периоду блиске будућности (2021-2040) у односу на бербу обављену у референтном периоду (1998-2017)).

Током последње две деценије, винова лоза у Бордоу (Француска) тежи ка ранијим фенолошким догађајима, скраћивању фенолошких интервала и продужењу вегетације (Jones и Davis, 2000), што је у сагласности са резултатима овог истраживања. На простору Шпаније, Muñoz-Organero et al. (2022) су проучавали 53 сорте винове лозе (18 белих и 35 црвених) у оквиру различитих виноградарских рејона током 2019-2021. године. Резултати указују да је у просеку, белим сортама било потребно 250,9 дана у 2019. години, 253,5 дана у 2020. години и 256,3 дана у 2021. години да достигну зрелост (ВВСН 89), што наглашава продужење вегетационог периода за по три дана по години. Са овим тврдњама, слажу се и Mesterházy et al. (2014) са резултатима добијеним од 3 регионална климатска модела за периоде: средина века (2021-2050) и крај века (2071-2100) и референтни период (1961-1990) изучавајући доминантно беле винске сорте на подручју Мађарске. Сва три коришћена модела предвиђају дужу вегетацију у блиској будућности у поређењу са референтним периодом, што је у складу са резултатима овог истраживања. До средине 21. века дужина вегетационог циклуса може бити до 180-210 дана, док у периоду краја века она може достићи и 200-230 дана. Ризик од оштећења од мраза скоро ће нестати крајем 21. века.

У нашем блиском окружењу, на југозападним обронцима Карпата, у североисточном делу Румуније, Colibaba et al. (2024) су спровели истраживање на белим винским сортама винове лозе у винограду Одобешти. Климатски услови румунског винограда су у великој сличности са климом у Плавинцима (умерено-континентална клима са просечном годишњом температуром ваздуха од 12 °C и годишњом сумом падавина од 656 mm). Климатске пројекције, засноване на климатским моделима SSP1-1.9 и SSP5-8.5 и историјским подацима (1971-2021), симулирају будуће услове у складу са сценаријима ниских (CO<sub>2</sub> нула до 2050. године) и високих емисија (CO<sub>2</sub> утростручен до 2075. године). Њихови резултати указују да ће се у анализираном региону фенофаза променити услед пораста температуре, што ће довести до убрзања сазревања грожђа за 15 дана (SSP1-1.9) или 24 дана (SSP5-8.5), што је у складу са предикцијама овог истраживања (берба се очекује 15 дана раније у блиској будућности и 22 дана раније средином века). Убрзавање годишњег животног циклуса винове лозе повезано је са широким спектром нежељених ефеката, од којих је неуравнотежен физичко-хемијски састав грожђа озбиљан проблем при производњи вина, самим тим и у економији винског сектора. Такође, и на територији Хрватске, Omazić et al. (2023) су закључили да растуће температуре током вегетационог периода доводе до ранијег сазревања грожђа. Истраживање је спроведено на 4 винске сорте винове лозе. Међутим, ове промене се разликују од сорте до сорте, као и од локације. Због осетљивости виноградарског сектора, укључујући могуће губитке у производњи у садашњим виноградарским подручјима, као и због садње винограда у новим подручјима, од великог је значаја испитати трендове у појави појединачних фаза и што успешније их повезати са променама у метеоролошким параметрима. Најједноставнији приступ томе је коришћење температурних сума, GDD, које могу одредити могућност узгоја одређене сорте. Статистички фенолошки модели, укључујући моделе засноване на GDD и вишеструке линеарне регресије, показали су се као добри индикатори појаве појединачних фенолошких фаза. GDD модели са базом од 5 °C били су бољи за предвиђање пупљења, док су модели са базом од 10 °C били бољи за

предвиђање других фаза, посебно цветања. Ове тврдње су у сагласности са резултатима овог истраживања где је коришћена базна температура од 10 °С.

На територији Србије, Ruml et al. (2016) су установили да све фенофазе осим пупљења наступају раније на подручју Сремских Карловаца, што је у сагласности са резултатима овог истраживања. Значајан пораст просечних и екстремних температурних индекса детектован је у периоду од почетка цветања до појаве шарка. Загревање није значајно утицало на трајање интервала раста винове лозе, али је довело до ранијег цветања и шарка, што је резултирало дозревањем у топлијим условима. Већина варијација у времену фенолошких догађаја (74-90%) може се објаснити линеарном релацијом између датума почетка фенолошке фазе и температуре, при чему су средње и максималне температуре важније од минималних температура.

Sivčev и Petrović (2004) су вршили фенолошка осматрања белих винских сорти у периоду (1991-1993) на Огледном добру Пољопривредног факултета Универзитета у Београду „Радмиловац“ које припада Грочанском виногорју. Аутори су установили да просечно трајање вегетационог периода варирало је између 167 и 207 дана, што се подудара са резултатима овог истраживања за референтни период (218 дана).

Фенолошка разноликост сорти указује на чињеницу да различите сорте винове лозе имају различите температурне захтеве да би достигле кључне фенолошке фазе (Morales-Castilla et al., 2020). Разумевање температурних захтева различитих сорти коришћењем фенолошког моделирања заснованог на температури може пружити информације о подобности сорте на измењене климатске услове. Ово омогућава виноградарима да се прилагоде климатским променама коришћењем сорти (предност су аутохтоне) које би се брзо адаптирале на будуће топлије услове (Koufos et al., 2022; Muñoz-Organero et al., 2022). Стога, пројекције фенофаза винове лозе према будућим сценаријима климатских промена су стратешки алат за подршку виноградарима у функцији добре праксе и благовременог спровођења одговарајућих мера са циљем оптимизације приноса и квалитета грозђа (Cola et al., 2014; Fraga et al., 2016; Ramos, 2017; Teslić et al., 2019; Muñoz-Organero et al., 2022).

## 6.2. Евапотранспирација културе – винове лозе (ET<sub>c</sub>)

За прорачун референтне евапотранспирације у претходном двадесетогодишњем – референтном периоду (1998-2017), осмотреном (2015-2022), огледном (2021-2022) и три будућа двадесетогодишња периода (2021-2040, блиска будућност; 2041-2060, средина века и 2081-2100. година, крај века), коришћена је метода Hargreaves-а. Вредности референтне евапотранспирације за огледни период представљене су у **табели 19**.

**Табела 19.** Месечне вредности ET<sub>c</sub> по методи Hargreaves-а у огледном периоду (2021-2022)

МЕСЕЦ/ГОДИНА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021	18,6	34,0	59,1	88,2	129,5	168,7	174,5	144,8	101,3	49,3	25,7	14,5
2022	17,7	32,8	59,9	94,9	153,1	174,4	181,7	152,9	85,2	59,3	24,7	19,7
<b>ПРОСЕК</b>	<b>18,2</b>	<b>33,4</b>	<b>59,5</b>	<b>91,5</b>	<b>141,3</b>	<b>171,6</b>	<b>178,1</b>	<b>148,9</b>	<b>93,2</b>	<b>54,3</b>	<b>25,2</b>	<b>17,1</b>

Референтна евапотранспирација (ET<sub>c</sub>) током вегетационог периода у 2021. години износила је 941 mm, док је у 2022. години достигла 986,2 mm, што је за 4,8% више него у првој огледној години. Најнижа дневна просечна вредност ET<sub>c</sub> за обе огледне године је 0,6 mm·дан<sup>-1</sup> у јануару, а највећа од 5,8 mm·дан<sup>-1</sup> у јулу.

Да би се постигла оптимална производња винове лозе у виноградима који се наводњавају методом кап по кап, неопходно је проценити компоненте евапотранспирације

културе ( $ET_c$ ) да би се установиле њене реалне потребе за водом. Вредности  $ET_c$  за различите фенофазе током вегетационог циклуса у осмотреном периоду приказане су у **табели 20**.

**Табела 20.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе у осмотреном (2015-2022) периоду

ПЕРИОД	$\Sigma ET_c$ од почетка вегетације до цветања	$\Sigma ET_c$ од цветања до шарка	$\Sigma ET_c$ од шарка до бербе	$\Sigma ET_c$ од бербе до краја вегетације	$\Sigma ET_c$ од почетка до краја вегетације
Осмотрени (2015-2022)	83,7	172,8	102,5	39,0	438,2

Током осмотреног периода (2015-2022), укупна евапотранспирација ( $ET_c$ ) винове лозе износила је 438,2 mm, при чему је највећа потрошња воде забележена у фенофази од цветања до шарка (172,8 mm). У овој фенофази потребе за водом су најизражајније јер је раст гроздова и ластара најинтензивнији. Потрошња воде је знатно нижа од бербе до краја вегетације (39 mm), што указује на постепено смањење физиолошке активности лозе.

Вредности просечне евапотранспирације винове лозе по режимима наводњавања током трајања огледа приказане су у **табели 21**. У двогодишњем периоду, винова лоза на третману са пуним наводњавањем (F) просечно је потрошила 469,7 mm, винова лоза на третману са редукованим наводњавањем (R) 435,6 mm и винова лоза на третману без наводњавања (S) 368,4 mm. Тестирање значајности разлике указало је да између F и R третмана не постоји статистички значајна разлика (нз), док се оба поменута третмана статистички значајно разликују у поређењу са S третманом.

**Табела 21.** Ефекат режима наводњавања на просечну евапотранспирацију винове лозе током двогодишњег истраживања

Третмани	Огледне године		Просек (**)
	2021	2022	
F	418,4	521,1	469,7 a
R	392,1	479,1	435,6 a
S	323,9	412,8	368,4 b
Просек	378,1	471,0	424,6

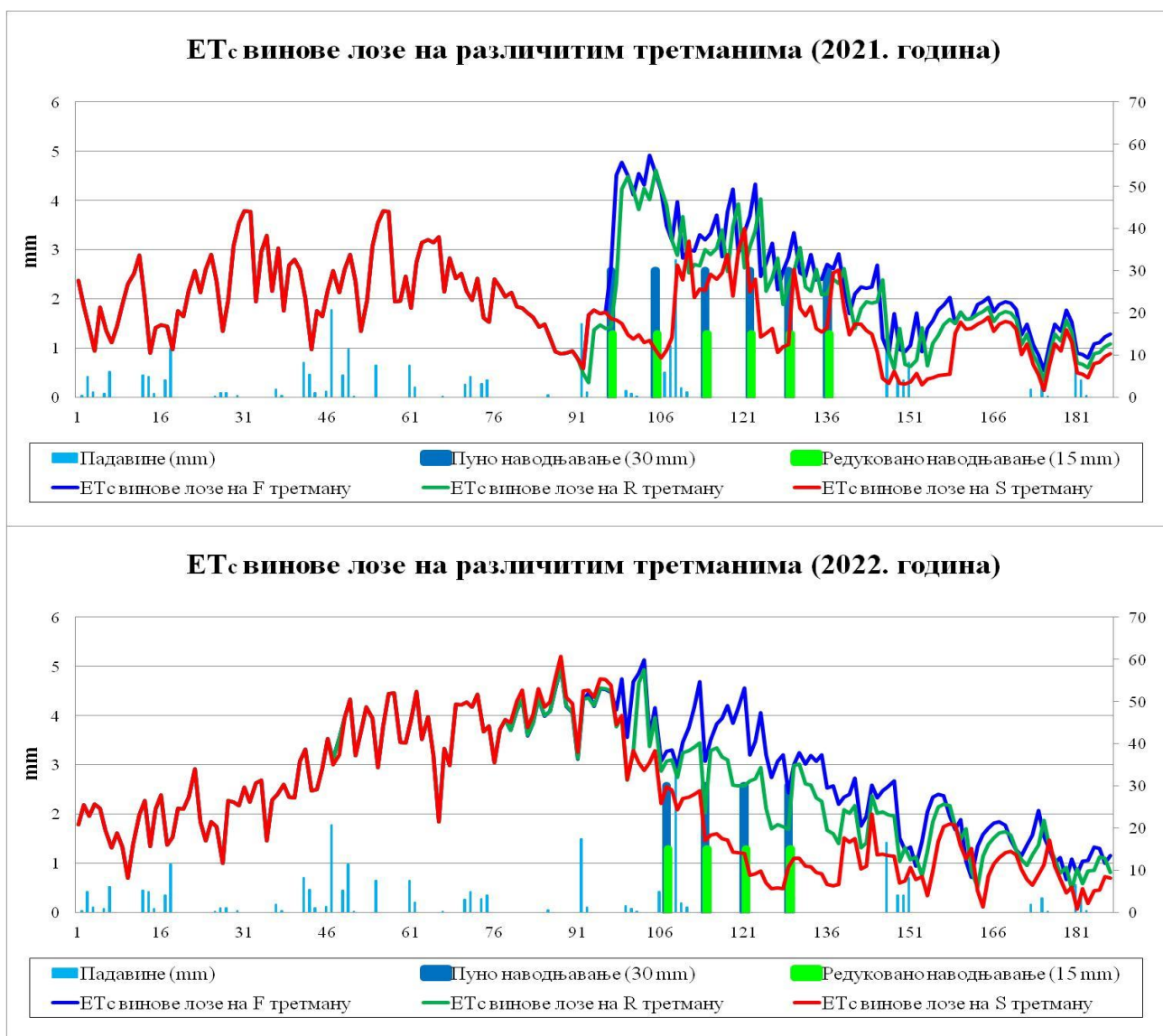
Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )

Вредности просечне  $ET_c$  винове лозе у различитим фенофазама по режимима наводњавања током трајања огледа приказане су у **табели 22**, а на **графику 4**. приказан је тренд евапотранспирације винове лозе на третманима наводњавања у огледним годинама (2021-2022).

**Табела 22.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе током двогодишњег истраживања

ФЕНОФАЗА/ТРЕТМАНИ	ОГЛЕДНЕ ГОДИНЕ					
	2021			2022		
	F	R	S	F	R	S
$\Sigma ET_c$ од почетка вегетације до цветања	141,5	141,5	141,5	122,5	122,5	122,1
$\Sigma ET_c$ од цветања до шарка	129,9	120,7	90,2	189,6	186,3	189,7
$\Sigma ET_c$ од шарка до бербе	80,6	73,2	53,4	133,6	106,6	57,9
$\Sigma ET_c$ од бербе до краја вегетације	66,3	56,7	38,8	75,3	63,7	43,1
$\Sigma ET_c$ од почетка до краја вегетације	418,4	392,1	323,9	521,1	479,1	412,8

Добијени резултати показују јасне разлике између две године испитивања и третмана наводњавања. Просечна вредност  $ET_c$  винове лозе била је значајно већа у 2022. години у свим третманима, што указује на топлије и сушније време у односу на 2021. годину. Евапотранспирација винове лозе од почетка до краја вегетације за 2022. годину је за 24,55% већа у односу на прву огледну годину. Током фенофазе од почетка вегетације до цветања вредности  $ET_c$  винове лозе уједначене су на свим третманима наводњавања у обе огледне године. Разлике настају услед примене наводњавања, па просечна двогодишња вредност  $ET_c$  винове лозе у периоду од цветања до шарка на третману пуног наводњавања (F) износи 159,8 mm, на третману редукованог наводњавања (R) је 153,5 mm и на третману без наводњавања (S) је 139,9 mm. Овај период јесте најкритичнији за винову лозу – неопходно је пажљиво руковати водним режимом како би се постигли повољни услови за сазревање грожђа. Просечна вредност  $ET_c$  винове лозе у овом периоду је за 45,96% већа у односу на вредност из 2021. године. Просечне двогодишње вредности  $ET_c$  винове лозе у периоду од шарка до бербе износе 107,1 mm, 89,8 mm и 55,7 mm за F, R и S третман, редом, док у периоду од бербе до краја вегетације оне износе 70,7 mm, 60,2 mm и 40,9 mm, за F, R и S третман, редом.



**График 4.** Евапотранспирација винове лозе током огледних година (2021-2022) на испитиваним третманима наводњавања (F, R и S)

Максималне дневне вредности  $ET_c$  винове лозе у првој огледној години на F, R и S третману биле су  $4,9 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ ,  $4,6 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$  и  $3,8 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ , редом. Просечна дневна евапотранспирација винове лозе на F, R и S третману износила је  $2,2 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ ,  $2,1 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$  и  $1,7 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ , редом.

Током друге огледне (2022) године, максималне дневне вредности на F, R и S третману биле су  $5,1 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ ,  $5,0 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$  и  $5,2 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ , редом. Просечна дневна  $ET_c$  винове лозе на F, R и S третману износила је  $2,8 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ ,  $2,6 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$  и  $2,2 \text{ mm} \cdot \text{дан}^{-1}$ , редом, што је за 27,3%, 23,8% и 29,4% више у односу на 2021. годину (**График 4**).

### 6.2.1. Предикције евапотранспирације културе – винове лозе ( $ET_c$ ) у условима климатских промена

Вредности евапотранспирације културе винове лозе ( $ET_c$ ) за различите фенофазе током вегетационог циклуса у референтном и три периода будућности приказане су у **табели 23**.

**Табела 23.** Вредности  $ET_c$  по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

ПЕРИОД	$\Sigma ET_c$ од почетка вегетације до цветања	$\Sigma ET_c$ од цветања до шарка	$\Sigma ET_c$ од шарка до бербе	$\Sigma ET_c$ од бербе до краја вегетације	$\Sigma ET_c$ од почетка до краја вегетације
Референтни (1998-2017)	108,7	211,6	123,5	35,9	480,7
Блиска будућност (2021-2040)	106,1	202,4	120,4	58,6	478,5
Средина века (2041-2060)	101,4	201,0	120,2	73,9	498,0
Крај века (2081-2100)	103,6	191,3	112,8	128,1	539,2
<b>ПРОСЕК</b>	<b>105,0</b>	<b>201,6</b>	<b>119,2</b>	<b>74,1</b>	<b>499,1</b>

Детаљно праћење евапотранспирације током сваке фенофазе винове лозе кључно је за ефикасно управљање водним ресурсима у виноградарству. Винова лоза показује различит степен осетљивости на водни дефицит у различитим фазама развоја. Током одређених фенофаза, попут сазревања, недостатак воде може негативно утицати на квалитет и принос, док у другим фенофазама овај утицај може бити мање изражен. Управо зато, правовремено усмеравање пажње на потребе за водом винове лозе у свакој фази развоја омогућава прецизно управљање наводњавањем и постизање врхунских резултата у виноградарској производњи.

На основу представљених резултата (**Табела 23**), највише вредности  $ET_c$  у скоро свим фенофазама уочене су у референтном периоду (1998-2017) у односу на остале испитиване периоде. Када је у питању временски интервал од фенофазе пупљења до цветања, највеће вредности  $ET_c$  остварене су у референтном периоду са  $108,7 \text{ mm}$ , док се најниже са  $101,4 \text{ mm}$  очекују средином века (2041-2060). Евапотранспирација културе од цветања до шарка поред референтног периода ( $211,6 \text{ mm}$ ), највише вредности очекује у периодима будућности – блиска будућност и средина века са  $202,4 \text{ mm}$  и  $201,0 \text{ mm}$ , редом. У раздобљу од шарка до бербе, највеће вредности  $ET_c$  добијене су у референтном периоду са  $123,5 \text{ mm}$ , затим у периодима будућности – блиска будућност и средина века вредности  $ET_c$  износиће  $120,4 \text{ mm}$  и  $120,2 \text{ mm}$ , редом. Најнижа вредност  $ET_c$  од бербе до краја вегетације са  $35,9 \text{ mm}$  запажа се у референтном периоду, док се највећа очекује крајем века (2081-2100) са  $128,1 \text{ mm}$ , што је

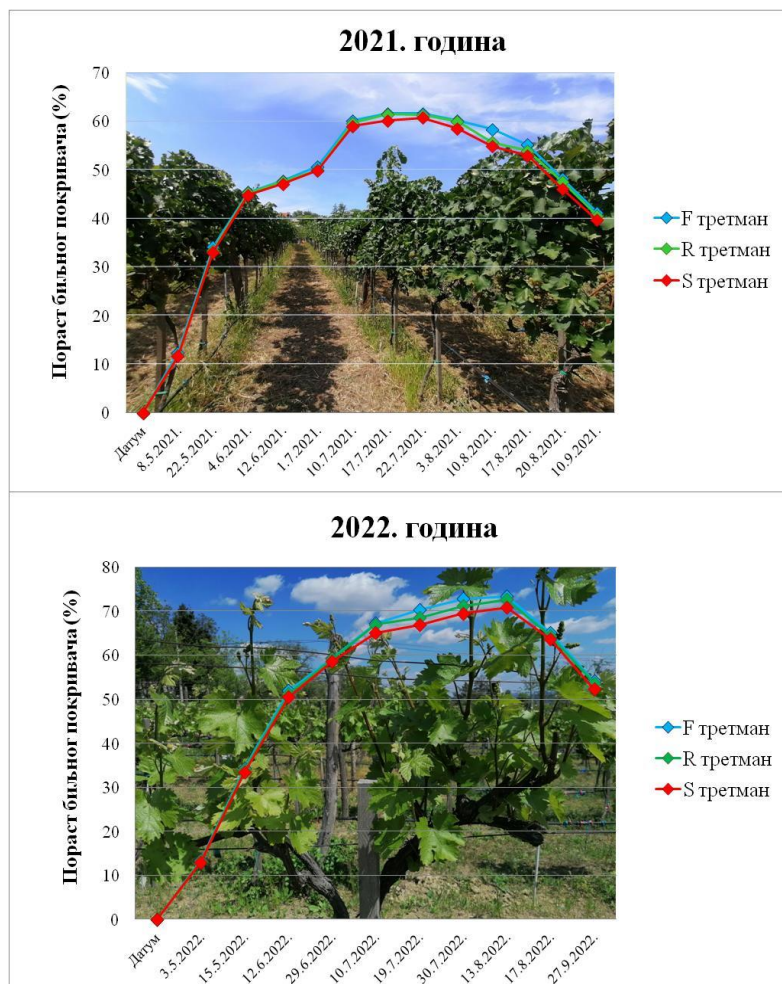
приближно 4 пута више у односу на референтни период. Просечна вредност  $ET_c$  од почетка до краја вегетације износи 499,1 mm за све испитиване периоде, а највећа вредност од 539,2 mm очекује се крајем века, што је за 12,69% више у односу на очекивану вредност  $ET_c$  у блиској будућности (478,5 mm).

Добијени резултати овог истраживања у складу су са резултатима López-Urrea et al. (2012) који су током трогодишњег експеримента (2007-2009) изучавали потребе за водом винове лозе Темпраниљо (*Vitis vinifera* L. cv. *Tempranillo*) у винограду у централној Шпанији (Албасете). Сезонска евапотранспирација винове лозе ( $ET_c$ ) износила је 550 mm у 2007. години, 377 mm у 2008. и 505 mm у 2009. години. Ниже вредности  $ET_c$  у 2008. години биле су у директној вези са мањом покривеношћу у тој години изазваном касним мразом. Такође, према студији Munitz et al. (2019), сезонска евапотранспирација винове лозе ( $ET_c$ ) износила је 715 mm, док је сезонска референтна евапотранспирација ( $ET_o$ ) износила 1237 mm. Аутори закључују да је сезонски ток развоја винове лозе и референтне евапотранспирације био сличан током вегетације. На почетку вегетације,  $ET_c$  је била на свом минимуму (90-110 дан од почетка године) са вредностима од 1,0-1,5 mm·дан<sup>-1</sup>, а од пупљења до шарка, забележено је константно повећање  $ET_c$  достижући вредности од 4-6 mm·дан<sup>-1</sup>. Након сазревања грожђа, забележен је константан пад  $ET_c$ , достижући вредности од 3-4 mm·дан<sup>-1</sup>. Shapland et al. (2012) су процењивали  $ET_c$  у виноградима на различитим нагибима у Калифорнији. Резултати показују да је нагиб терена имао значајан утицај на евапотранспирацију винове лозе, при чему су веће вредности  $ET_c$  забележене на падинама изложенијим сунцу. Од јуна до септембра, просечна евапотранспирација износила је 2,4 mm·дан<sup>-1</sup> у заравњеном винограду, 2,2 mm·дан<sup>-1</sup> у винограду позиционираном североисточно и 2,7 mm·дан<sup>-1</sup> у винограду окренутом ка југозападу. López et al. (2009) су током четворогодишњег истраживања (1999-2002) беле сорте винове лозе установили да су вредности референтне евапотранспирације у вегетационом периоду биле 1103,9 mm, 979,5 mm, 976,7 mm и 1027,5 mm за 1999, 2000, 2001. и 2002. годину, редом. Caruso et al. (2023) су током двогодишњег експеримента у Италији добили вредности за референтну евапотранспирацију од 927 mm и 900 mm, за 2018. и 2019. годину, редом. Резултати López et al. (2009) и Caruso et al. (2023) су у складу са вредностима  $ET_o$  добијеним овом истраживању, које су износиле 941 mm за 2021. и 986,2 mm за 2022. годину, што указује на сличне климатске услове који су обликовали водни биланс у различитим виноградарским регионима.

Phogat et al. (2024) су вршили процену моделованих и мерених компоненти водног биланса на 48 локација винограда током три узастопне сезоне (2018-2021) у региону Бароса (Аустралија). Просечна количина падавина у региону је 467 mm, а годишња  $ET_o$  је 1300 mm (што је за око 300 mm више у односу на резултате  $ET_o$  овог истраживања), што резултира потребом за наводњавањем гајених култура.  $ET_o$  вредности током сезона 2018-19, 2019-20. и 2020-21. године биле су 1010,2 mm, 1010,2 mm и 968,9 mm, редом. Резултати су показали високу варијабилност у распону од 20% до 97% у дневним стварним  $ET_c$  вредностима, а сезонска  $ET_c$  је варијала од 119-546 mm на различитим локацијама и сезонама. Просечна стварна транспирација (Т) и испаравање (Е) широм региона чине око 65% и 35% од  $ET_c$ , редом, што показује потребу за бољим управљањем водом. На крају, аутори закључују да је неопходно прилагодити управљање водом и планове наводњавања у зависности од варијација у компонентама водног биланса и фенофазама винове лозе одређене локације.

### 6.3. Динамика раста и развоја биљног покривача винове лозе

Развој биљног покривача директно утиче на продуктивност винове лозе, физиолошке процесе биљке, ефикасност употребе воде и фотосинтетски потенцијал. На **графику 5.** приказана је динамика раста биомасе винове лозе сорте Панонија у винограду Плавинци током огледних година.



**График 5.** Динамика раста биљног покривача винове лозе током двогодишњег истраживања у различитим режимима наводњавања

Током прве огледне године (2021), на самом почетку вегетационог периода, у фенофази пупљења, просечна покривеност је износила 12,4%, 11,8% и 11,6% за третмане F, R и S, редом. Максималне вредности просечне покривености биомасе достижу се у фенофази шарак (средином јула) и износе 61,9% на F третману, 61,4% на R третману и 60,1% на S третману. Када наступи ова фенофаза, престаје пораст биомасе винове лозе. У фенофази шарка престаје интензиван пораст биомасе јер лоза преусмерава енергетске и метаболичке ресурсе са вегетативног раста на сазревање грожђа. Током овог периода долази до значајних физиолошких промена – активност фотосинтезе се постепено усмерава на синтезу шећера, органских киселина и других једињења у бобицама, док се раст листова успорава. Након бербе, просечна покривеност је била 41,2%, 40,5% и 39,6% за третмане F, R, S, редом. Разлике у процентима покривености између различитих третмана наводњавања се највише уочавају након заливања, тачније од месеца јула. Вредност процента просечне покривености биљног покривача винове лозе је на третману пуног наводњавања (F) износила 48,9%, на третману редукованог наводњавања (R) 48,9% и на третману без наводњавања (S) 47,5%.

Покривеност биљног покривача током 2022. године, као и у првој огледној години, нагло расте све до фенофаза шарак. На самом почетку вегетације, просечна покривеност је износила 13,5%, 13,2% и 12,9% за третмане F, R и S, редом. Максимална просечна покривеност на F третману износила је 73,4%, на R третману 72,6% и на S третману 70,8% и јавила се у фенофази шарка. Након бербе, просечна покривеност је била 54,2%, 53,6% и 52,3% за третмане F, R и S, редом. Просечна покривеност биљног покривача винове лозе је на третману F износила 56,2%, на третману R 55,5% и на третману S 54,4%.

На основу представљеног, виде се разлике у вредностима између две огледне године. Наиме, на почетку вегетације, вредности просечне покривености за 2022. годину су за 9,1%, 11,8% и 11,8% веће у односу на третмане F, R и S у 2021. години, редом. Процент повећања максималне покривености у 2022. години у односу на 2021. годину је 19,2%, 18,2% и 17,9% за F, R и S третман, редом. Највеће разлике између третмана изражене су од средине јула (фенофаза шарка).

Ефекти режима наводњавања на покривеност сорте Панониа током 2021-2022. године приказани су у **табели 24**. Током 2022. године уочене су више вредности покривености због спроведеног наводњавања у две вегетационе сезоне заредом, што значи да је винова лоза имала довољну количину воде за правилан раст и развој. Просечна вредност покривености у 2022. години је била 55,3% што је за 14,5% више у односу на просечну вредност (48,3%) из 2021. године. Режији наводњавања нису статистички значајно утицали (нз) на покривеност, али се уочава да је највећа покривеност биљног покривача винове лозе запажена у третману пуног наводњавања (F) и она износи 48,9% током 2021. године и 56,2% током 2022. године, што је за 1,2% веће од покривености биљног покривача винове лозе на R и за 2,9% веће од покривености винове лозе на S третману у 2021. години, а за 1,3% веће од R и за 3,3% веће од S третмана у 2022. години.

**Табела 24.** Ефекат режима наводњавања на просечну покривеност (%) биљног покривача винове лозе Панониа током двогодишњег истраживања

Третмани	Огледне године		Просек (нз)
	2021	2022	
F	48,9	56,2	<b>52,6</b>
R	48,3	55,5	<b>51,9</b>
S	47,5	54,4	<b>51,0</b>
<b>Просек (нз)</b>	<b>48,3</b>	<b>55,3</b>	<b>51,8</b>

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )

До сличних закључака дошли су и Salazar et al. (2024) који су установили да је сезонски ток пораста биомасе винове лозе био сличан међу свим третманима наводњавања. Брзо повећање покривености на почетку сезоне достиже свој максимум око фенофаза шарка (око 70%) што је у складу и са резултатима Munitz et al. (2017) који наводе да је главни период вегетационог раста винове лозе од фенофаза цветања до фенофаза шарка. López-Urrea et al. (2012) су утврдили током трогодишњег експеримента (2007-2009) да су добијене ниже вредности  $ET_c$  у 2008. години биле у директној вези са мањом покривеношћу у тој години изазваном касним мразом. Добијене вредности  $ET_c$  су 550 mm у 2007. години, 377 mm у 2008. и 505 mm у 2009. години, што је у сагласности са резултатима  $ET_c$  овог истраживања. Просечна максимална вредност покривености биљног покривача за све три године је износила 39%, што је за 32,82% више од добијене вредности максималне покривености у овом истраживању (51,8%).

Истраживања De Azevedo et al. (2008), Flexas et al. (2010), Bellvert et al. (2021), Drori et al. (2022) и Alvarez Arredondo et al. (2023) су показала да наводњавање има значајан утицај на степен покривености винове лозе. Такође, и Edwards и Clingeleffer (2013) су закључили да су третмани наводњавања имали ефекте на брзину и раст крошње винове лозе Каберне совинјон (*Vitis vinifera* L. cv. *Cabernet Sauvignon*). Trigo-Córdoba et al. (2015), Munitz et al. (2018), Wenter et al. (2018) и Ohana-Levi et al. (2024) су увидели значајан утицај наводњавања на вегетативни пораст винове лозе. Добро управљање наводњавањем доприноси бољем развоју листова и крошње, док вегетациони пораст може послужити као добар показатељ доступности воде.

Истраживања Medrano et al. (2015) указују да примена стратегије – режима редукованог наводњавања у односу на режим пуног наводњавања утиче на смањење садржаја воде у земљишту, што доводи до различитог понашања кореновог система винове лозе. Примена режима редукованог наводњавања утиче на смањење покривености, а самим тим и потрошњу воде винове лозе.

Лереј et al. (2024) су истраживали утицај наводњавања на покривеност беле сорте винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Hárslevelű*) у Мађарској током вегетационе сезоне (март-септембар) 2022. године. Праћена су три третмана: без наводњавања, подземно наводњавање и површинско наводњавање методом кап по кап. Према добијеним резултатима, аутори су запазили да наводњавање значајно утиче на вегетативни раст винове лозе - подземно и наводњавање кап по кап доводе до већих димензија и површине крошње у поређењу са третманом без наводњавања, што показује висок степен усаглашености са резултатима овог истраживања. Индекс покривености био је сличан у сва три третмана, са вредностима од 0,92, 0,93 и 0,94 за подземно наводњавање, наводњавање методом кап по кап и третман без наводњавања, редом. Ови резултати указују на значајну улогу наводњавања у оптимизацији вегетативног раста и продуктивности винове лозе.

#### 6.4. Дефицит воде

Посматрање водног дефицита у појединачним фенофазама уместо током целокупног вегетационог периода, од суштинског је значаја за прецизно управљање водним ресурсима у виноградима. Различите фенофазе винове лозе захтевају различите потребе за водом. Тако на пример, за време фенофазе сазревања, винова лоза има изразиту потребу за водом, док се у другим фазама, попут фенофазе цветања, могу јавити вишкови воде који могу угрозити квалитет и принос грождја. Вредности дефицита воде ( $I_n$ ) по фенофазама винове лозе за осмотрени период (2015-2022) приказане су у **табели 25**.

**Табела 25.** Вредности  $I_n$  (mm) по фенофазама винове лозе у осмотреном периоду (2015-2022)

ПЕРИОД	$\Sigma I_n$ од почетка вегетације до цветања	$\Sigma I_n$ од цветања до шарка	$\Sigma I_n$ од шарка до бербе	$\Sigma I_n$ од бербе до краја вегетације	$\Sigma I_n$ од почетка до краја вегетације
<b>Осмотрени (2015-2022)</b>	3,4	81,6	46,7	-38,1	93,5

Просечна вредност  $I_n$  од почетка до краја вегетације у осмотреном периоду износи 93,5 mm. На самом почетку вегетације, потребе за водом су најмање (3,4 mm). Највеће потребе винове лозе за водом јављају се у фенофази од цветања до шарка и износе 81,6 mm. Суфицит воде забележен је у периоду од бербе до краја вегетације (38,1 mm).

#### 6.4.1. Предикије дефицита воде у условима климатских промена

На основу података осам климатских модела, израчуната је евапотранспирација винове лозе ( $ET_c$ ) и ефективне падавине ( $P_e$ ) за сваки модел у оквиру двадесетогодишњег периода. Дефицит воде у свакој фенофази одређен је као разлика између  $ET_c$  и ефективних падавина. Резултати у **табели 26.** приказују медијану вредности добијену за сваки модел током двадесетогодишњег периода, као и укупну медијану свих осам модела, пружајући свеобухватан увид у водни биланс винове лозе у различитим климатским сценаријима.

**Табела 26.** Вредности  $I_n$  (mm) по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

ПЕРИОД	$\Sigma I_n$ од почетка вегетације до цветања	$\Sigma I_n$ од цветања до шарка	$\Sigma I_n$ од шарка до бербе	$\Sigma I_n$ од бербе до краја вегетације	$\Sigma I_n$ од почетка до краја вегетације
<b>Референтни (1998-2017)</b>	-19,6	72,8	40,5	-27,3	66,7
<b>Блиска будућност (2021-2040)</b>	-17,4	54,6	34,8	-26,8	38,7
<b>Средина века (2041-2060)</b>	-20,6	54,6	41,0	-36,9	44,4
<b>Крај века (2081-2100)</b>	-29,7	58,8	64,6	-30,0	84,5
<b>ПРОСЕК</b>	<b>-21,8</b>	<b>60,2</b>	<b>45,2</b>	<b>-30,3</b>	<b>58,6</b>

Представљене вредности водног дефицита ( $I_n$ ) кроз различите периоде и различите фенофазе винове лозе указују на то да ће се највеће просечне вредности  $I_n$  (60,2 mm) јавити током трајања периода од фенофазе цветања до фенофазе шарка, што заправо и јесте и период када је винова лоза најосетљивија на недостатак воде. Овај временски интервал је кључан за правилно напредовање морфолошких и физиолошких својстава винове лозе, будући да тада долази до пораста како бобица (и њиховог сазревања), тако и осталих вегетативних органа на чокоту. Уколико би наступила суша, праћена високим температурама, биљка би доживела водни и топлотни стрес. У таквим ситуацијама, фотосинтеза је успорена (или потпуно стаје), пораст бобица може бити успорен или ће и он стати, те ће бобице остати ситне. Овај временски период обухвата месеце јун, јул и август у тренутним условима сорте Панонија у Плавинцима. Највеће вредности дефицита воде уочавају се у референтном периоду од 72,8 mm.

Од активирања вегетације до цветања у испитиваним периодима се јавља суфицит воде. У периоду блиске будућности очекивани суфицит воде је 17,4 mm, средином века 20,6 mm и крајем века 29,7 mm. Дефицит воде се уочава у свим истраживаним периодима у периоду од фенофазе шарка до бербе. Он је највећи крајем века (64,6 mm), док се ниже вредности  $I_n$  очекују средином века (41,0 mm) и у периоду блиске будућности (34,8 mm). Овај временски период захтева умерену влажност ваздуха и земљишта ради одвијања разних физиолошких процеса у чокоту. Услед дефицита воде бобице могу остати ситне, док при великом недостатку воде неће бити нормалног фотосинтетског процеса. У том случају, бобице могу остати и без адекватног садржаја шећера. У овој фази, потребе за водом су мање у односу на претходну, односно фенофазу цветања до фенофазе шарка.

Суфицит воде у периоду од бербе до краја вегетације констатује се током свих истраживаних периода. Највеће вредности суфицита очекују се средином века од 36,9 mm, док се најмање вредности очекују у периоду блиске будућности (26,8 mm). На крају, просечна вредност  $I_n$  од почетка до краја вегетације износи 58,6 mm. Највећа вредност  $I_n$  од 84,5 mm се очекује крајем века, док се најмања од 38,7 mm очекује у периоду блиске

будућности, што је за 54,2% мање од највеће вредности. У референтном периоду дефицит воде износи 66,7 mm, средином века се очекује 44,4 mm и крајем века се очекује 84,5 mm. Закључује се повећање вредности водног дефицита кроз три периода будућности. Од периода блиске будућности, до периода краја века доћи ће до повећања водног дефицита за 45,8 mm, односно 118,3%.

У **табели 27.** приказане су вредности броја година (у односу на двадесетогодишњи период) и ризика (%) дефицита и суфицита воде по фенофазама у истраживаним периодима. У референтном периоду (1998-2017), у периодима од цветања до шарка и од шарка до бербе, уочава се највећи број година када је у питању дефицит воде ( $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$ ), 15 и 13, редом; са 75% и 65% ризика. Од почетка до краја вегетације, број година када је  $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$  је 11, а ризик 53%. Најмањи проценат ризика се јавља у периоду од бербе до краја вегетације са свега 5%, тј. једном годином у двадесетогодишњем периоду. Када је у питању број година, суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  уочава се да период од почетка вегетације до цветања и период од бербе до краја вегетације, имају највеће вредности 8 и 7, редом, што је 40% и 35%. У осталим фенофазама број година када је суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  је 2, што је ризик од 10%.

У периоду блиска будућност (2021-2040) највећи проценат ризика од дефицита воде јавља се у периоду од цветања до шарка, што је кључан период када је у питању виноградарска производња. Дефицити воде када се јаве у овим фенофазама могу да угрозе целокупну производњу. Број година када је  $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$  износи 13, што је ризик од 63%. Након периода цветање-шарак је и период од фенофазе шарка до бербе, када број година  $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$  износи 13, уз ризик од 65%. Најмањи ризик од водног дефицита очекује се од бербе до краја вегетације са свега једном ризичном годином. Након овог периода, ту су и периоди од почетка вегетације до цветања и укупно трајање вегетације са 5 и 7 година, уз ризик 25% и 35%, редом. Највеће вредности суфицита воде очекују се у периоду од бербе до краја вегетације са половином година, односно 8 година и ризиком од 38%. Одмах иза ове вредности јесте и 7 година и ризик од 35% који се очекује од почетка вегетације до цветања. Даље, број година када је суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  јавиће се у периоду од почетка до краја вегетације (4), периоду од шарка до бербе (3) и периоду од фенофазе цветања до шарка (3), што је 20%, 15% и 15% ризика, редом.

Средином века (2041-2060), као и у претходном периоду, највећи дефицити воде очекују се у периодима од цветања до шарка (13 година) и од шарка до бербе (12 година), уз од 65% и 58%. Након наведених периода, највећи дефицити очекују се од почетка до краја вегетације са 8 година и ризиком од 40%. Најмањи број година када је  $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$  очекује се у периоду од бербе до краја вегетације и у периоду од почетка вегетације до цветања са 3 и 4 године, са ризиком од 13% и 18%, редом. Највећи број година када је суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  јавиће се у периоду од бербе до краја вегетације са 11 година и ризиком од 53%. Након њега, и у периоду од почетка вегетације до цветања, број година када је суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  је 8, уз ризик од 38%. Најниже вредности суфицита воде јављају се у периоду од шарка до бербе (2 године), од цветања до шарка (4 године) и од почетка до краја вегетације (5 година), са 10%, 20% и 25%, редом.

Највише вредности водних дефицита крајем века (2081-2100) очекују се у периоду од шарка до бербе са чак 18 година од укупно 20 и ризиком од 90%. Даље, у периоду од цветања до шарка (13 година) и од почетка до краја вегетације (10 година) са ризиком од 65% и 48%, редом. Најмањи број година када је  $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$  јавља се у периоду од почетка вегетације до цветања са 3 године и од бербе до краја вегетације са 4 године и ризиком од 13% и 20%, редом. У наведеним периодима се у складу са тим јавља и највећи број година када је суфицит  $> \text{од } 30 \text{ mm}$  и то са 10 и 9 година, са ризиком од 48% и 45%, редом. С обзиром да се од фенофаза шарка до бербе и од цветања до шарка јављају највећи водни дефицити, свега 1 година је ризична када је у питању суфицит са ризиком од 5% за први период и 2 године са ризиком од 8% за други период.

**Табела 27.** Вредности дефицита и суфицита воде по фенофазама винове лозе у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

Референтни период (1998-2017)					
ПЕРИОД	Од почетка вегетације до цветања	Од цветања до шарка	Од шарка до бербе	Од бербе до краја вегетације	Од почетка до краја вегетације
Број година $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$	5	15	13	1	11
Ризик (%)	25	75	65	5	53
Број година суфицит $> \text{од } 30 \text{ mm}$	8	2	2	7	2
Ризик (%)	40	10	10	35	10
Блиска будућност (2021-2040)					
ПЕРИОД	Од почетка вегетације до цветања	Од цветања до шарка	Од шарка до бербе	Од бербе до краја вегетације	Од почетка до краја вегетације
Број година $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$	5	13	13	1	8
Ризик (%)	25	63	65	5	40
Број година суфицит $> \text{од } 30 \text{ mm}$	7	3	3	8	4
Ризик (%)	35	15	15	38	20
Средина века (2041-2060)					
ПЕРИОД	Од почетка вегетације до цветања	Од цветања до шарка	Од шарка до бербе	Од бербе до краја вегетације	Од почетка до краја вегетације
Број година $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$	4	13	12	3	8
Ризик (%)	18	65	58	13	40
Број година суфицит $> \text{од } 30 \text{ mm}$	8	4	2	11	5
Ризик (%)	38	20	10	53	25
Крај века (2081-2100)					
ПЕРИОД	Од почетка вегетације до цветања	Од цветања до шарка	Од шарка до бербе	Од бербе до краја вегетације	Од почетка до краја вегетације
Број година $I_n > \text{од } 30 \text{ mm}$	3	13	18	4	10
Ризик (%)	13	65	90	20	48
Број година суфицит $> \text{од } 30 \text{ mm}$	10	2	1	9	4
Ризик (%)	48	8	5	45	18

На основу представљених резултата, закључује се да су фенофазе од цветања до шарка и од шарка до бербе најугроженије када је реч о дефициту воде кроз сва три периода будућности. У просеку, то је 13 од 20 година за први период и 14 од 20 година за други, са ризиком од 64,3% и 71,0%, редом. Ове вредности нису оптимистичне за виноградаре, будући да од ових фенофаза зависи успех производње. Промене климе које су стихијски наступиле и утицале на *terroir*, неопходно је константно пратити како би се уз помоћ различитих адаптивних мера, произвело грожђе најбољег квалитета. У областима у којима ће будући захтеви за водом премашити доступност воде, управљање земљиштем је кључно (Van Leeuwen и Darriet, 2016; Naulleau et al., 2022). Агронамске праксе намећу наводњавање као најважнију меру прилагођавања на измењене климатске услове који доносе проблем водних дефицита (Costa et al., 2016; Alvarez Arredondo et al., 2023; Colibaba et al., 2024). Међутим,

данас, када је недостатак воде за наводњавање све наглашенији, фокус се усмерава на то у којим фенофазама јој је најпотребнија (Garofalo et al., 2023).

У складу са резултатима овог истраживања су и резултати Ruml et al. (2012) и Vujađinović Mandić et al. (2022) који наглашавају да климатске пројекције показују да виноградарски региони Србије имају тенденцију да постану топлији и сувљи крајем 21. века. Иако винско грожђе касније сазрева и има умерене потребе за водом, водни дефицити у виnorodним регионима обично се крећу између 200 и 300 mm. Стога, пројектоване промене ће условити потребу за наводњавањем винограда. Према Stričević et al. (2019) слични подаци су добијени и у Мостару, БиХ. Сценарији климатских промена за јужну Европу предвиђају дуже и озбиљније дефиците воде и више температуре ваздуха и земљишта у блиској будућности (Costa et al., 2019). У виноградима Медитерана практикује се пракса управљања водним дефицитом током завршних фенофаза развоја винове лозе. Исто тако, резултати Munitz et al. (2017) указују да су недостаци воде у раним фенофазама (до почетка сазревања бобица – шарак) имали снажан негативан утицај на вегетативни раст, масу бобица и принос по чокоту у поређењу са касним дефицитом воде (после фенофазе шарка) у Израелу. Супротно од тога, код нас, и нпр. у Аустралији, у великом броју случајева се мање воде примењује у почетним фенофазама (Garofalo et al., 2023). Дакле, према истраживањима Flexas et al. (2010), Romić et al. (2020), Pérez-Álvarez et al. (2021), Caruso et al. (2023), Han et al. (2023), Berry et al. (2024), водни дефицити имају негативан ефекат на успешну виноградарску производњу, док су Chaves et al. (2010) указали да време и интензитет дефицита воде утичу на степен промена које се јављају у метаболизму бобица, винској боји и укусу.

## 6.5. Влажност земљишта

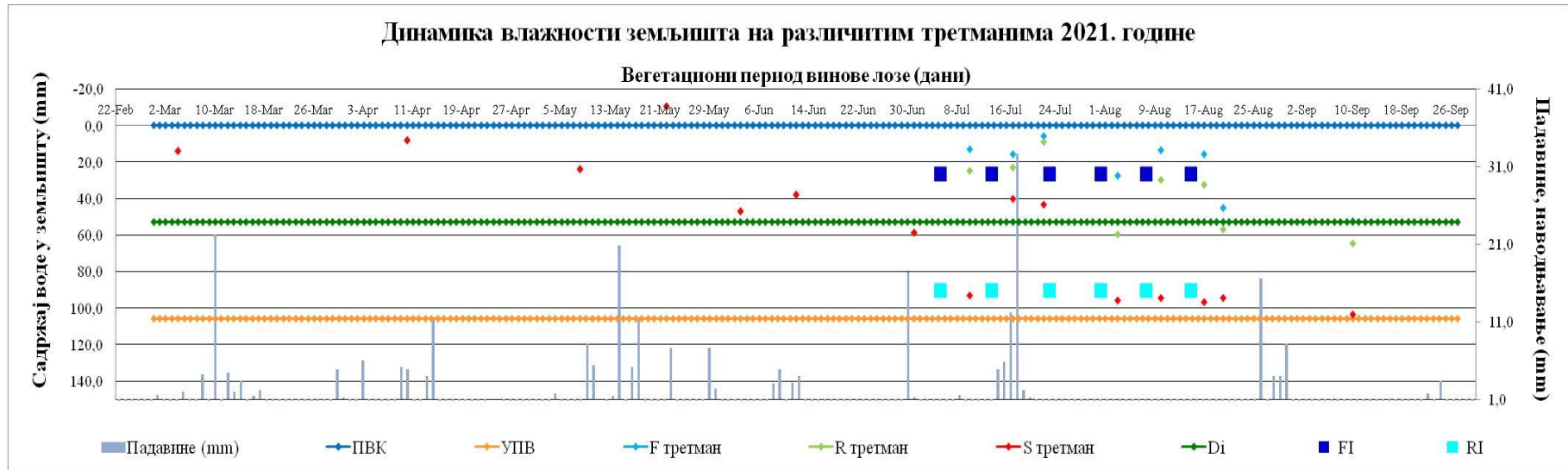
Винова лоза има тачно одређене захтеве за влажношћу земљишта. Многи истраживачи сматрају да је винова лоза релативно отпорна на сушу (Куљанчић и Божовић, 2018; Munitz et al., 2018; Diago, 2022) јер се гаји у подручјима са малом количином падавина и неповољним водним режимом. Међутим, предуслов за неометано одвијање животног циклуса винове лозе јесте повољна влажност земљишта. Винова лоза има повећане потребе за водом у завршним фазама раста (фенофаза шарка и сазревања), које се, поклапају са најсушнијим месецима у години (Diago, 2022; Yang et al., 2022). Недовољна количина воде у земљишту може довести до водног стреса винове лозе, што последично смањује раст винове лозе и приносе, и може утицати на квалитет плода, било позитивно или негативно, у зависности од времена и јачине водног стреса (Pellegrino et al., 2005; Wenter et al., 2018; Gambetta et al., 2020; Yang et al., 2022). Насупрот томе, суфицит воде у земљишту може довести до изразитог вегетативног раста винове лозе, што може бити неповољно за квалитет плода, као и повећати ризик од гљивичних обољења (Khozaei et al., 2020). Сходно томе, садржај влаге у земљишту има и директан и индиректан утицај на низ значајних биолошких процеса који су кључни за раст и продуктивност винове лозе.

Разумевање образаца дистрибуције влаге у земљишту је од суштинског значаја за ефикасно управљање наводњавањем уз смањење потенцијалних негативних утицаја на животну средину (Grote et al., 2010; Khozaei et al., 2020). Добро познавање влажности земљишта на целој површини истраживаног поља омогућава и бољу прихрану гајене културе (Garofalo et al., 2023). Сензори за праћење влаге у земљишту пружају круцијалне информације о доступној води за биљке, пратећи запремински садржај воде у земљишту, што омогућава оптимално одређивање времена наводњавања када влага достигне критични ниво (Garofalo et al., 2023).

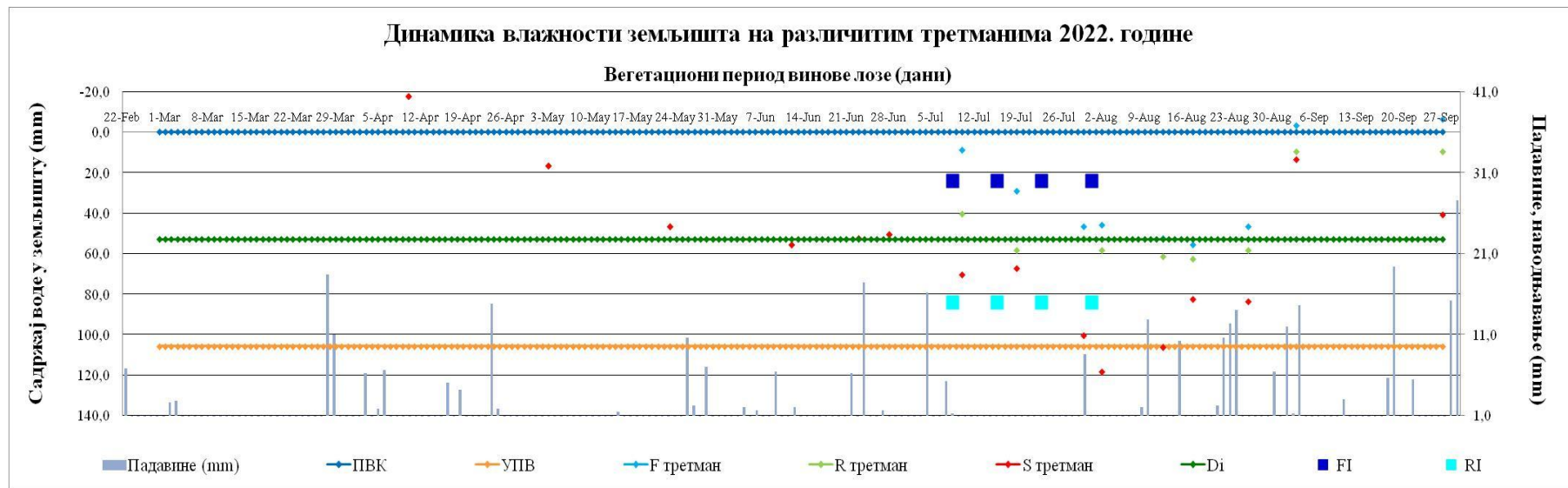
Влажност земљишта у огледном винограду праћена је помоћу две методе: стандардном гравиметријском методом и методом временски дефинисане рефлектометрије (TDR сонде).

### *Гравиметријска метода*

Динамика садржаја влаге у земљишту током две огледне године (2021-2022) за све режиме наводњавања приказана је на **графицима 6. и 7.** Промена садржаја влаге у земљишту заједно са линијама које представљају ПВК (пољски водни капацитет), УПВ (укупно доступна вода биљкама у зони кореновог система) и линија стреса ( $D_i$  – дозвољено исушивање да не дође до водног стреса) приказана је графички. Дозвољено исушивање износило је 50% од укупно доступне вода биљкама у зони кореновог система (*FAO Irrigation and drainage paper 56*), што у овим истраживањима износи 52,9 mm. На графицима је приказана и норма заливања, као и висина падавина током вегетације.



**График 6.** Расположена количина воде у земљишту за винову лозу у свим испитиваним третманима током 2021. године



**График 7.** Расположена количина воде у земљишту за винову лозу у свим испитиваним третманима током 2022. године

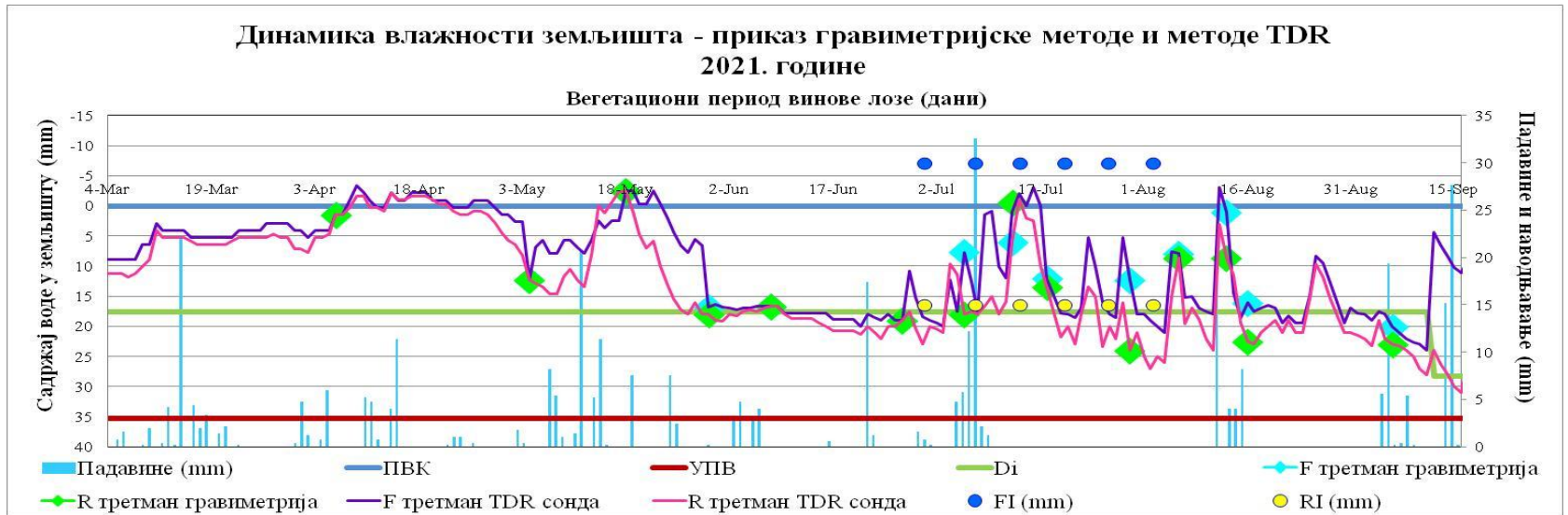
Током 2021. године, садржај воде у земљишту између испитиваних третмана наводњавања (F, R и S) био је прилично уједначен и варирао је између вредности ПВК и ВВ (**График 6**). С обзиром на изостанак падавина од периода непосредно после фенофазе шарка, односно сазревања грожђа, наводњавање је било успостављено током јула и августа. Очекивано, највеће вредности влажности земљишта забележене су у F третману, где се услед наводњавања садржај воде није спуштао испод вредности дозвољеног исушивања. У третманима са редукованим наводњавањем (R), садржај воде у земљишту постепено је опадао у појединим тренуцима и испод нивоа вредности дозвољеног исушивања, међутим генерално гледајући, винова лоза у овом третману није се значајано излагала водном стресу. Када је у питању S третман, на почетку вегетационе сезоне, садржај воде у земљишту је био стабилан и задржавао се изнад границе дозвољеног исушивања ( $D_i$ ). Ово указује на довољну количину воде у земљишту за раст винове лозе, услед повољне количине и распореда падавина у том периоду. Средином и крајем сезоне, садржај воде у земљишту на S третману почиње да опада и углавном се одржава око и испод границе  $D_i$ , што указује да је винова лоза изложена водном стресу током фенофаза шарка и сазревања грожђа када су и њене потребе за водом најизраженије.

Током 2022. године, садржај воде у земљишту је углавном био уједначен у различитим третманима наводњавања, крећући се између вредности ПВК и ВВ (**График 7**). Наводњавање се примењивало током јула, мањи број пута у односу на претходну годину, јер су се падавине јављале све до почетка фенофазе шарка. Као и у првој огледној години, највећи садржај воде уочава се на F третману. Вредности садржаја воде на F третману нису се спуштале испод границе дозвољеног исушивања ( $D_i$ ). На почетку вегетације, садржај воде у земљишту у оквиру R третмана се углавном налазио испод границе ( $D_i$ ). Како је винова лоза улазила у фазу интензивног раста и развоја, видљиво је да је садржај воде у земљишту почео значајно да осцилира, те је дошло до постепеног пада садржаја воде. Као последица тога, у каснијим фазама вегетације (шарак и сазревање), садржај воде често је био знатно испод оптималног нивоа. На почетку сезоне, на S третману садржај воде у земљишту био је стабилан и одржавао се изнад критичне границе ( $D_i$ ), што је указивало на довољну количину воде за раст винове лозе, захваљујући падавинама у том периоду. Како је сезона одмицала, воде је било све мање, са израженим осцилацијама, нарочито у каснијим фазама вегетације, што је довело до повећаног ризика од водног стреса. Током фенофазе од цветања до бербе, садржај воде у земљишту на S третману се кретао испод границе дозвољеног исушивања.

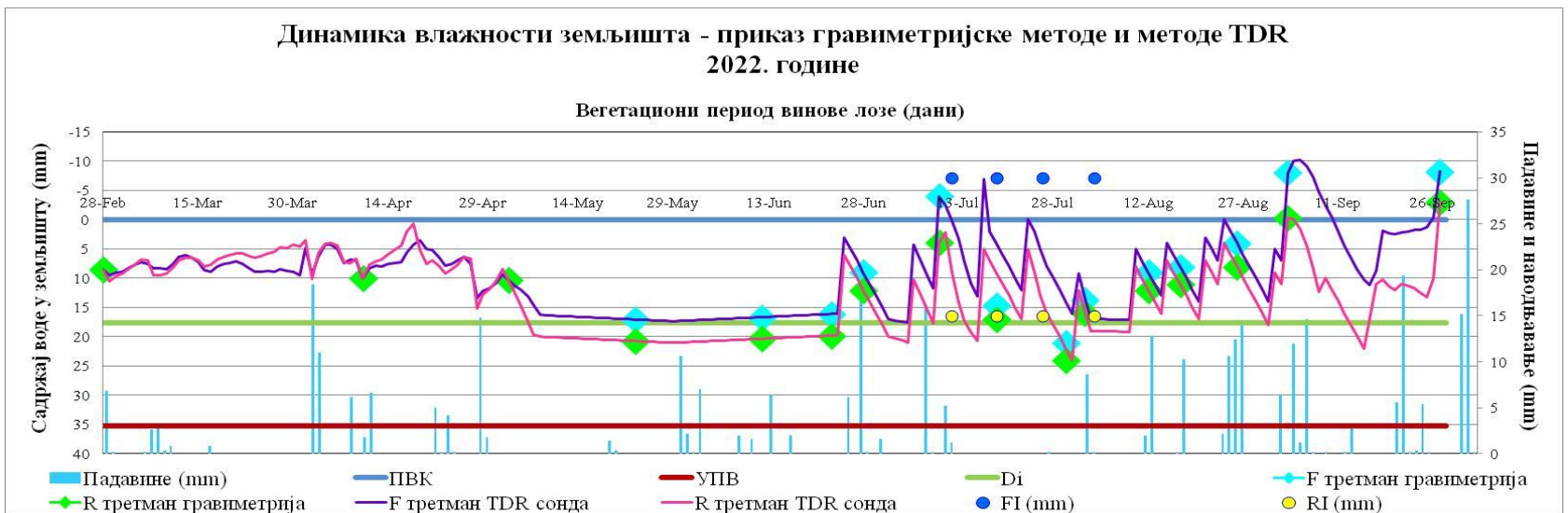
#### *Метод временски дефинисане рефлектометрије (TDR)*

Да би се стекао прецизнији увид у садржај воде у земљишту, поред гравиметријске методе, примењена је и метода временски дефинисане рефлектометрије.

На **графицима 8. и 9.** приказан је континуални садржај воде у земљишту (mm) за све испитиване третмане наводњавања током двогодишњег истраживања коришћењем TDR сонди. Такође, представљени су и резултати мерења влажности земљишта гравиметријском методом измерени на дубини од 30 cm, како би се проверила тачност мерења добијена TDR сондама. Осим тога, приказане су и норме заливања и дневне суме падавина.



**График 8.** Распожива количина воде у земљишту у свим испитиваним третманима током 2021. године



**График 9.** Распожива количина воде у земљишту у свим испитиваним третманима током 2022. године

У првој огледној години (2021) садржај влаге у земљишту све до почетка јула у сва три режима је био уједначен и углавном је варирао у границама дозвољеног исушивања (**График 8**). Током јуна, садржај воде у земљишту кретао се у границама дозвољеног исушивања и у појединим тренуцима спуштао се испод  $D_i$ , при чему је запажен максимални водни дефицит од 32,45 mm. Након успостављања режима наводњавања, влажност земљишта у F третману одржавана је константно изнад вредности  $D_i$ , док се садржај воде у R третману кретао у границама  $D_i$ , а у појединим тренуцима спуштао испод границе  $D_i$ .

Наредне, 2022. године, запажен је нешто другачији тренд промене влаге у земљишту између испитиваних третмана (**График 9**). Наиме, у F и R третманима све до краја априла, влажност земљишта варирала је у границама  $D_i$ . Након овог периода, запажа се да се дефицит влаге у земљишту спуштао испод  $D_i$ , када је неретко био већи и од 25 mm. У периоду од маја до краја јуна, услед неповољно распоређених падавина, садржај воде на R третману варирао је између границе  $D_i$  и УПВ. Услед примене наводњавања током фенофазе шарка, садржај воде на F третману био је у континуитету изнад границе дозвољеног исушивања, указујући да је у овом периоду виновој лози обезбеђена оптимална количина воде.

До сличних резултата, дошли су и Diverres et al. (2024) који су током трогодишњег експеримента (2019-2021) на Ризлингу, белој винској сорти (*Vitis vinifera* L. cv. *Riesling*) применили три методе наводњавања: редуковано наводњавање (*Regulated deficit irrigation – RDI*), делимично сушење коренова (*Partial root drying-zone – PRD*) и контролни третман пуног наводњавања (*Full irrigation – FULL*). Влажност земљишта мерена је неутронском сондом (*503 DR Hydroprobe, CPN International*). Добијени резултати указују да се највећи садржај воде уочава на третману пуног наводњавања. Сличан тренд кретања влажности земљишта добијен је и у истраживању Conesa et al. (2016).

Ризике од водног стреса на две сорте винове лозе које су биле подвргнуте редукованом наводњавању у виноградарском региону Алентежо у јужном Португалу, пратили су Costa et al. (2019). Успоставили су два режима заливања методом кап по кап: DI1 – континуирано редуковано наводњавање (58 mm за обе сорте током 2014. године и 158 mm за прву сорту и 167 mm за другу сорту током 2015. године) и DI2 – попут DI1, 39 mm за прву и 33 mm за другу сорту у 2014. години и 103 mm за прву и 106 mm за другу сорту у 2015. години. Резултати указују да је влажност земљишта у третману DI2 била довољно ниска да изазове благи до озбиљни водни стрес код обе сорте.

Esteban-Sanchez et al. (2024) су користили TDR сонде како би управљали садржајем влаге у земљишту у винограду на југозападу Шпаније. Примењено је три режима различитих интервала наводњавања методом кап по кап: T07, контролни третман, обухватао је примену 30%  $E_{T_0}$  од фенофазе шарка до бербе са интервалом заливања сваких седам дана, T03 и T15 су имали исту норму наводњавања као и T07, али са интервалом заливања свака три, односно петнаест дана. На основу истраживања, аутори закључују да је најнеповољнији случај (када је у питању влажност земљишта), био третман T07 са процентуалним губитком воде на евапорацију од 44,2%, док се мање воде губило у третманима T03 (30,7%) и T15 (38,6%).

## 6.6. FAO AquaCrop модел

Поред климатских модела, за предикцију вегетационог периода винове лозе, коришћен је и FAO AquaCrop модел у ком је осим предикције вегетације винове лозе предвиђен и принос суве масе грозђа. На основу просечних осмогодишњих осматраних података (2015-2022) за суме ефективних температура почетка, краја вегетације и наступања појединих фенофаза и просечног приноса – извршена је калибрација модела (погледати у поглављу Материјал и методе – Табела 12).

У **табели 28.** приказани су резултати дана и датума наступања фенофаза винове лозе симулирани AquaCrop моделом на основу параметара коришћених за калибрацију модела добијених на основу осмогодишњих (2015-2022) просечних вредности осматрања.

**Табела 28.** Резултати калибрације модела AquaCrop (дани и датуми почетка вегетације и наступања фенофаза винове лозе) и одступања од измерених вредности

Фенофаза	Мерено	Симулирано	Разлика у данима	Мерено	Симулирано	Мерено	Симулирано
	Дан од почетка вегетације	Дан од почетка вегетације		Датум	Датум	GDD	GDD
Почетак вегетације	1	4	3	28. март	31. март	4,3	4,0
Цветање	57	55	2	22. мај	22. мај	320,6	320,0
Шарак	109	110	1	13. јул	16. јул	1009,9	1010,0
Берба	147	149	2	21. август	26. август	1610,8	1610,0
Крај вегетације	230	/*	/*	12. новембар	/*	2200,7	/*

\*AquaCrop предвиђа до бербе (тј. акумулације GDD), нема података.

Резултати калибрације указују на добро слагање осматраних и симулираних вредности што резултира чињеницом да се модел AquaCrop поуздано може користити. Мерена вредност дана од почетка вегетације је 1, док је симулирана 4, што је свега 3 дана разлике. За наступање фенофаза цветања, број дана разлике је 2, док је за наступање фенофаза шарка разлика у једном дану. Симулирани подаци за крај вегетације нису унети јер модел AquaCrop предвиђа до бербе, односно, до приноса винове лозе у испитиваним годинама.

**Табела 29.** приказује исходе симулације приноса суве масе грозђа за појединачне осматрене године од 2015. до 2022. које су коришћене за валидацију модела и упоређене су са измереним вредностима.

**Табела 29.** Резултати симулације за валидациони сет података измереног приноса суве масе грозђа на локацији Плавинци током осматраних година (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. и 2022. година)

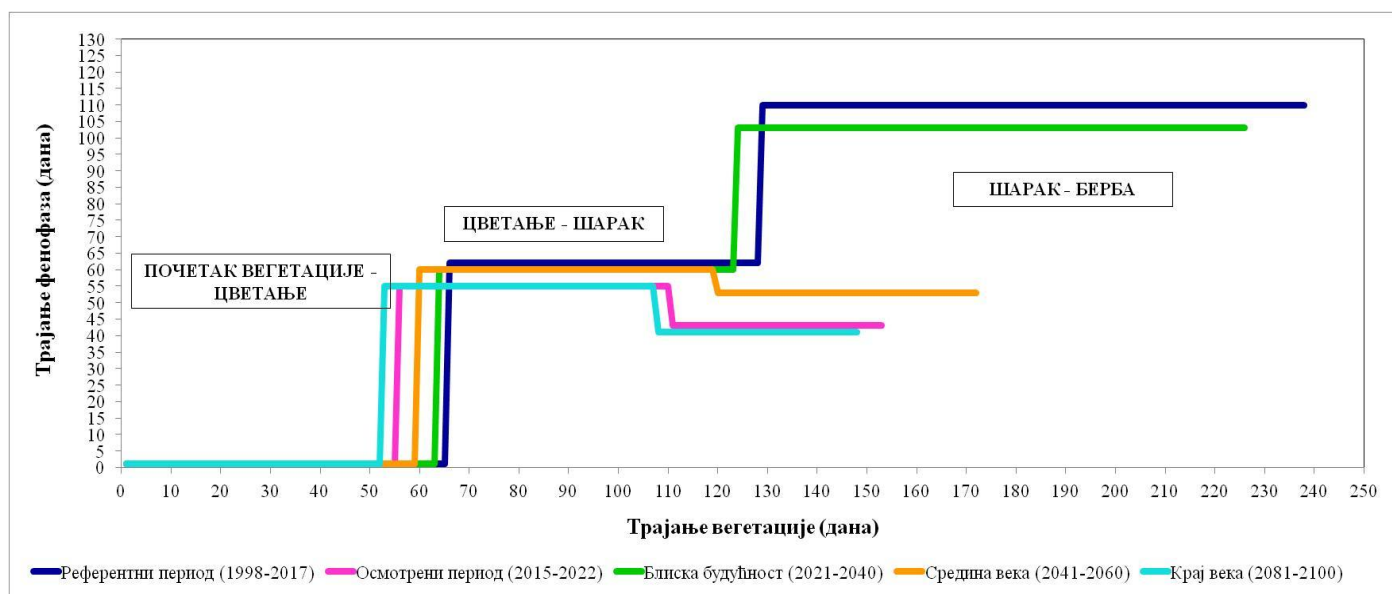
Година	Мерени принос (t·ha <sup>-1</sup> )	Симулирани принос (t·ha <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	RMSE	d
2015	1,1	0,0	0,3	1,2	0,9
2016	2,3	4,5			
2017	1,6	2,6			
2018	1,7	1,7			
2019	2,5	3,8			
2020	0,7	2,4			
2021	2,0	2,1			
2022	3,1	2,5			
<b>Просек</b>	<b>1,9</b>	<b>2,4</b>			

Резултати симулације указују да се модел AquaCrop може поуздано користити за предвиђање (симулацију) приноса винове лозе у већини истраживаних година. Просечна вредност за мерени принос током осмогодишњег осматраног периода (2015-2022) је 1,9 t·ha<sup>-1</sup>, што је за 0,5 t·ha<sup>-1</sup> мање од симулираног приноса који износи 2,4 t·ha<sup>-1</sup>. Најбоље поклапање у приносу имају 2018. и 2021. година са вредностима од 1,7 t·ha<sup>-1</sup> (и мерени и симулирани) и 2,0 t·ha<sup>-1</sup> за мерени и 2,1 t·ha<sup>-1</sup> за симулирани принос, редом. Такође, и 2022. година показује разлике између мерених и симулираних вредности у приносима, 0,6 t·ha<sup>-1</sup>. Уочава се велика разлика између измереног и симулираног приноса суве масе грозђа у 2016. и 2020. години што значајно утиче на коначне вредности статистичких параметара у односу на остале анализираних године. Овде треба истаћи да је током 2016. године дошло до смањења приноса на терену због појаве веће количине падавина током цветања ове сорте у периоду мај-јун. У 2020. години узрочник је примена ампело-техничких мера (тј. редукација родних ластара резидбом), у циљу утврђивања утицаја смањења броја гроздова са родних ластара на квалитет грозђа, а касније и вина и поређење са претходним годинама. Међутим, није било значајних осцилација у квалитету грозђа и вина са мањим приносима у односу на приносе који се остварују без редукације броја гроздова, односно, приносе који су установљени током свих осталих година.

Валидација модела AquaCrop извршена је и на сету података из климатских модела за четири двадесетогодишња периода, референтни период (1998-2017) и три периода будућности: блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100) за предвиђање наступања вегетације винове лозе и појединих фенофаза (цветање, шарак, берба), као и предвиђање приноса и евапотранспирације културе. За сваки од наведених периода, извршена је предикција поменутих параметара у појединачним годинама (20 година) кроз 8 климатских модела. У сваком моделу, израчуната је медијана вредности симулација двадесетогодишњег периода, а из медијане вредности 8 модела израчунат је просек (климатолошка нормала). У **табели 30.** представљене су симулиране вредности добијене климатолошком нормалом 8 климатских модела за референтни и три периода будућности, а на **графику 10.** сликовито је приказано наступање фенофаза у свим испитиваним периодима.

**Табела 30.** Резултати симулације AquaСгор модела за дане наступања испитиваних фенофаза (дани од почетка вегетације), приноса и  $ET_c$  у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

ПЕРИОД	Цветање	Шарак		Берба			Принос ( $t \cdot ha^{-1}$ )	$ET_c$
	Дан од почетка вегетације	Дан од почетка вегетације	Број дана од цветања до шарка	Дан од почетка вегетације	Број дана од цветања до бербе	Број дана од шарка до бербе		
Референтни (1998-2017)	67	130	62	238	170	107	2,6	374,7
Блиска будућност (2021-2040)	57	118	60	221	162	102	2,7	340,4
Средина века (2041-2060)	54	117	61	177	120	58	2,7	321,1
Крај века (2081-2100)	54	110	56	152	98	42	3,4	284,9



**График 10.** Дани почетка, трајање и завршетак фенофаза винове лозе у свим испитиваним периодима

Резултати симулације AquaСгор модела за 4 испитивана периода доказују раније наступање фенофаза винове лозе. У референтном периоду, цветање је наступило 67. дана од почетка вегетације, што је за 10 дана касније у односу на период блиске будућности (2021-2040) и за 13 дана касније у односу на периоде средине века (2041-2060) и крај века (2081-2100).

Фенофаза шарка, у првом периоду будућности (блиска будућност) наступа 118. дана од почетка вегетације, у периоду средине века 117. дана и крајем века 110. дана, што је за 12, 13 и 20 дана, редом, раније у односу на референтни период. Такође, уочава се и скраћење броја дана од фенофазе цветања до шарка, у блиској будућности за 2 дана, средином века за дан и крајем века за 6 дана у односу на референтни период. Најраније, берба се очекује крајем века, 152. дана од почетка вегетације, што је за чак 86 дана раније у односу на референтни период. Број дана од цветања до шарка и од шарка до бербе се значајно смањује у периодима будућности у односу на референтни период. Највећи принос се очекује крајем века од  $3,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , што је за  $0,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  или 30,8% више од добијеног приноса у референтном периоду. Симулације приноса за друга два периода будућности су по  $2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  што је за  $0,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  или 3,85% више у односу на референтни период.

Поређење симулираних вредности добијених из климатских модела и симулираних вредности анализираних параметара добијених из AquaCrop модела за испитиване периоде изведено је у табелама 31. и 32.

**Табела 31.** Компарација резултата симулације AquaCrop модела (АС) и резултата климатских модела (КМ) за дане наступања испитиваних фенофаза у референтном (1998-2017) и три периода будућности (блиска будућност (2021-2040), средина века (2041-2060) и крај века (2081-2100))

ФЕНОФАЗА	Цветање		Шарак				Берба						
	АС	КМ	АС	КМ	АС	КМ	АС	КМ	АС	КМ	АС	КМ	
МОДЕЛ													
ПЕРИОД	Дан од почетка вегетације		Дан од почетка вегетације		Број дана од цветања до шарка		Дан од почетка вегетације		Број дана од цветања до бербе		Број дана од шарка до бербе		
Референтни (1998-2017)	67	64	130	125	62	60	238	176	170	115	107	54	
Блиска будућност (2021-2040)	57	63	118	123	60	57	221	170	162	106	102	49	
Средина века (2041-2060)	54	65	117	121	61	56	177	164	120	100	58	44	
Крај века (2081-2100)	54	76	110	129	56	53	152	163	98	88	42	35	

Наступање фенофаза цветања и шарка добијених из AquaCrop модела (АС) подудара се са резултатима добијених из климатских модела (КМ). Почетак цветања се разликује између модела за 3 дана код референтног периода, 6 дана код периода блиске будућности, 11 дана за средину века и 22 дана за крај века. Шарак, према АС моделу у референтном периоду, наступио је 5 дана касније, очекује се да ће наступити 5 дана раније у блиској будућности, 4 дана раније у периоду средине века и 19 дана раније крајем века у односу на резултате КМ. Број дана од цветања до шарка је прилично у сагласности код АС модела и КМ, разлике су по неколико дана (2-5). Берба, према АС моделу је у референтном периоду наступила 62 дана касније у односу на КМ, док се у периодима будућности очекује да наступи 51 и 13 дана касније за период блиске будућности и средину века, редом. Крајем века берба према АС моделу ће наступити 11 дана раније у односу на КМ. Број дана од цветања до бербе и од шарка до бербе је према АС моделу знатно већи за све испитиване периоде, што указује на дужи временски период трајања анализираних фенофаза.

**Табела 32.** Компарација резултата симулације AquaCrop модела (АС) и резултата климатских модела (КМ) евапотранспирације културе винове лозе (ET<sub>c</sub>) током периода вегетације

ПЕРИОД	ΣET <sub>c</sub> од почетка до краја вегетације (АС)	ΣET <sub>c</sub> од почетка до краја вегетације (КМ)
Референтни (1998-2017)	374,7	480,7
Блиска будућност (2021-2040)	340,4	478,5
Средина века (2041-2060)	321,1	498,0
Крај века (2081-2100)	284,9	539,2
<b>ПРОСЕК</b>	<b>330,3</b>	<b>499,1</b>

Уочавају се приметно веће вредности евапотранспирације винове лозе (ET<sub>c</sub>) добијене из климатских модела за сваки од истраживаних периода. Просечна вредност ET<sub>c</sub> од почетка до краја вегетације добијена из климатских модела је за 168,8 mm, тј. за 51,1% већа од вредности добијене из AquaCrop модела, што је повезано са дужином трајања вегетационе сезоне. На основу добијених резултата добијених из АС модела очекује се тренд смањења ET<sub>c</sub> током вегетационог периода како се приближавамо крају века. Код резултата добијених из климатских модела је обрнута ситуација, превиђа се повећање вредности ET<sub>c</sub> до краја века за 10,8% у односу на референтни период.

Тестирање AquaCrop модела за симулацију раста стоног грожђа (*Vitis vinifera* L. cvs. *Perlette* и *Superior*) и продуктивности воде у сушном региону северозападног Мексика вршили су Er-Raki et al. (2024) у виноградима у којима је примењивано наводњавање. Утврђено је да је садржај воде у зони кореновог система увек изнад пољског водног капацитета, што доводи до значајних губитака воде на дубоку перколацију. Модел AquaCrop је показао да је оптимална норма наводњавања била око 50% мања од примењене (547 mm у 2005. и 510 mm у 2006. уместо 1006 mm у 2005. и 930 mm у 2006. години). Прекомерно наводњавање смањило је продуктивност воде (*WP – water productivity*) за око 45%. Аутори закључују да се коришћењем AquaCrop модела за оптимизацију времена и норми наводњавања могу избећи губици воде на дубоку перколацију или појаву водног стреса. Успешност рада модела AquaCrop потврдили су и у претходном истраживању (Er-Raki et al., 2021). Добијени резултати о поузданости модела су у сагласности са добијеним резултатима овог истраживања. AquaCrop модел је поуздан алат за симулацију водног дефицита, евапотранспирације и приноса грожђа, али је неопходно пажљиво параметризовање и калибрација модела у складу са локалним условима како би се постигла што већа тачност предвиђања. Сходно наведеном, модел AquaCrop се може користити као оперативни алат у мерама прилагођавања на измењене климатске услове, који омогућава ефикасно планирање и управљање водним ресурсима у пољопривреди, у овом случају, у виноградарству. Примена симулације раста гајених култура и модела управљања водама ће постати све важнија у будућности.

### 6.6.1. Сезонске прогнозе времена у AquaCrop моделу

Сезонске прогнозе времена представљају дугорочне процене климатских услова за период од месец до седам месеци унапред (Doblas-Reyes et al., 2013). Оне су засноване на сложеним нумеричким моделима који симулирају понашање атмосфере, океана и других компоненти климатског система (Bruno Soares и Dessai, 2016). Основу ових прогноза чини пробабилистички приступ, што значи да не пружају једну детерминистичку прогнозу, већ вероватноће за различите могуће исходе (Doblas-Reyes et al., 2013).

Сезонске прогнозе се фокусирају на аномалије у клими, као што су одступања температуре и падавина од просечних вредности, и имају способност да предвиде кључне климатске догађаје као што су суше, топлотни и хладни таласи или велике количине падавина (Hemri et al., 2020). Користећи овакве прогнозе, виноградарци могу предвидети и прилагодити своје активности, попут наводњавања и бербе, на основу вероватноће одређених климатских догађаја, чиме се побољшава ефикасност и отпорност у процесу производње (Војовић et al., 2022).

FAO AquaCrop модел коришћен је у циљу предикције наступања кључних фенофаза (почетак вегетације, цветање, шарак и берба) и приноса на основу улазних података сезонских прогноза (температуре и падавине). Коришћена је 51 симулација са циљем добијања података о истраживаним параметрима. У табелама 33. и 34. представљени су резултати сезонских прогноза времена за обе огледне године.

Резултати добијени симулацијом AquaCrop модела за сезонску прогнозу времена током 2021. године указују на добру предикцију модела у поређењу са осматреним вредностима (Табела 33). Током прве огледне године, коришћен је сет од пет месеци (март, април, мај, јун и јул). На основу процентуалних вредности, уочава се да јулска прогноза времена има изразито велико поклапање (чак 82,35%, односно 42 симулације су у сагласности од укупно 51) са осматреним вредностима почетка наступања фенофаза и оствареним приносом 2021. године (осмотрени принос је био  $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , а симулирани  $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) што значи да јулска прогноза даје најрелевантније податке. Након јулске, истичу се и мајска од 43,14% и априлска од 29,41%, док мартовска (15,69%) и јунска (13,73) имају најмањи број симулација које се поклапају са осматреним вредностима, 8 и 7, редом. Највећа одступања у приносу се добијају са мартовском и јунском прогнозом (симулиране вредности су двоструко веће од осматрених). Када је реч о наступању фенофаза, најмања одступања има мајска прогноза где се наступање фенофазе цветања и шарка разликује у свега један дан. Специфичност свих месечних прогноза према AquaCrop моделу огледа се у томе што се период сазревања грожђа, односно период од фенофазе шарка до бербе продужава за по 7, 8, 9, 13 и 16 дана, за јулску, мајску, априлску, мартовску и јунску, редом. У поређењу са осматреним вредностима, просечне вредности наступања фенофаза за свих 5 месеци износе за по 5, 1, 3 и 11 дана касније за почетак вегетације, цветање, шарак и бербу, редом. Просечна вредност симулираног приноса ( $3,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) је за 75% већа од осматреног ( $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

**Табела 33.** Сезонске прогнозе времена за локалитет винограда „Плавинци“ и сорту Панониа током 2021. године

СЕЗОНСКЕ ПРОГНОЗЕ ВРЕМЕНА ЗА 2021. ГОДИНУ					
Процентуални удео подударних симулација (%)*	МАРТ	АПРИЛ	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ
	15,69%	29,41%	43,14%	13,73%	82,35%
<b>МАРТ</b>	Осмотрено	Симулирано	<b>ЈУН</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације		
Почетак вегетације	1	5	Почетак вегетације	1	7
Цветање	42	39	Цветање	42	48
Шарак	94	96	Шарак	94	101
Берба	133	146	Берба	133	149
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	4,1	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	4,0
<b>АПРИЛ</b>	Осмотрено	Симулирано	<b>ЈУЛ</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације		
Почетак вегетације	1	4	Почетак вегетације	1	7
Цветање	42	40	Цветање	42	47
Шарак	94	95	Шарак	94	97
Берба	133	142	Берба	133	140
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	3,8	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	2,2
<b>МАЈ</b>	Осмотрено	Симулирано	<b>ПРОСЕК</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације		
Почетак вегетације	1	7	Почетак вегетације	1	6
Цветање	42	41	Цветање	42	43
Шарак	94	95	Шарак	94	97
Берба	133	141	Берба	133	144
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	3,3	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	2,0	3,5

\*Процентуални удео броја симулација (од укупног броја симулација – 51) које су у сагласности са осмотреним вредностима дана наступања фенофаза и приноса.

**Табела 34.** Сезонске прогнозе времена за локалитет винограда „Плавинци“ и сорту Панониа током 2022. године

СЕЗОНСКЕ ПРОГНОЗЕ ВРЕМЕНА ЗА 2022. ГОДИНУ						
Процентуални удео подударних симулација (%)	ФЕБРУАР	МАРТ	АПРИЛ	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ
		23,53%	45,10%	39,22%	45,10%	41,18%
<b>ФЕБРУАР</b>		Осмотрено	Симулирано	<b>МАЈ</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације			
Почетак вегетације	1	7	Почетак вегетације	1	5	
Цветање	59	67	Цветање	59	72	
Шарак	107	126	Шарак	107	131	
Берба	146	175	Берба	146	187	
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	4,7	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	2,5	
<b>МАРТ</b>		Осмотрено	Симулирано	<b>ЈУН</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације			
Почетак вегетације	1	7	Почетак вегетације	1	5	
Цветање	59	64	Цветање	59	62	
Шарак	107	121	Шарак	107	124	
Берба	146	167	Берба	146	171	
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	4,5	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	4,4	
<b>АПРИЛ</b>		Осмотрено	Симулирано	<b>ЈУЛ</b>	Осмотрено	Симулирано
Дан од почетка вегетације			Дан од почетка вегетације			
Почетак вегетације	1	5	Почетак вегетације	1	5	
Цветање	59	61	Цветање	59	62	
Шарак	107	120	Шарак	107	117	
Берба	146	164	Берба	146	162	
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	4,1	Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1	6,7	
<b>ПРОСЕК</b>	Осмотрено			Симулирано		
Дан од почетка вегетације						
Почетак вегетације	1			6		
Цветање	59			65		
Шарак	107			123		
Берба	146			171		
Принос (t·ha <sup>-1</sup> )	3,1			4,5		

Током 2022. године, коришћен је сет од шест месеци за сезонске прогнозе времена (фебруар, март, април, мај, јун и јул) (Табела 34). Најбоље поклапање симулираних вредности са осмотреним имају мартовска и мајска прогноза времена од 45,10% или 23 симулације. Одмах за њима, уочавају се и јунска од 41,18% и априлска од 39,22%, док најмање поклапање има фебруарска од 23,53%, односно 12 симулација од укупно 51. Код прогнозирања приноса, најбоље резултате остварила је мајска прогноза времена од 2,5 t·ha<sup>-1</sup>, што је за 19,35% мање у односу на осмотрени принос од 3,1 t·ha<sup>-1</sup>, док је јулска прогноза преценила приносе (6,7 t·ha<sup>-1</sup>). Најбоље прогнозирање наступања фенофаза у односу на осмотрене вредности показала је јулска прогноза са разликама у данима од 4, 3, 10 и 16, редом за почетак вегетације, цветање, шарак и бербу. Одмах за њом је априлска са разликом у данима од 4, 2, 13 и 18, редом за почетак вегетације, цветање, шарак и бербу. Највеће одступање од осмотрених вредности за наступање фенофаза има мајска прогноза са разликом у данима од 4, 13, 24 и 41, редом за почетак вегетације, цветање, шарак и бербу. Као што је случај код сезонских прогноза времена у првој огледној години, и у 2022. се уочава продужење периода сазревања грожђа, односно касније наступање фенофаза шарка и дана бербе у односу на осмотрене вредности. Просечне вредности наступања фенофаза за свих 6 месеци износе по 5, 6, 16 и 15 дана касније за почетак вегетације, цветање, шарак и бербу, редом. Просечна добијена вредност симулираног приноса је 4,5 t·ha<sup>-1</sup>, што је за 45,16% више од вредности осмотреног приноса 3,1 t·ha<sup>-1</sup>.

Иако симулације показују извесне разлике у односу на осмотрене вредности, оне омогућавају произвођачима да предвиде развој одговарајућих стратегија рационалне употребе агротехнике и водних ресурса. Посебно је значајно што ове прогнозе могу предвидети периоде наступања критичних фенолошких фаза и омогућити правовремено реаговање у случају неповољних климатских услова. Сезонске прогнозе нису само средство за предвиђање, већ и основа за дугорочно планирање које доприноси одрживости и конкурентности пољопривредне производње.

## 6.7. Методе даљинске детекције

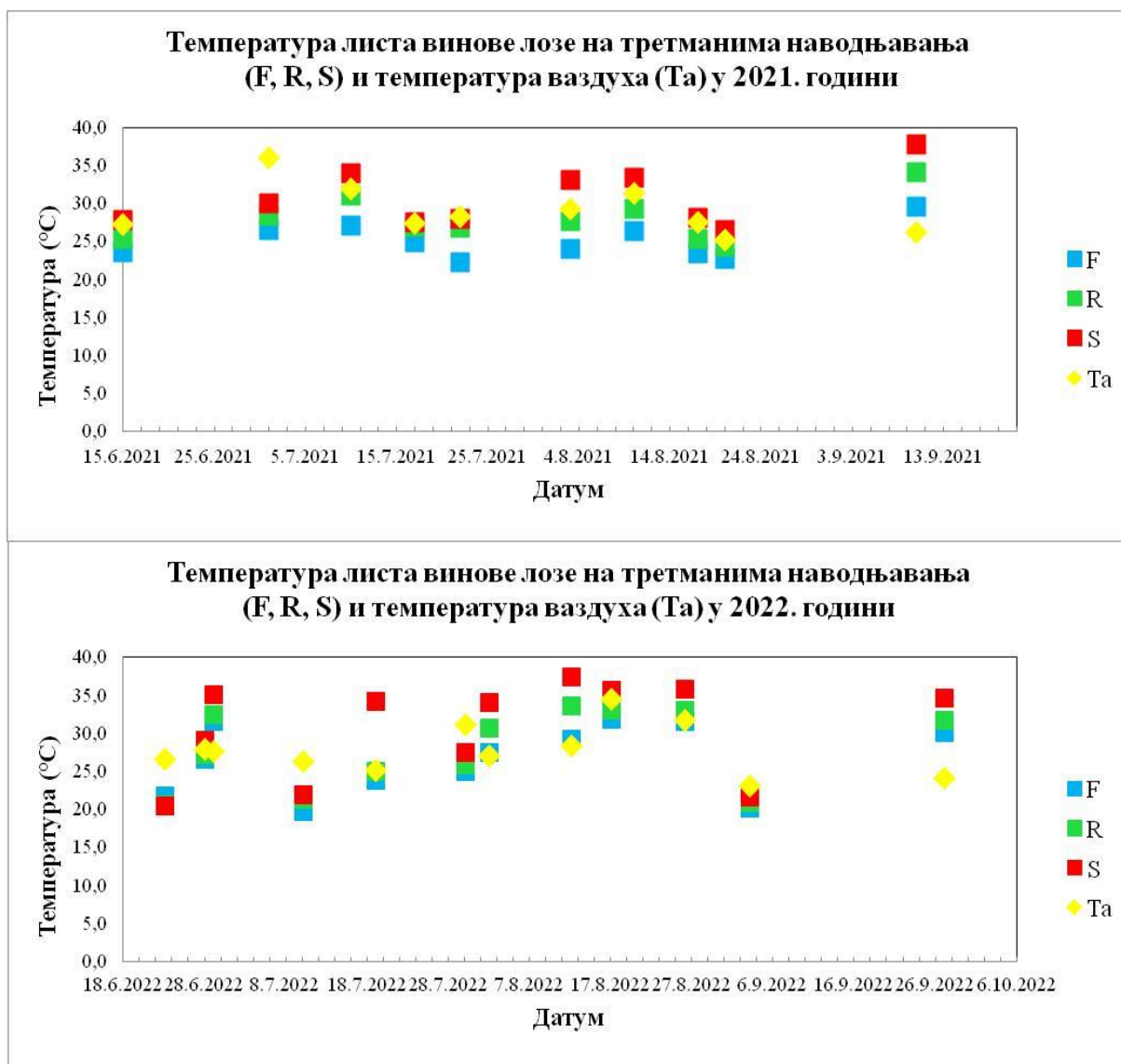
Методе даљинске детекције пружају значајне предности у праћењу и анализи великих површина, омогућавајући брзо прикупљање података и прецизно праћење промена гајене културе, што је посебно корисно у пољопривреди, односно, виноградарској производњи о којој је реч, као и екологији (Somkuwar и Naik, 2024). Ове методе омогућавају континуирани мониторинг, успостављање систематског праћења влажности земљишта, здравља гајене културе и температуре биљног покривача, што помаже у раном откривању водног стреса и болести (Giovos et al., 2021; Atencia Payares et al., 2024). Такође, помоћу њих, можемо добити тачне прогнозе приноса, чиме се оптимизује употреба ресурса попут воде и ђубрива, што води ка смањењу трошкова и минималном утицају на животну средину. У складу са тим, прецизно виноградарство се фокусира на четири кључне етапе: спровођење стратегија управљања, подршку виноградарима у доношењу одлука, детектовање теренске варијабилности локалитета и прикупљање података. У том контексту, даљинска детекција има пресудну улогу у мапирању и анализи просторних образаца, чиме значајно доприноси у процесима доношења одлука и оптимизацији управљања ресурсима (Crespo et al., 2024).

У овом истраживању, од метода даљинске детекције, коришћени су снимци добијени помоћу ручне термалне камере, мултиспектралне камере монтиране на дрон и ручним уређајем са мултиспектралном камером (*Plant-O-Meter*).

### 6.7.1. Температура биљног покривача и биљни водни стрес индекс (CWSI)

Температура биљног покривача се користи као индикатор водног стреса од 70-их година прошлог века (Idso et al., 1977). У то време, развијен је концепт *дана степена стреса* који је служио за мерење интензитета водног стреса код биљака. Међутим, овај концепт је унапређен укључивањем додатних фактора, као што је дефицит напона водене паре, који представља разлику вредности сатурисаног напона водене паре и стварног напона водене паре. Последњих је година, индикатор температуре биљног покривача постао веома актуелан јер омогућава коришћење сензора за даљинску детекцију, па ова технологија значајно олакшава праћење водног стреса на великим пољопривредним површинама (Baluja et al., 2012; Li et al., 2022; Atencia Payares et al., 2024). На основу температуре биљног покривача, израчунат је биљни водни стрес индекс (CWSI).

На **графику 11**, приказан је сезонски тренд температуре биљног покривача винове лозе у оквиру различитих третмана наводњавања и вредности температуре ваздуха током мерења за обе огледне године.



**График 11.** Температура листа винове лозе на третманима наводњавања (F, R, S) током две огледне године (2021-2022)

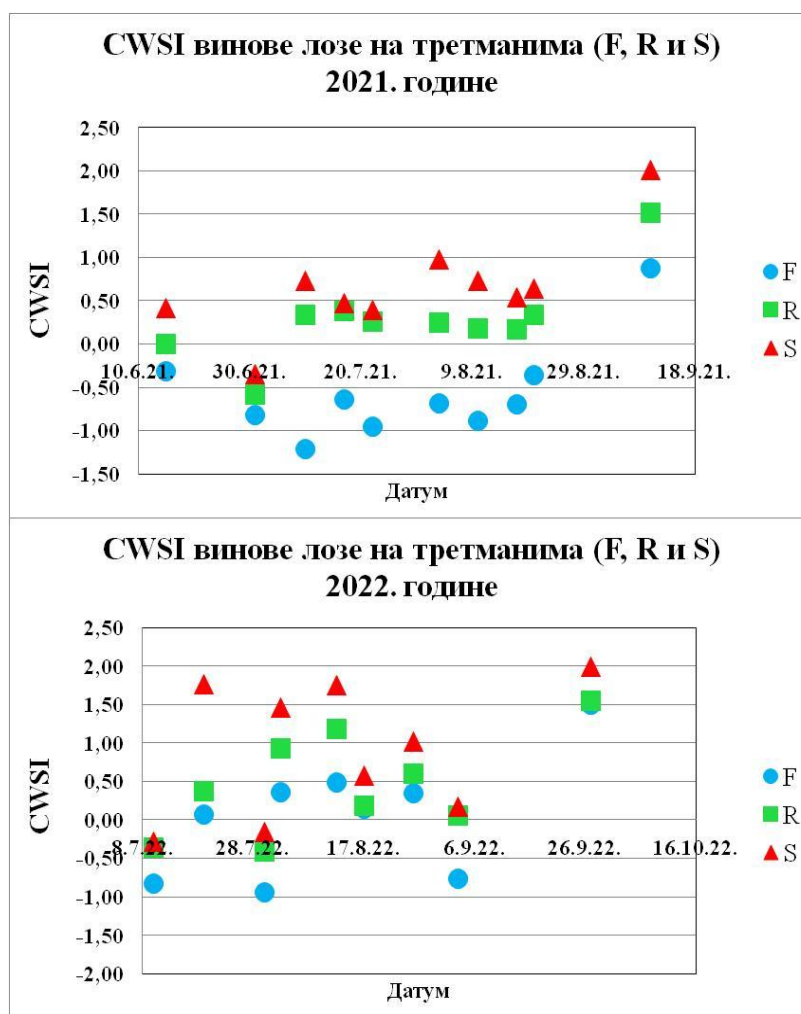
Током 2021. године, температура биљног покривача за све третмане наводњавања била је нижа у односу на температуру ваздуха све до наступања фенофазе шарка. Температуре биљног покривача на третманима пуног наводњавања (F) и редукованог наводњавања (R) су током целог вегетационог периода ниже у односу на температуру ваздуха, осим пред сам крај вегетације, односно након бербе, када постају више. На третману без наводњавања (S) бележе се од завршетка цветања па све до краја вегетације значајно више температуре биљног покривача у односу на температуру ваздуха. Највиша вредност температуре листа у оквиру S третмана забележена је 10. септембра и износи 37,8 °C, што је за 10,5 °C више у односу на температуру ваздуха. Најнижа температура листа детектована је 22. јула у оквиру F третмана и износи 22,3 °C, што је за 5 °C ниже у односу на температуру ваздуха.

Највише температуре листа током целог периода вегетације уочавају се на S третману, док су најниже забележене на третману пуног наводњавања (F). Просечна температура биљног покривача током вегетационог периода на F третману износила је 25,1 °C, на R третману 28,1 °C и 30,7 °C на S третману, док максималне вредности температуре листа на третманима F, R и S износе 29,7 °C, 34,2 °C и 37,8 °C, редом.

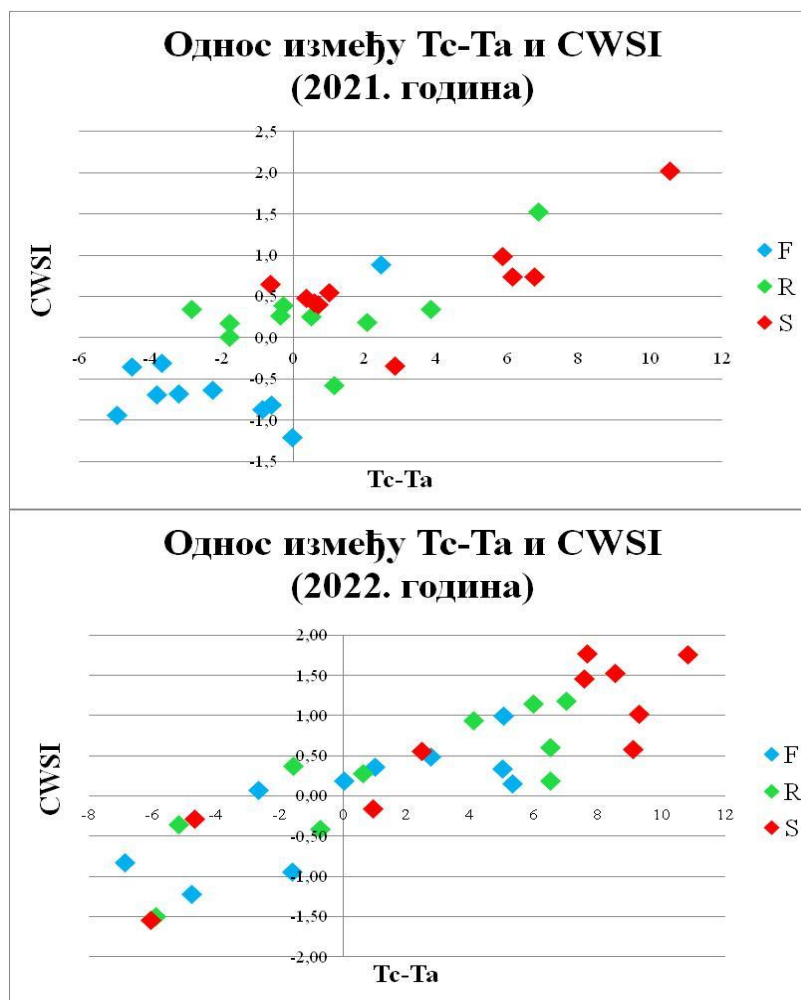
Температура биљног покривача током друге огледне (2022) године, у великој мери је током целог периода вегетације била виша у поређењу са температуром ваздуха. Максимална температура биљног покривача измерена је на S третману непосредно пред бербу и износила је 37,5 °C, што је било 10,8 °C више у односу на температуру ваздуха, чиме се јасно уочава да је биљка била у стресу у тренутку мерења. Просечна температура биљног покривача током вегетационог периода на F третману износила је 26,7 °C, на R третману 28,1 °C и 30,7 °C на S третману. Просечна температура ваздуха током вегетационог периода износила је 27,9 °C. Сходно наведеном, винова лоза у оквиру R и S третмана је била у стресу. Овакви резултати су очекивани, јер услед редукције наводњавања долази до пораста температуре лишћа.

Највише температуре листа винове лозе се и у 2022. години запажају у оквиру S третмана. Током периода сазревања грожђа (месец август) уочавају се високе узастопне вредности температуре листа на S третману (34,2 °C, 37,5 °C, 35,8 °C, 35,9 °C) што је било у просеку за 5 °C више у односу на температуру листа на F третману и за око 3 °C више у односу на R третман. Максималне вредности температуре листа за третмане F, R и S износе 31,9 °C, 33,7 °C и 37,6 °C, редом. Најнижа вредност температуре листа измерена је на F третману када је детектован почетак фенофазе шарак и износила је 19,8 °C.

Вредности CWSI током две огледне године представљене су на **графику 12**, а на **графику 13**. однос разлике температуре листа и температуре ваздуха и вредности биљног водног стрес индекса (CWSI) током две огледне године.



**График 12.** Вредности биљног водног стрес индекса (CWSI) винове лозе током две огледне године (2021-2022)



**График 13.** Однос разлике температуре листа и температуре ваздуха и вредности биљног водног стрес индекса (CWSI) током две огледне године (2021-2022)

Биљни водни стрес индекс (CWSI) представља један од најчешће коришћених показатеља за квантификацију стреса код биљака заснованог на температури биљног покривача. Поред тога, његова вредност се одређује и на основу температуре и влажности ваздуха у тренутку мерења. Вредности CWSI индекса крећу се од -1 (биљка добро снабдевена водом) до +1 (биљка у водном стресу).

Просечне вредности биљног водног стрес индекса у 2021. години варираше су од 0,67 на S третману, 0,29 на R третману до -0,56 на F третману. Током целог вегетационог периода, вредности CWSI на F третману биле су испод 0, сем при мерењу на крају вегетације када је та вредност износила 0,89, што је очекивано због старења лишћа и смањене физиолошке активности. Овакве вредности CWSI на F третману указују да винова лоза није била изложена водном стресу, захваљујући задовољавајућем садржају воде у земљишту. Максимална вредност CWSI у третману редукованог наводњавања (R) забележена је такође крајем вегетације. Вредности CWSI на R третману су углавном уједначене током целог периода вегетације и указују на благи водни стрес. Највеће вредности CWSI се очекивано, јављају у третману без наводњавања (S). Од наступања фенофазе шарка (0,74) ове вредности се претежно крећу изнад 0,50 што говори о водном стресу винове лозе. Максимална вредност CWSI у S третману остварена је на крају вегетације, после бербе и износи 2,02.

Током 2022. године просечне вредности CWSI на третманима F, R и S су 0,04, 0,34 и 0,74, редом. Најмањи водни стрес се уочава на F третману. Вредности CWSI у оквиру F третмана од фенофазе цветања до краја вегетације крећу се од -1,21 до 1,50 (ова вредност указује на водни стрес). Максималне вредности CWSI за сваки третман (F, R, S) износе 1,50, 1,56 и 1,99, редом. Као и претходне године, највеће вредности CWSI (изнад 1) се уочавају на третману без наводњавања, S. Овакве вредности су у највећој мери установљене за време интензивног раста и сазревања грозђа, услед недовољне количине падавина и високих температура. Добијени резултати су у сагласности са Pádua et al. (2019) који су највише вредности индекса CWSI добили током фенофазе шарка (1,0) и бербе (0,91) у винограду без наводњавања.

Горњи лимит ( $D_1$ ) од 3,962 °C објашњен од стране Idso et al. (1981) зависи од специфичности локације, сорте биљне врсте и климатских услова. С обзиром на добијене вредности CWSI изнад 1, неопходно је горњи лимит калибрисати на основу података истраживане локације како би се добиле вредности у траженом опсегу.

Закључује се да винова лоза боље снабдевена водом има ниже температуре листа у поређењу са ненаводњаваном виновом лозом и виновом лозом на третману редукованог наводњавања.

До сличних закључака, дошли су и Shellie и King (2020) који наводе да се дневна вредност CWSI смањивала након заливања и повећавала између два интервала заливања. Винова лоза винске сорте (*Vitis vinifera* L. cv. *Malbec*) је током 5 огледних година сваке недеље наводњавана на основу евапотранспирације културе ( $ET_c$ ) и то са 70% или 35% од  $ET_c$  у 2014, 2015, 2016. и 2017. години и са 50% или 100%  $ET_c$  у 2018. години. Када се количина наводњавања смањила са 100% на 50%  $ET_c$ , 70% на 35%  $ET_c$ , дневна вредност CWSI се повећала са 0,4 на 0,6. У складу са тим, стопа пораста и смањења CWSI је у негативној корелацији са количином воде примењеном за наводњавање. Процену водног стреса винских сорти винове лозе (*Vitis vinifera* L. cvs. *Varmantino*, *Cabernet*, *Cagnulari*) применом метода даљинске детекције испитивали су Matese et al. (2018). Експеримент је спроведен у два винограда на Сардинији (Италија) и састојао се од два третмана редукованог наводњавања RDI 1 и RDI 2 (*Regulated Deficit Irrigation* – RDI) са два нивоа дефицита воде, третмана пуног наводњавања (*Well Irrigated* – WET) и третмана природног влажења (DRY). Наводњавање методом кап по кап је примењивано од почетних фаза раста и развоја бобица до сазревања грозђа. Према резултатима, CWSI за WET третман био је 0,77, 0,22, и 0,34 за *Varmantino*, *Cabernet* и *Cagnulari*, редом; умерени дефицит воде (RDI 1) био је 0,72, 0,28 и 0,43 за *Varmantino*, *Cabernet* и *Cagnulari*, редом, док је за висок дефицит воде RDI 2 био 0,90, 0,34 и 0,51, за *Varmantino*, *Cabernet* и *Cagnulari*, редом и за DRY третман 0,97, 0,47 и 0,63 за *Varmantino*, *Cabernet* и *Cagnulari*, редом. Резултати указују да се вредности CWSI повећавају за сваку од испитиваних сорти од WET до DRY третмана, тачније CWSI расте како садржај воде опада.

Bellvert et al. (2021) и Atencia Payares et al. (2024) сугеришу примену биљног водног стрес индекса као корисног средства за ефикасно управљање наводњавањем и унапређење рационалне употребе воде у виноградарству.

### 6.7.2. Вегетациони индекси добијени помоћу мултиспектралне камере постављене на дрон

Примена метода даљинске детекције у виноградарству (посебно уз помоћ дрона), последњих година добија све већи значај због своје ефикасности и прецизности (Baluja et al., 2012; Tang et al., 2022; Ferro et al., 2023; Berry et al., 2024). Дронови опремљени мултиспектралним и термалним камерама омогућавају прикупљање просторних података високе резолуције (Zúñiga Espinoza et al., 2017; Matese et al., 2018; Giovos et al., 2021; López-García et al., 2021; Li et al., 2022; Gavrilović et al., 2024), чиме се могу анализирати различити аспекти винограда, попут стања здравља винове лозе, водни стрес, раст и развој биљног покривача, као и процена приноса (Li et al., 2022; Damásio et al., 2023; Berry et al., 2024; Gavrilović et al., 2024).

Прелетање винограда дроном на кога је монтирана мултиспектрална камера извршено је у другој огледној години (2022). Обављена су три снимања: прво у мају, друго у јулу и треће у августу за време кључних фаза развоја винове лозе (цветање, шарак, берба). Помоћу анализираних снимака генерисани су вегетациони индекси NDVI, GNDVI и OSAVI. На **графику 14.** приказане су просечне вредности наведених вегетационих индекса у оквиру различитих третмана наводњавања (F, R и S).

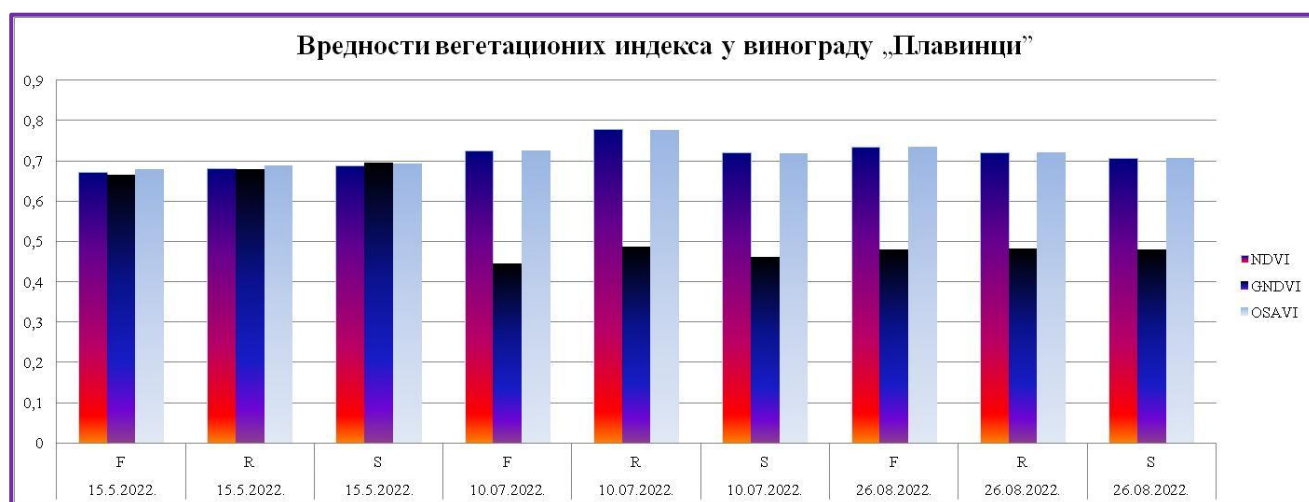
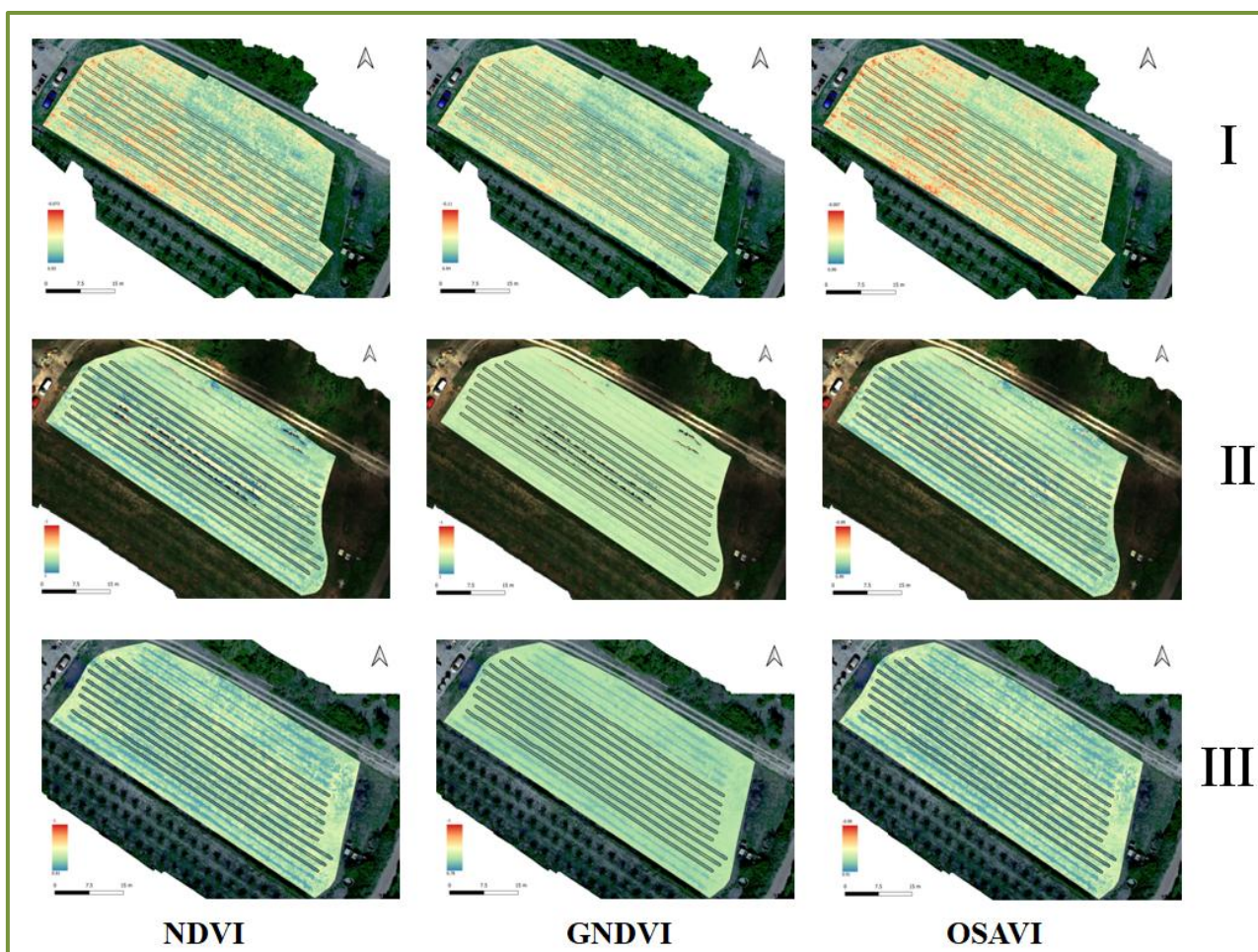


График 14. Испитивани вегетациони индекси у винограду „Плавинци“

Током првог снимања (15. мај 2022. године), након фенофазе цветања, није запажена статистички значајна разлика између вегетационих индекса испитиваних третмана наводњавања. С обзиром да наводњавање није било примењено у овом временском периоду, овакав резултат је очекиван. Приликом другог снимања (10. јул), када је детектован почетак фенофазе шарка, јављају се разлике између вегетационих индекса на испитиваним третманима. Третман редукованог наводњавања издваја се као третман где су уочене највише вредности свих анализираних вегетационих индекса. Ово се може оправдати чињеницом да благи водни стрес може стимулирати бољу продуктивност биљке, а то се огледа кроз ефикасно коришћење воде, повољне услове за фотосинтезу и повећање концентрације хлорофила. Дакле, винова лоза у овом режиму, ефикасно користи доступне ресурсе, без претераног губитка воде, али и без прекомерног вегетативног раста. Преостала два третмана (F и S) имају приближне вредности. Треће снимање, које је обављено након бербе, 26. августа, показује највеће вредности свих вегетационих индекса у F, затим у R и на крају у S третману. Овакви резултати се објашњавају динамичним физиолошким променама

винове лозе током периода вегетације. У прва два мерења, R и S третмани су били ефикаснији у коришћењу воде у ранијим фенофазама, али како се винова лоза приближавала крају вегетације, пуно наводњавање у F третману је омогућило виновој лози да постигне максималну фотосинтетску активност и покривеност биљног покривача, што је резултирало већим вредностима вегетационих индекса. Такође, високе температуре ваздуха (преко 30 °C) у августу су допринеле повећању стреса на R и S третману, док су биљке на F третману наставиле да користе воду и врше фотосинтетску активност, самим тим и одржавају здравље лисне масе.

Просторна варијација огледне парцеле у винограду током 2022. године приказана је на слици 21. Редови који су били предмет овог истраживања су уоквирени. Представљена су сва три вегетациона индекса NDVI, GNDVI и OSAVI, редом, у оквиру три снимања.



Слика 21. Вегетациони индекси на огледној парцели винограда са издвојеним анализираним редовима, односно третманима наводњавања током три снимања

Просечна вредност NDVI и GNDVI индекса током првог снимања за све третмане наводњавања износила је 0,68, док је просечна вредност за OSAVI индекс била 0,69. У току другог снимања, просечна вредност NDVI и OSAVI индекса износила је 0,74, док индекс GNDVI показује нешто ниже вредности, тј. 0,46. Слични резултати јављају се и приликом трећег снимања када је просечна вредност индекса NDVI и OSAVI била 0,72, а за GNDVI 0,48.

Просечне вредности вегетационих индекса (NDVI, GNDVI и OSAVI) винове лозе у оквиру различитих третмана наводњавања (F, R и S) представљене су у табели 35.

**Табела 35.** Ефекат режима наводњавања на вегетационе индексе током 2022. године

Третмани	Вегетациони индекси		
	NDVI	GNDVI	OSAVI
F	0,71	0,53	0,71
R	0,73	0,55	0,73
S	0,71	0,55	0,71
<b>Просек (нз)</b>	<b>0,71</b>	<b>0,54</b>	<b>0,72</b>

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )

Тестирање значајности разлике утврдило је да између F, R и S третмана не постоји статистички значајна разлика (нз). Резултати указују да се просечно највише вредности свих вегетационих индекса јављају у оквиру R третмана (0,73, 0,55 и 0,73 за NDVI, GNDVI и OSАVI, редом). Третман пуног наводњавања (F) услед прекомерног снабдевања водом, доводи до ниже фотосинтетске активности због смањења ефикасности рада стома или пак прекомерног вегетативног раста на уштрб бобица грожђа. Вишак воде може изазвати мање ефикасну рефлексију блиског инфрацрвеног зрачења, што објашњава ниже вредности вегетационих индекса на овом третману. Када је у питању S третман, винова лоза је развила механизме који побољшавају ефикасно коришћење воде кроз стимулацију фотосинтезе када је залиха воде мала. Закључује се да третман редукованог наводњавања ефикасније користи воду и подстиче бољу фотосинтетску активност винове лозе.

Вредности Пирсоновог коефицијента корелације вегетационих индекса добијених са мултиспектралне камере постављене на дрон и покривености и приноса приказане су у **табели 36**.

**Табела 36.** Пирсонов коефицијент корелације између просечних вредности вегетационих индекса добијених са мултиспектралне камере постављене на дрон и мерења са огледне парцеле (покривеност и принос) током 2022. године

Датум снимања	Вегетациони индекси	Покривеност	Температура листа	CWSI	Принос
15.5.2022.	NDVI	0,78	/	/	0,63
	GNDVI	0,91	/	/	0,59
	OSAVI	0,70	/	/	0,60
10.7.2022.	NDVI	0,57	/	/	0,35
	GNDVI	0,29	/	/	0,65
	OSAVI	0,58	/	/	0,34
26.8.2022.	NDVI	0,97	-0,96	-0,96	0,69

Вегетациони индекси (GNDVI, NDVI, OSАVI) били су углавном у доброј и јакој позитивној корелацији са покривношћу и приносом. Снимања током августа показују да је NDVI показао високу корелацију са приносом ( $r=0,69$ ), што указује на то да се у каснијим фазама вегетације овај индекс потврђује као добар показатељ потенцијалног приноса. Поред тога, NDVI је имао значајну негативну корелацију са температуром листа и CWSI (обе вредности  $r=-0,96$ ), што сугерише да је повећање NDVI индекса повезано са нижим температурама листа и смањеним стресом биљке. Ова веза је у складу са очекивањима, јер

веће вредности NDVI обично указују на бољу физиолошку активност и фотосинтетску ефикасност, што је резултат оптималног снабдевања водом и смањеног стреса. С друге стране, GNDVI је у неким ранијим фазама, током фенофазе цветања, показивао високу позитивну корелацију са покровношћу ( $r=0,91$ ), али и добру корелацију са приносом ( $r=0,59$ ). Ово сугерише да је GNDVI користан у процени вегетативног раста и покривености, али можда није најбољи индикатор коначног приноса. У каснијим фенофазама, међутим, када је потребно предвидети принос, NDVI се показао као бољи и прецизнији показатељ. Најбољи тренутак за коришћење NDVI и GNDVI за предвиђање приноса и процену статуса водног стреса биљке је, према овим резултатима, у каснијим фенофазама периода вегетације, када су високе корелације са приносом и показатељима стреса (CWSI, температура листа) најочљивије.

Прецизно праћење водног статуса винове лозе помоћу мултиспектралних снимака коришћењем дрона је важна тема у бројним истраживањима спроведеним широм света (Baluja et al., 2012; Zúñiga Espinoza et al., 2017; Pádua et al., 2019; Giovos et al., 2021; Kasimati et al., 2021; Li et al., 2022; Tang et al., 2022; Berry et al., 2024; Gavrilović et al., 2024).

Baluja et al. (2012) су утврђивали водни статус винове лозе Темпраниљо у винограду без примене наводњавања помоћу термалних и мултиспектралних снимака добијених дроном. Према добијеним резултатима, пронађене су високе вредности коефицијента корелације између вегетационих индекса NDVI и TCARI/OSAVI и показатеља водног стреса, нарочито у условима дуготрајног недостатка воде. Ови индекси омогућили су да се прецизно мапирају зоне са различитим нивоима водног стреса, што може значајно унапредити доношење одлука у планирању наводњавања. Процену водног стреса винове лозе сорте Каберне совинјон употребом мултиспектралних и термалних сензора са дрона вршили су Zúñiga Espinoza et al. (2017) у виноградима у околини Вашингтона. Просечна температура у сезони раста (април-септембар) и годишња количина падавина износила је 20 °C и 202 mm. Примењени режими наводњавања су означени на основу процента примењене воде, а то су: 100% (контрола, стандардна стопа наводњавања), 60% (висока), 30% (средња) и 15% (ниска) стопа наводњавања у односу на контролу. Укупна примењена вода током вегетационог периода била је 416 mm на контролним парцелама. Индекси NDVI и GNDVI и температура биљног покривача винове лозе су били у корелацији са приносом и проводљивошћу стома листова. Закључује се да су вегетациони индекси добијени мултиспектралним сензором имали веће вредности са повећањем норме наводњавања, док је температура биљног покривача показивала обрнути тренд.

Детекцију водног статуса и нивоа стреса винове лозе у винограду у Калифорнији помоћу мултиспектралних снимака добијених од шест прелета дроном вршили су Tang et al. (2022). Експеримент у трајању од 2018. до 2020. године обухватао је три винограда у којима су били примењени различити третмани наводњавања (T1, T2, T3, T4) методом кап по кап. У 2018. години, T1 и T2 третмани су били под редукованим наводњавањем (са примењеном водом која је еквивалентна 75% ET<sub>0</sub>), док T3 и T4 нису били подвргнути водном стресу. У 2020. години, T1 третман је био под пуним наводњавањем, док је наводњавање у T2, T3 и T4 третманима смањено крајем јула да би се изазвали различити нивои водног стреса. Након тога, ова три третмана су била интензивно наводњавана од краја јула до почетка августа како би се постигао потпуни опоравак од водног стреса. Просечна вредност NDVI индекса током свих снимања износила 0,69, GNDVI индекса 0,72 и OSAVI индекса 0,68. Резултати ове студије су у сагласности са резултатима овог истраживања, нарочито у добијеним вредностима наведених индекса током јула и августа (када је вршено прелетање и у овом истраживању), где су они у просеку 0,59, 0,57 и 0,65, за NDVI, GNDVI и OSAVI индекс, редом.

Процену утицаја климатских промена на разноликост и продуктивност винограда помоћу дрона изводили су Pádua et al. (2019) на сорти (*Vitis vinifera* L. cv. *Malvasia Fina*) у винском региону Португала. У винограду није било успостављено наводњавање. Обављено је пет прелетања у различитим фенофазама винове лозе: цветање (мај и јун), развој бобица (јул), шарак (август) и берба (септембар). Прикупљени подаци током целе сезоне су омогућили израчунавање NDVI индекса чија је просечна вредност износила 0,71. Наведена вредност је у потпуној сагласности са резултатима овог истраживања. Најниже просечне вредности NDVI индекса од 0,59 и 0,62 јавиле су се током бербе и фенофазе шарка, редом. Највише просечне вредности NDVI индекса су биле током цветања (јун) од 0,82 и током развоја бобица – формирања плода (јул) од 0,80. Bellvert et al. (2021) су добили просечне вредности NDVI индекса у распону од 0,48 до 0,62 у зависности од сорте и режима наводњавања. Експеримент је спроведен током вегетације 2016. и 2017. године у органском винограду у Шпанији. Вредности NDVI индекса од 0,67 и 0,74 су добили Kasimati et al. (2021) у истраживању обављеном на винском грожђу у Немеји (Грчка). Реализовано је четири снимања током вегетационог периода (2019-2020), почевши од краја маја до почетка септембра (берба), да би се забележио NDVI у различитим фенолошким фазама раста винове лозе. Више вредности NDVI индекса су добијене када су подаци прикупљени близу датума бербе и око фенофазе шарка, што је у складу са резултатима овог истраживања.

На простору Србије, снимање винограда мултиспектралном камером постављеном на дрон обавили су Gavrilović et al. (2024) у Сремским Карловцима. За ову област, спроведена је серија студија 2020. и 2022. године током различитих фаза циклуса раста винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Riesling Italico*). Циљ истраживања је развој модела који би решавао проблем зонарања у прецизном виноградарству и који би био значајан као подршка виноградарима у доношењу одлука. Да би се осигурала висока тачност представљеног модела за идентификацију здравих чокота у винограду, кључно је да се мултиспектрални снимци сниме у периоду када вегетација није развијена до те мере да заклања простор изнад сувог чокота, али је довољно напредна за идентификацију крошње сваке појединачне лозе помоћу NDVI индекса. Просечна вредност NDVI индекса је била 0,68. У управљачкој зони 1 NDVI је износио 0,65, а у зони 2 је био 0,71. Резултати истраживања потврђују да даљинска детекција постаје све поузданији извор информација за праћење вегетације што води ка добро дефинисаним зонама управљања које служе као основа за имплементацију прецизног виноградарства.

### **6.7.3. Вегетациони индекси добијени помоћу ручног уређаја са мултиспектралном камером (*Plant-O-Meter*)**

Технологија термалног и мултиспектралног снимања помоћу ручних уређаја се увелико користи за одређивање статуса воде у винограду. Праћење статуса воде, посебно је значајно током развојних фаза јер се тиме осигурава квалитет грожђа и одрживост производње (Ferro et al., 2023; Berry et al., 2024). Поред прелета дроном, у 2022. години, вршено је и ручно снимање винове лозе кроз различите третмане наводњавања помоћу уређаја са мултиспектралном камером (*Plant-O-Meter*) који мери физиолошко стање одређене културе. Обављена су 4 снимања током периода вегетације, односно након појаве фенофазе цветања (мај), након појаве шарка (јул), током сазревања бобица и уочи бербе (август). Са анализираних снимака, добијени су индекси NDVI и GNDVI.

На **графику 15**. приказане су просечне вредности вегетационих индекса NDVI и GNDVI у оквиру различитих третмана наводњавања (F, R и S), а у **табели 37**. приказан је ефекат режима наводњавања на вегетационе индексе.

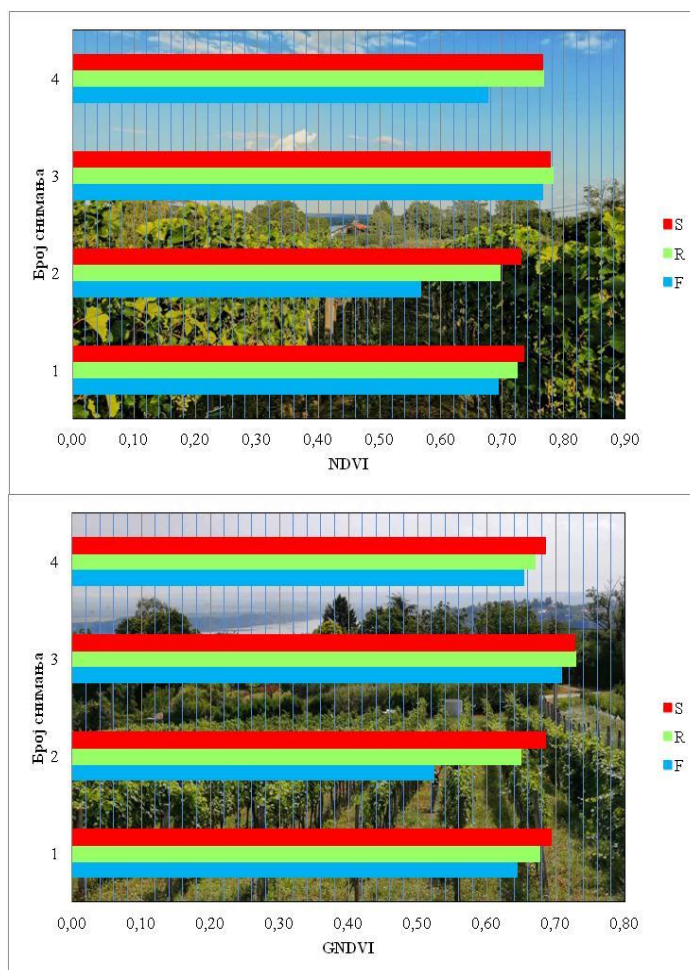


График 15. Добијени вегетациони индекси помоћу уређаја *Plant-O-Meter*

Највише просечне вредности NDVI и GNDVI индекса винове лозе за сва 4 снимања запажају се на R и S третману, док се најниже јављају на F третману. Винова лоза у редукованим третманима је развила системе прилагођавања који су омогућили ефикасно коришћење воде, кроз повећану рефлексију блиско инфрацрвеног зрачења и побољшану фотосинтезу у условима водног стреса. Винова лоза на третману пуног наводњавања (F) има најниже вредности индекса што наговештава да је прекомерно снабдевање водом смањило фотосинтезу због прекомерног раста биљног покривача или смањило ефикасност рада стома, што је довело до нижих вредности рефлексије у блиском инфрацрвеном спектру.

Највише вредности оба индекса се уочавају током другог снимања (број 3 на графику), односно након детектоване фенофаза шарка (19. јул), за NDVI индекс 0,77, 0,78 и 0,78 за третмане F, R и S, редом и за GNDVI индекс 0,71, 0,73 и 0,73 за третмане F, R и S, редом. Ово се може објаснити кроз чињеницу да фенофаза шарка, односно сазревање грожђа, тј. када бобице почињу да мењају боју и омекшавају, доводи до повећане фотосинтетске активности лишћа и чокота. У овој фази, вегетативни раст је углавном завршен, стога лишће постаје примарни извор фотосинтезе, а већи део асимилата се шаље ка бобицама, што може повећати ефикасност фотосинтезе у овом периоду. Такође, услед максималне покривености биљног покривача, повећава се и рефлексија блиског инфрацрвеног зрачења, што може повећати вредности NDVI и GNDVI. Закључује се да највеће вредности вегетационих индекса након фенофаза шарка могу бити резултат оптималних услова за фотосинтезу, стабилизације вегетативног развоја и фокуса на сазревање бобица, што смањује утицај стресних фактора на биљку. Најниже вредности вегетационих индекса се јављају у току трећег снимања (број 2 на графику), око 2 недеље пред бербу (2. август). У овој фази, винова

лоза прерасподељује ресурсе на сазревање бобица. Иако је процес фотосинтезе и даље активан, приоритет је усмерен на бобице, тј. грожђе, а не на развој нове лисне масе. Ово може довести до смањења фотосинтетске ефикасности и смањење хлорофила у лишћу. Такође, услед високих температура, долази до затварања стома, чиме се смањује фотосинтетску активност и количина рефлектоване светлости у блиском инфрацрвеном спектру, што резултира нижим NDVI и GNDVI вредностима. Физиолошке промене у листовима тј. старење лисне масе доводи до смањења хлорофила што директно утиче на смањење GNDVI индекса, будући да је он индикатор хлорофилне активности.

**Табела 37.** Ефекат режима наводњавања на вредност вегетационих индекса

Третмани	Вегетациони индекси	
	NDVI	GNDVI
<b>F</b>	0,68	0,63
<b>R</b>	0,74	0,68
<b>S</b>	0,75	0,70
<b>Просек (нз)</b>	<b>0,72</b>	<b>0,67</b>

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )

Резултати указују да нема статистички значајних разлика између третмана (F, R и S) за оба индекса (NDVI и GNDVI). Највише просечне вредности NDVI и GNDVI индекса запажају се на S третману, док се најниже јављају на F третману. У складу са свим претходно наведеним, закључује се да је винова лоза сорте Панониа толерантна на водни дефицит и да има добро развијене механизме прилагођавања на стресне услове. Међутим, имајући у виду предвиђање пораста температура и мањих количина падавина у будућности, ови резултати могу бити подложни измени.

Вредности Пирсоновог коефицијента корелације вегетационих индекса добијених са *Plant-O-Meter*-а (POM) и индикатора пораста винове лозе (покривеност, температура листа, CWSI) и приноса представљене су у **табели 38**. Одабрани су датуми снимања у периоду интензивне примене третмана наводњавања, када се очекује јака повезаност између испитиваних величина.

**Табела 38.** Пирсонов коефицијент корелације између просечних вредности вегетационих индекса добијених са POM и мерења са огледне парцеле (покривеност, температура листа, CWSI, принос) током 2022. године

Датум снимања	Вегетациони индекси	Покривеност	Температура листа	CWSI	Принос
<b>2.8.2022.</b>	GNDVI	-0,87	0,94	0,96	0,89
	NDVI	-0,86	0,94	0,96	0,90
<b>17.8.2022.</b>	GNDVI	-0,98	0,92	0,79	0,83
	NDVI	-0,96	0,89	0,76	0,86

Вегетациони индекси (GNDVI и NDVI) били су у јакој позитивној корелацији са температуром листа, CWSI и приносом, али у доброј до јакој негативној корелацији са покривеношћу. Оба вегетациона индекса (GNDVI и NDVI) показују високе позитивне корелације са температуром листа ( $r=0,94$ ,  $r=0,96$ , редом) и биљним водним стрес индексом ( $r=0,76$ ,  $r=0,96$ , редом). Овакви резултати остварени су, јер су мерења са POM показала веће вредности вегетационих индекса у третманима редукованог наводњавања у поређењу са пуним наводњавањем, док су температуре листа винове лозе биле више на третманима

редукованог наводњавања. Сходно томе, испоставило се да су ова два параметра била у јакој позитивној корелацији са вегетационим индексима, а не јакој негативној корелацији како је очекивано. Овакви резултати указују да детектовани биљни водни стрес није утицао на кондицију винове лозе, што се јасно види преко вредности вегетационих индекса, а касније и приноса. С друге стране, уочене су јаке негативне корелације између вегетационих индекса и покривености (од -0,86 до -0,98). Ово може указивати на то да су високе вредности вегетационих индекса повезане са смањеном покривеношћу, што је у складу са фазом развоја биљака и динамиком примене наводњавања. Примећује се да редуковани режими наводњавања погодују развоју винове лозе у периоду интензивног пораста.

Корелација између вегетационих индекса добијених помоћу *Plant-O-Meter*-а (POM) и приноса показала је значајну повезаност, што је веома важно за праћење и процену приноса винове лозе. Вредности корелације ( $r=0,83-0,90$ ) сугеришу на то да је постојала јака позитивна повезаност између вредности NDVI и GNDVI и коначног приноса, посебно током периода када су биле примењене интензивне мере наводњавања. Ова повезаност је посебно значајна за процену приноса винове лозе током трајања вегетационе сезоне, што може помоћи виноградарима и винарима да предвиде принос и планирају даље токове производње.

Samros et al. (2021) су установили високе вредности коефицијента корелације ( $r>0,84$ ) покривености и NDVI индекса за четири различите винске сорте винове лозе у виноградима Каталоније (Шпанија). Zúñiga Espinoza et al. (2017) су испитујући могућност детектовања водног стреса у наводњаваним виноградима око Вашингтона остварили добру корелацију NDVI и GNDVI индекса са приносом ( $r=0,68$  и  $r=0,78$ , редом) што је нешто ниже од вредности добијених применом POM у овом истраживању, али у сагласности са резултатима добијених коришћењем дрона. Sun et al. (2017) су на подручју Калифорније остварили вредности коефицијента корелације NDVI индекса и приноса наводњаваног винограда од  $r=0,66$  до  $0,83$  указавши да почетак, количина и турнус заливања имају значајан утицај на развој лисне површине и грозда винове лозе. Аутори указују да се уз неколико мерења методама даљинске детекције могу проценити приноси са вероватноћом већом од 80%. Завидне резултате остварили су и Ferro et al. (2023) у наводњаваним виноградима под засадом беле винске сорте (*Vitis vinifera* L. cv. *Catarratto*) на територији Сицилије (Италија). Вредности корелације NDVI и GNDVI индекса и приноса варирале су од  $0,61$  до  $0,84$ .

Тестирање прецизности и тачности података добијених помоћу ручног уређаја са мултиспектралном камером (*Plant-O-Meter*) вршили су Kitić et al. (2019) у северној (Бајмок) и централној (Равно Село) Војводини. Резултати указују на поузданост података са сензора *Plant-O-Meter*-а и независност од различитих временских услова (осветљење: облачност или доба дана) током теренских мерења. Индекс NDVI био је у снажној корелацији са NDVI израчунатим из рефлексије мерене хиперспектралном камером (са којом је рађено поређење). То је снажан доказ да је овај сензор поуздан уређај за спектрална мерења на терену. Такође, имајући у виду лакоћу коришћења *Plant-O-Meter*-а уз његову способност за тачно мапирање варијабилности стања одређене гајене културе, овај уређај је приступачно и учинковито средство за пољопривреднике који желе унапредити своју производњу. Резултате о поузданости *Plant-O-Meter*-а потврђују и Tagarakis et al. (2022).

Снимање уређајем *Plant-O-Meter* винове лозе сорте Панониа обавили су Sotonica et al. (2024) у сертификованом органском винограду винарије „Плавинци“. Испитиван је утицај три режима наводњавања (100%, 50% и 0% од  $ET_c$ ) на влажност земљишта и вегетационе индексе (NDVI и GNDVI). Највећа влажност земљишта забележена је у режиму пуног наводњавања, али је вредност индекса NDVI и GNDVI била виша у режимима са мање примењене воде, што је у сагласности са резултатима овог истраживања. Из студије се изводи закључак да сорта Панониа показује изузетну толеранцију на недостатак воде, што сугерише да наводњавање током трајања експеримента није било неопходно за тадашње услове *terroir*-а.

## 6.8. Генеративни потенцијал винове лозе

Родност винове лозе је сортна карактеристика која значајно утиче на принос и квалитет грождја, али је подложна спољним факторима, као што су: климатски услови, земљиште и врста подлоге, доступност воде и хранљивих материја, као и примењене агротехничке мере (резидба, наводњавање, заштита од болести итд.). Испитивање родности гајене сорте омогућава виноградарима да правовремено прилагоде своје агротехничке мере и правилно управљају виноградом како би се генетски потенцијал за родност максимално искористио. Висока родност омогућава стабилан и квалитетан принос, док смањена родност може значајно утицати на економску исплативост узгоја винове лозе.

Статистичка значајност утицаја различитих режима наводњавања током огледних година (2021-2022) на вредности коефицијената родности сорте Панониа приказана је у **табели 39**, а у **табели 40**. представљене су просечне вредности коефицијената родног потенцијала сорте Панониа током периода истраживања.

**Табела 39.** Статистичка значајност утицаја режима наводњавања и година истраживања на генеративни потенцијал сорте Панониа

Година	2021				2022			
	Третман	F	R	S	Просек (нз)	F	R	S
Коефицијент потенцијалне родности	0,81	0,85	0,77	<b>0,81</b>	0,82	0,87	0,85	<b>0,85</b>
Коефицијент релативне родности	1,61	1,70	1,54	<b>1,62</b>	1,65	1,74	1,69	<b>1,69</b>
Коефицијент апсолутне родности	1,67	1,73	1,61	<b>1,67</b>	1,72	1,81	1,80	<b>1,78</b>
Коефицијент неродности ластара	0,04	0,02	0,05	<b>0,03</b>	0,05	0,04	0,05	<b>0,04</b>
Коефицијент неродности окаца	0,07	0,03	0,10	<b>0,07</b>	0,06	0,05	0,07	<b>0,06</b>

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )

Резултати показују да нема статистички значајних разлика између режима наводњавања (F, R и S), као и између година истраживања. Међутим, винова лоза на третману редукованог наводњавања (R) има највише вредности коефицијената родности за обе огледне године. У складу са тим, винова лоза на R третману има и најниже вредности коефицијената неродности ластара и окаца за обе огледне године. У 2021. години, најниже вредности коефицијената родности се јављају код винове лозе на S третману, као и највише вредности коефицијената неродности ластара и окаца. За разлику од 2021. године, најниже вредности коефицијената родности и највише вредности коефицијената неродности ластара и окаца се јављају виновој лози на третману пуног наводњавања. Вредности коефицијената родног потенцијала сорте Панониа за 2022. годину су за 4,94% веће од коефицијента потенцијалне родности, 4,97% веће за коефицијент релативне родности и 6,59% веће за коефицијент апсолутне родности у 2021. години. Када је реч о коефицијенту неродности ластара у 2022. години, примећује се повећање од 33,33% у односу на 2021. годину, док је за коефицијент неродности окаца приметно смањење од 14,29%.

**Табела 40.** Вредности коефицијената родног потенцијала сорте Панониа у винограду „Плавинци“

Родни потенцијал сорте Панониа	$\bar{X}$	S	Cv (%)
Коефицијент потенцијалне родности	0,83	0,04	4,34
Коефицијент релативне родности	1,66	0,07	4,32
Коефицијент апсолутне родности	1,73	0,08	4,41
Коефицијент неродности ластара	0,04	0,01	29,23
Коефицијент неродности окаца	0,07	0,02	33,40

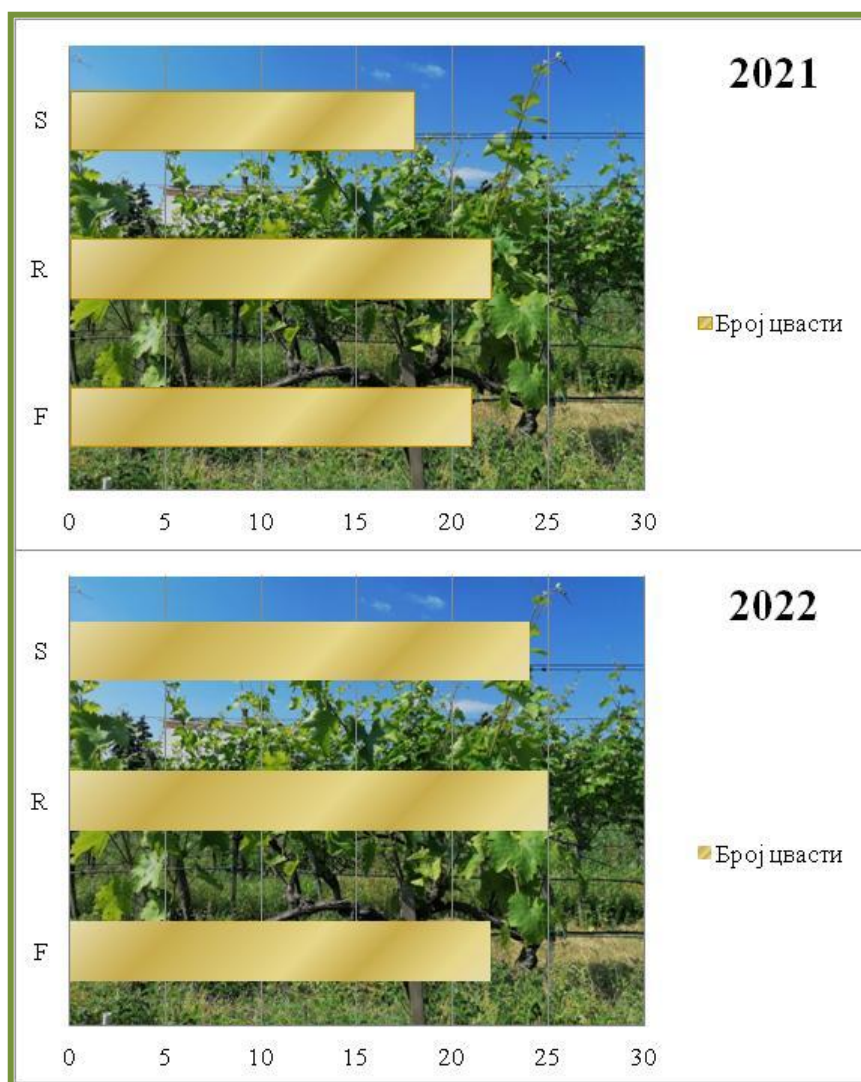
Највеће варирање коефицијента варијације сорте Панониа израчунато је за коефицијент неродности окаца (Cv=33,4%) и за коефицијент неродности ластара (Cv=29,23%). Ове високе вредности коефицијента варијације (Cv) су последица утицаја различитих абиотичких фактора, попут режима наводњавања, климатских услова и земљишњих својстава. Коефицијенти родног потенцијала (потенцијална, релативна и апсолутна) показују стабилност са ниским коефицијентима варијације. Овакви резултати указују на конзистентне карактеристике винове лозе при формирању и развоју плодова, без великих осцилација између огледних година и режима наводњавања. Закључује се да је Панониа према категоризацији, сорта са веома високим коефицијентом родности (>1,2).

На **слици 22.** приказане су цвасти винове лозе у оквиру сваког режима (F, R и S) наводњавања.



**Слика 22.** Цвасти винове лозе у различитим режимима наводњавања током периода истраживања

На **графику 16.** приказан је број цвасти сорте Панониа за обе огледне године (2021-2022).



**График 16.** Број цвасти сорте Панониа

Током 2021. године, највећи број цвасти евидентиран је код винове лозе на третману редукованог наводњавања R од 22. Њега следи винова лоза на F третману (21), док је код винове лозе на S третману забележен најмањи број цвасти (18). У 2022. години, уочава се повећање броја цвасти винове лозе код свих третмана наводњавања, за 4,76%, 13,64% и 33,33% за F, R, S третман, редом. И у овој години, винова лоза на R третману је била водећа, са највећим бројем цвасти (25), одмах иза ње била је винова лоза на третману без наводњавања S (24), док се код винове лозе на третману пуног наводњавања F примећује најмањи број цвасти (22). Ови подаци показују да је винова лоза на третману редукованог наводњавања постигла најбоље резултате током периода истраживања.

Ferrara и Mazzeo (2021) су се бавили испитивањем потенцијалне и релативне родности 17 белих сорти винове лозе у југоисточној Италији током 2018-2019. године. Вредности потенцијалне родности од 0,83, 0,82, 0,84, 0,87 и 0,90 су остварене код сорти *Luisa*, *White Seedless*, *Black Pearl*, *Crimson Seedless* и *Princess*, редом. Ове вредности су у сагласности са вредностима наведеног испитиваног параметра за сорту Панониа (0,83). Када је у питању релативна родност, највеће подударане са сортом Панониа (1,66), је остварила сорта *Pink Muscat* од 1,63.

Monteiro et al. (2022) су процењивали родност три беле сорте винове лозе (*Vitis vinifera* L. cvs. *Alvarinho*, *Fernão-Pires* и *Loureiro*) у два винограда у северозападном Португалу. Експеримент је спроведен током две вегетационе сезоне (2016-2018). Резултати указују на значајне разлике у родности међу сортама. Сорта *Fernão-Pires* је показала највећу плодност, тј. коефицијент апсолутне родности. Број цвасти је варирао између сорти, винограда и година. У вегетационој сезони (2017-2018) родност је била већа него у првој (2016-2017), а самим тим и већи број цвасти и гроздова. Аутори закључују да се повећање индекса родности и смањење броја неродних ластара у другој испитиваној сезони може довести у везу са спољашњим условима животне средине. Wenter et al. (2018) су установили током двогодишњег огледа да третмани наводњавања нису утицали на број окаца по чокоту и на коефицијент родности сорте Совињон бели.

У нашем окружењу, Taranyi et al. (2023) су утврдили да режими наводњавања могу утицати на плодност винове лозе. Оглед је био постављен у винском региону у Мађарској у току три узастопне године (2021-2023). Испитивање је вршено на белој сорти винове лозе (*Vitis vinifera* L. cv. *Hárslevelű*). Резултати су показали да постоје значајне разлике у односу на развијене и родне ластаре између испитиваних година и третмана. Процент јаловака (неродних ластара) је такође показао значајне разлике. Поповић et al. (2017) су током двогодишњих истраживања (2014-2015) проучавали елементе родности и квалитет грожђа беле сорте Жижак у Подгоричком виногорју. Резултати су потврдили да и поред негативних утицаја климатских промена, сорта Жижак показује добре производне карактеристике. Фактори животне средине нису значајно утицали на проценат развијених и родних ластара. Већи број цвасти по родном ластару (1,44), принос (1,4 kg·m<sup>-2</sup>) и маса грозда (156 g) су остварени у другој огледној години, што је у сагласности са резултатима овог истраживања.

Код нас, Garić et al. (2022) су установили да је сорта Каберне совинјон у Опленачком виногорју током огледа у трајању од 2020-2021. године испољила високу и стабилну родност и одличан квалитет грожђа и вина. Процент развијених и родних ластара био је висок у испитиваним годинама. Број гроздова по остављеном окцу, развијеном и родном ластару показао је варијације у зависности од временских услова и положаја окаца на ластару. Просечан број окаца по чокоту био је 12, а број развијених ластара 11, што је у сагласности са резултатима овог истраживања.

Испитивање основних параметара родности и квалитета грожђа сорте Ризлинг и клонова (239Gm и B21) су вршили Ranković-Vasić et al. (2016) у Нишком виногорју, у периоду (2012-2014). Анализом података утврђене су варијације истраживаних особина у зависности од метеоролошких фактора године код стандардне сорте и клонова. Највише вредности параметара родности утврђени су код клона 239Gm од 1,86, 2,18, 2,25 за потенцијални, релативни и апсолутни коефицијент родности, редом. То је за 55,38%, 23,85% и 23,11% више у односу на потенцијални, релативни и апсолутни коефицијент родности добијен у овом истраживању. Стога, за све три године истраживања, на основу највећег броја истраживаних особина, овај клон се може издвојити и препоручити за производњу у истим или сличним агроколошким условима.

## 6.9. Параметри приноса, механичког састава и квалитета грожђа

### 6.9.1. Принос грожђа и механички састав грозда и бобице

Момент пуне зрелости утврђен је на основу више анализа садржаја шећера и укупних киселина у шири. У првој огледној години (2021) берба је обављена 23. августа, док је у другој (2022) она извршена пет дана раније, 18. августа. Просечне вредности показатеља приноса и особина грозда приказане су у **табелама 41.** и **42.**

**Табела 41.** приказује просечне вредности приноса и основних карактеристика грозда сорте Панонија током двогодишњег истраживања (2021-2022). Просечна вредност приноса у првој огледној години (2021), била је  $1,98 \text{ kg чокоту}^{-1}$ , док је највећи принос од  $2,23 \text{ kg чокоту}^{-1}$  остварен на третману редукованог наводњавања (R). Одмах за њим је и винова лоза на F третману са приносом од  $2,07 \text{ kg чокоту}^{-1}$ . Најмањи принос остварен је на виновој лози у третману без наводњавања од  $1,65 \text{ kg чокоту}^{-1}$ . Највећи број гроздова (22) измерен је на виновој лози на R третману, док је најмањи (16,50) био на S третману (**График 18**). Највећа маса грозда од  $163,58 \text{ g}$  се јавља на виновој лози на F, а најмања од  $146,08 \text{ g}$  на виновој лози на R третману. Просечно, најдужи гроздови су измерени у оквиру F третмана у вредности од  $19 \text{ cm}$ , док су преостала два третмана имала сличне вредности:  $R=17,55 \text{ cm}$  и  $S=17,80 \text{ cm}$ . Најшири гроздови забележени су на виновој лози на R и S третманима ( $13,90$  и  $13,80$ , редом). Најдуже петелке су измерене на виновој лози на F третману ( $3,62 \text{ cm}$ ), док су најкраће ( $2,27 \text{ cm}$ ) забележене на R третману. Највиша просечна вредност шепурине (огроздина, петелковина) се јавила на виновој лози на третману редукованог наводњавања ( $8,00 \text{ g}$ ). Просечан број бобица у грозду био је 112. Највећи број бобица у грозду остварен је у оквиру S третмана са вредношћу од 122 бобице. Најмањи број бобица од 106 забележен је на виновој лози на R третману.

Током 2022. године, уочава се значајно повећање приноса, чак за око 48,93% у односу на прву огледну годину. Просечна вредност износила је  $2,95 \text{ kg чокоту}^{-1}$ . И у овој години, највећи принос остварен је у оквиру R третмана (**График 17**). Најнижи принос је измерен на F третману ( $2,63 \text{ kg чокоту}^{-1}$ ). На третману редукованог наводњавања је остварен највећи број гроздова по чокоту ( $22,70$ ), док је најмањи, као и претходне године измерен на S третману ( $20,80$ ). Просечна маса грозда износила је  $189,65 \text{ g}$ , што је за 20,79% више у односу на 2021. Највиша вредност масе грозда запажа се на F третману ( $206,32 \text{ g}$ ), док је најнижа ( $163,01 \text{ g}$ ) била на S третману. Најдужи гроздови су забележени на F и R третманима ( $18,40 \text{ cm}$  и  $18,30 \text{ cm}$ ), док су најшири измерени такође у оквиру ова два третмана ( $12,65 \text{ cm}$  и  $12,60 \text{ cm}$ , за R и F, редом) (**Слика 23**). Као и претходне године, најдужа петелка је измерена на гроздовима на F третману ( $3,71 \text{ cm}$ ). Просечна маса шепурине износила је  $10,68 \text{ g}$ , што је за 20,79% више у односу на прву огледну годину (**График 19**). Највеће вредности шепурине су забележене на F и R третманима ( $11,12 \text{ g}$  и  $11,20 \text{ g}$ ). Просечан број бобица у грозду је износио 116. Највећи број бобица у грозду је измерен на R и F третманима од 120 и 119 бобица, редом.

Закључује се да је винова лоза на третману редукованог наводњавања (R) током обе огледне године показала најбоље резултате и остварила повољан баланс између високог приноса и стабилних производних карактеристика грозда.

Табела 41. Принос и карактеристике грозда сорте Панонија у винограду „Плавинци“ током 2021-2022. године

Година/Третман	Принос kg чокоту <sup>-1</sup>	Принос t·ha <sup>-1</sup>	Број гроздова по чокоту	Маса грозда (g)	Дужина грозда (cm)	Ширина грозда (cm)	Дужина петељке (cm)	Маса шепурине (g)	Број бобица у грозду
<b>2021</b>	<b>1,98</b>	<b>11,87</b>	<b>19,63</b>	<b>157,01</b>	<b>18,12</b>	<b>13,72</b>	<b>2,74</b>	<b>7,47</b>	<b>112</b>
F	2,07	12,78	20,40	163,58	19,00	13,45	3,62	7,30	107
R	2,23	13,35	22,00	146,08	17,55	13,90	2,27	8,00	106
S	1,65	9,87	16,50	161,38	17,80	13,80	2,34	7,10	122
<b>2022</b>	<b>2,95</b>	<b>17,71</b>	<b>21,67</b>	<b>189,65</b>	<b>17,62</b>	<b>12,25</b>	<b>2,85</b>	<b>10,68</b>	<b>116</b>
F	2,63	15,76	21,50	206,32	18,40	12,60	3,71	11,12	119
R	3,19	19,13	22,70	199,62	18,30	12,65	2,45	11,20	120
S	3,04	18,22	20,80	163,01	16,15	11,51	2,38	9,71	109
<b>Укупни просек</b>	<b>2,47</b>	<b>14,79</b>	<b>20,65</b>	<b>173,33</b>	<b>17,87</b>	<b>12,99</b>	<b>2,80</b>	<b>9,08</b>	<b>114</b>

Табела 42. Особине бобице грозда сорте Панонија у винограду „Плавинци“ током 2021-2022. године

Година/Третман	Маса бобица у грозду (g)	Маса 100 бобица (g)	Маса pokožице 100 бобица (g)	Маса семенки 100 бобица (g)	Број семенки у 100 бобица	Маса 100 семенки (g)	Дужина бобице (mm)	Ширина бобице (mm)
<b>2021</b>	<b>148,52</b>	<b>143,50</b>	<b>7,32</b>	<b>6,59</b>	<b>292</b>	<b>2,31</b>	<b>13,13</b>	<b>12,49</b>
F	155,04	158,50	8,55	7,11	310	2,30	14,63	13,56
R	137,82	143,50	7,14	6,32	275	2,42	13,04	12,43
S	152,70	128,50	6,27	6,34	291	2,22	11,72	11,47
<b>2022</b>	<b>173,27</b>	<b>171,92</b>	<b>8,78</b>	<b>5,60</b>	<b>318</b>	<b>1,79</b>	<b>12,77</b>	<b>13,47</b>
F	178,09	188,34	10,29	5,56	330	1,72	13,49	13,86
R	188,42	179,45	8,92	6,71	335	1,99	13,03	13,58
S	153,29	147,96	7,12	4,52	289	1,67	11,79	12,97
<b>Укупни просек</b>	<b>160,89</b>	<b>157,71</b>	<b>8,05</b>	<b>6,09</b>	<b>305</b>	<b>2,05</b>	<b>12,95</b>	<b>12,98</b>

Особине бобице сорте Панониа током двогодишњих истраживања представљене су у **табели 42**. Просечна маса бобица у грозду била је 148,52 g у 2021. години. Највећа вредност масе бобица у грозду запажа се на виновој лози на F третману (155,04 g), док је најнижа забележена на виновој лози на третману редукованог наводњавања, R (137,82 g). Просечна маса 100 бобица је износила 143,50 g. Највиша вредност масе 100 бобица је остварена на виновој лози на F третману (158,50 g), а најнижа на S третману (128,50 g). Просечна маса покожице 100 бобица је била 7,32 g, а вредности по третманима су биле 8,55 g, 7,14 g и 6,27 g, за F, R и S третман, редом. Највиша вредност масе семенки 100 бобица јавила се на виновој лози на F третману (7,11 g), а најнижа на R (6,32 g). Просечан број семенки у 100 бобица био је 292. Највиша вредност броја семенки у 100 бобица измерена је на F третману од 310, а најнижа на R третману, од 275. Просечна маса 100 семенки износила је 2,31 g, највиша вредност забележена је на R третману (2,42 g), док је најнижа остварена на S третману (2,22 g). Када су у питању димензије бобице, просечна дужина је била 13,13 mm, а просечна измерена ширина је била 12,49 mm. Најкрупније бобице су се јављале у оквиру третмана пуног наводњавања, F (14,63 mm x 13,56 mm), док су најситније уочене на S третману (11,72 mm x 11,47 mm).

У 2022. години, просечна маса бобица у грозду била је 173,27 g, што је за 16,67% више у односу на прву огледну годину. Највише вредности масе бобица у грозду остварене су на виновој лози на F и S третману (155,04 g и 152,70 g). Просечна вредност масе 100 бобица износила је 171,92 g, што је за 19,80% више у односу на 2021. годину. Просечна маса покожице 100 бобица износила је 8,78 g. Највиша вредност масе покожице 100 бобица се као и претходне године уочава на виновој лози на F третману (10,29 g), а најнижа на S третману (7,12 g). Просечна маса семенки 100 бобица је била 5,60 g, што је за 15,02% мање у односу на 2021. годину. Број семенки у 100 бобица је износио 318. Највећи број семенки је измерен на виновој лози на R третману (335), а најмањи на виновој лози на S третману (289). Просечна маса 100 семенки износила је 1,79 g, док је највиша вредност масе 100 семенки забележена на виновој лози на R третману (1,99 g), а најнижа на S третману (1,67 g). Просечна дужина бобице износила је 12,77 mm, а ширина 13,47 mm. И у другој огледној години, најкрупније бобице су измерене на третману пуног наводњавања, F (13,49 mm x 13,86 mm), а најситније на S третману (11,79 mm x 12,97 mm) (**Слика 23**).

Закључује се да су карактеристике *terroir*-а заједно са применом наводњавања током трајања друге огледне године били повољнији за сорту Панониа, омогућавајући већу продуктивност и боље квалитативне особине бобица, што је позитивно утицало на производњу вина. Ове предности се огледају кроз повећање масе бобица (веће бобице су допринеле и већем укупном приносу и побољшаном квалитету вина – **График 19**), пораст масе 100 бобица (веће бобице имају боље ароматичне материје које могу утицати на добијање вина са комплекснијим укусом), дебља покожица (побољшава стабилност боје у вину), смањење масе семенки (мање семенке могу умањити горчину која доприноси бољем квалитету вина), пораст броја семенки у 100 бобица (ово може указивати на побољшану репродуктивну способност винове лозе).

Укупна просечна вредност масе бобица у грозду за обе огледне године износи 160,89 g, просечна маса 100 бобица је 157,71 g, просечна маса покожице 100 бобица износи 8,05 g, просечна маса семенки 100 бобица је 6,09 g, просечан број семенки у 100 бобица је 305, просечна маса 100 семенки је била 2,05 g, док су просечне димензије бобица сорте Панониа износиле 12,95 mm за дужину и 12,98 mm за ширину бобице.

На **графицима 17-21**. приказани су неки од испитиваних параметара сорте Панониа током двогодишњег истраживања, а на **слици 23**. приказани су гроздови по третманима.

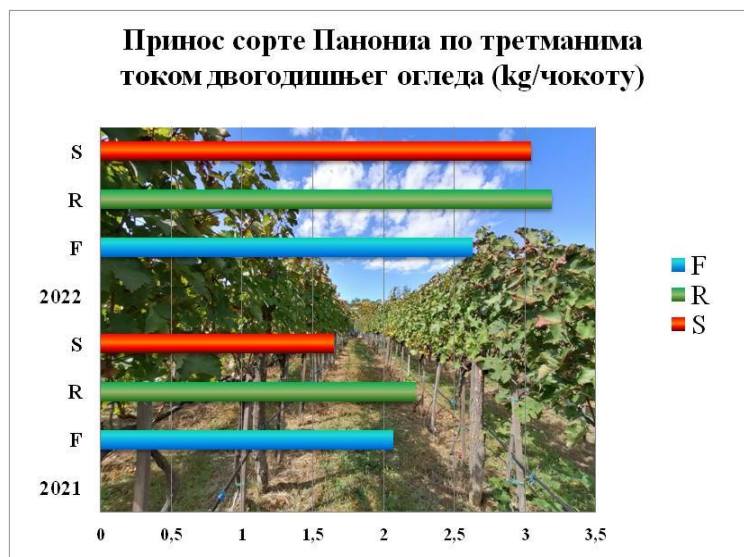


График 17. Просечан принос сорте Панониа током (2021-2022) у оквиру различитих режима наводњавања (F, R и S)

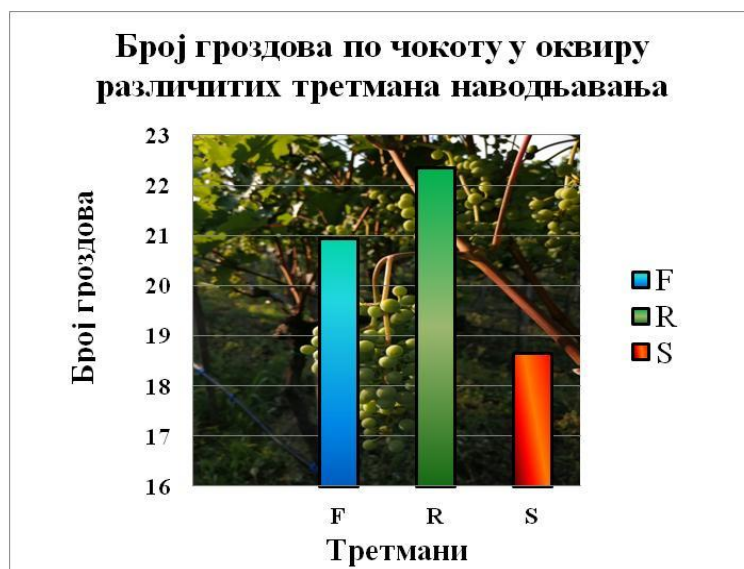


График 18. Број гроздова по чокоту по третманима наводњавања током 2021-2022. године

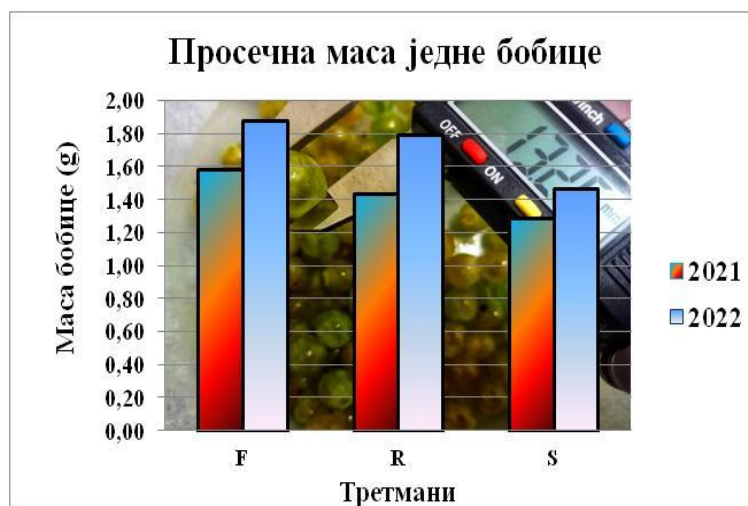
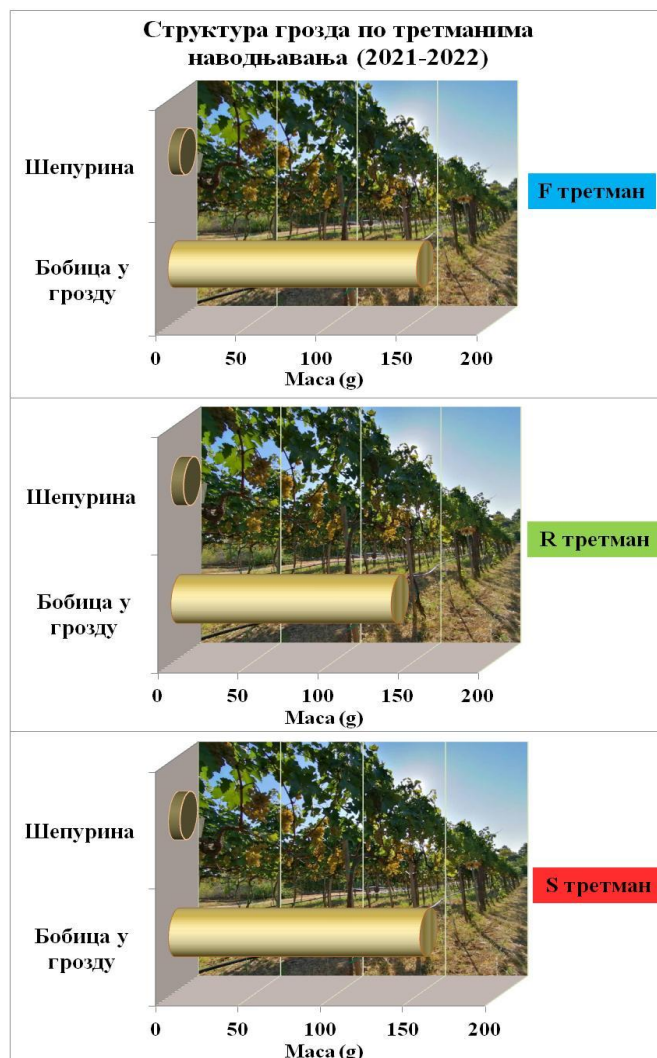


График 19. Просечна маса једне бобице у оквиру третмана наводњавања (F, R и S)

Током 2022. године, приметан је пораст масе бобица у грозду. Највећа маса бобица уочава се на третману пуног наводњавања (F) од 1,59 g за 2021. годину и 1,88 g за 2022. годину, што је повећање од 18,61%. Најниже просечне вредности масе бобице су измерене на третману без наводњавања (S) од 1,28 g и 1,47 g за 2021. и 2022. годину, редом, што је за 14,40% више. Највеће повећање од 24,74% у 2022. години изражено је на R третману када је просечна маса једне бобице износила 1,47 g.



**График 20.** Структура грозда – однос масе шепурине и масе бобица по третманима наводњавања током експерименталних година (2021-2022)

Третмани наводњавања показују статистички значајан утицај на структуру грозда (График 20) у добијеним вредностима између експерименталних година (2021-2022). Током 2021. године, највећа маса бобица у грозду забележена је на гроздовима винове лозе са F третмана, док је најмања вредност измерена на гроздовима винове лозе код редукованог наводњавања (R), што указује да услови суше могу негативно утицати на акумулацију масе бобица. Насупрот томе, у 2022. години, гроздови винове лозе на R третману остварили су највећу масу бобица, што потврђује могућност уштеде воде без губитака у приносу (под условом да се примени у оптималном тренутку). Маса шепурине током обе огледне године била је највећа на гроздовима у оквиру R третмана, док су најниже вредности забележене у оквиру S третмана. Резултати указују да наводњавање има снажан утицај на структуру грозда, али је ефекат различит у зависности од климатских услова године и интензитета редукције воде.

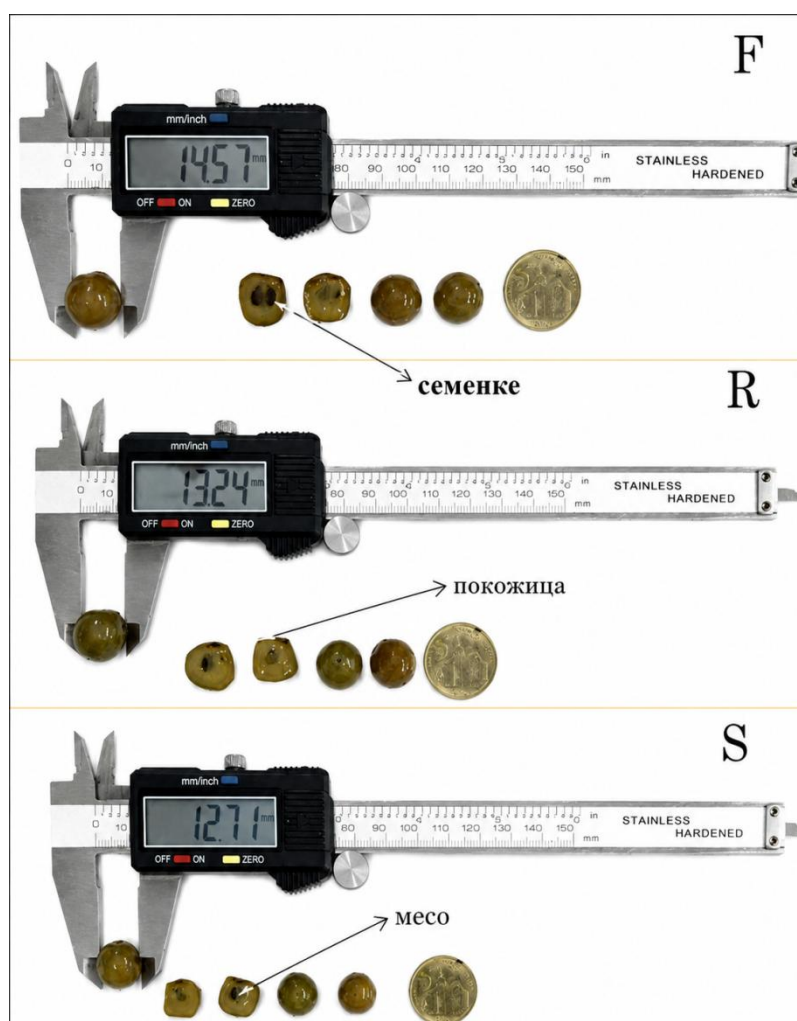


**График 21.** Структура једне бобице по третманима наводњавања (F, R и S)

Добијени просеци двогодишњих резултата (2021-2022) указују на разлике у структури бобице сорте Панониа под утицајем различитих третмана наводњавања. Највећи удео покожице у бобици забележен је на грожђу винове лозе на F третману (5,43%), док је најнижи на грожђу винове лозе на S третману (4,86%) што указује на то да појава водног стреса може утицати на тањење покожице, што је нарочито важно код белих винских сорти где се винификација углавном спроводи без контакта са покожицом. Међутим, покожица има значајну улогу у садржају ароматичних и антиоксидативних једињења. Удео семенке у бобици је био најнижи на грожђу винове лозе на F третману (3,73%), док је на грожђу винове лозе на R и S третману био нешто виши (4,07% и 4,01%, редом). Ове разлике, иако благе, могу указивати на релативно повећање масе семенке у условима ограничене доступности воде, што је у складу са физиолошким процесима винове лозе да обезбеди развој репродуктивних структура чак и у неповољним условима. Код белих сорти, повећан удео семенки може допринети нотама горчине. Удео меса у бобици повећавао се са смањењем примене наводњавања, од 90,84% (F) до 91,13% (S). Ова разлика, иако нумерички мала, може имати значај за концентрацију растворљиве суве материје и укупну ароматичну зрелост грожђа. Код белих винских сорти, где се квалитет доминантно ослања на баланс киселина, арома и шећера, ови параметри могу бити пресудни за одређивање оптималног времена бербе и технолошке зрелости грожђа.



Слика 23. Приказ гроздова у моменту бербе по третманима наводњавања (F, R и S)



Слика 24. Мерење димензија бобица по третманима наводњавања (F, R и S) и приказ механичког састава бобице

Анализа варијансе утицаја године и третмана наводњавања на испитиване параметре грозда и бобица сорте Панонија приказана је у табелама 43. и 44. Анализа варијансе је показала да су године и третмани наводњавања испољили статистичку значајност ( $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ ) за највећи број параметара.

**Табела 43.** Анализа варијансе утицаја године и третмана наводњавања на принос и карактеристике грозда сорте Панонија

Година/ Третман	Принос kg чокоту <sup>-1</sup>	Принос t·ha <sup>-1</sup>	Број гроздова по чокоту	Маса грозда (g)	Дужина грозда (cm)	Ширина грозда (cm)	Дужина петелјке (cm)	Маса шепуринае (g)	Број бобица у грозду
<b>Година</b>	**	**	*	*	нз	**	нз	**	нз
<b>2021</b>	1,98	11,87	19,63	157,01	18,12	13,72	2,74	7,47	112,00
<b>2022</b>	2,95	17,71	21,67	189,65	17,62	12,25	2,85	10,68	116,00
<b>Третмани наводњавања</b>	*	*	*	нз	*	нз	**	нз	нз
<b>F</b>	2,35 b	14,27 b	20,95 ab	184,95	18,70 a	13,03	3,67 a	9,21	113,00
<b>R</b>	2,71 a	16,24 a	22,35 a	172,85	17,93 b	13,28	2,36 b	9,60	113,00
<b>S</b>	2,34 b	14,04 b	18,65 b	162,20	16,98 c	12,66	2,36 b	8,41	115,50
<b>Интеракција фактора</b>	нз	нз	нз	нз	нз	нз	нз	нз	нз

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p>0,05$ ;  $p<0,05$ ;  $p<0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p>0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p<0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p<0,01$ )

**Табела 44.** Анализа варијансе утицаја године и третмана наводњавања на особине бобица грозда сорте Панонија

Година/ Третман	Маса бобица у грозду (g)	Маса 100 бобица (g)	Маса покожице 100 бобица (g)	Маса семенки 100 бобица (g)	Број семенки у 100 бобица	Маса 100 семенки (g)	Дужина бобице (mm)	Ширина бобице (mm)
<b>Година</b>	**	*	**	*	нз	**	нз	нз
<b>2021</b>	148,52	143,50	7,32	6,59	292,00	2,31	13,13	12,49
<b>2022</b>	173,27	171,92	8,78	5,60	318,00	1,79	12,77	13,47
<b>Третмани наводњавања</b>	нз	**	**	нз	нз	нз	**	**
<b>F</b>	166,57	173,42 a	9,42 a	6,34	320,00	2,01	14,06 a	13,71 a
<b>R</b>	163,12	161,48 a	8,03 b	6,52	305,00	2,21	13,04 b	13,01 b
<b>S</b>	153,00	138,23 b	6,70 c	5,43	290,00	1,95	11,76 c	12,22 c
<b>Интеракција фактора</b>	нз	нз	нз	нз	нз	нз	нз	нз

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p>0,05$ ;  $p<0,05$ ;  $p<0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p>0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p<0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p<0,01$ )

Према добијеним резултатима из **табеле 43**, просечан принос се статистички веома значајно разликовао ( $p < 0,01$ ) између година истраживања и статистички значајно разликовао ( $p < 0,05$ ) између третмана наводњавања. У 2021. години просечан принос је био  $11,87 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , док је у 2022. години измерено  $17,71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Винова лоза на третману редукованог наводњавања (R) остварила је просечно највише приносе ( $16,24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) што је за 15,2% више од винове лозе на третману пуног наводњавања (F) и за 15,6% више од винове лозе на третману без наводњавања (S), што указује да је редуковано наводњавање имало позитиван утицај на принос. Интеракција фактора није значајно (нз) утицала на принос. Просечан број гроздова по чокоту је у 2021. години био 19,63, док је у 2022. години измерено 21,67, што је повећање од 10,4% и та разлика између година истраживања је статистички значајна ( $p < 0,05$ ). Такође, и између третмана наводњавања се уочавају статистички значајне разлике ( $p < 0,05$ ). Највећи број гроздова по чокоту је забележен у оквиру R третмана (22,35) и у односу на F третман, овај третман је показао 1,4 грозда више, односно 6,7% више, док је најмањи број гроздова на S третману (18,65), што је за 19,8% мање у односу на R третман. Интеракција фактора није значајно (нз) утицала на број гроздова по чокоту. Статистички значајна разлика између година се јавља и код масе грозда, када је у 2021. години измерена просечна маса од 157,01 g, а у 2022. години 189,65 g, што је за 20,8% више у односу на прву годину. Нема статистички значајне разлике (нз) између третмана наводњавања и интеракције фактора када је овај параметар у питању. Међутим, приметна је највећа маса грозда од 184,95 g на виновој лози на третману пуног наводњавања, а најмања од 162,20 g на виновој лози на третману без наводњавања. Дужина грозда се није статистички значајно (нз) разликовала између година истраживања и у интеракцији фактора, али се статистички значајно разликовала ( $p < 0,05$ ) између третмана наводњавања. Највећа вредност дужине грозда измерена је на гроздовима из F третмана (18,70 cm), док је најмања вредност остварена на S третману (16,98 cm). Ширина грозда се статистички веома значајно ( $p < 0,01$ ) разликовала између година истраживања, док нема статистичке значајности (нз) између третмана наводњавања и интеракције фактора. Просечна ширина грозда је у првој огледној години износила 13,72 cm, а у другој огледној години 12,25 cm, што је за 10,71% мање у односу на прву годину истраживања. Просечно најшири гроздови су измерени на R третману (13,28 cm), док су најмање вредности овог параметра измерене на S третману (12,66 cm). Нема статистичке значајности између година истраживања када је у питању дужина петелке и интеракција фактора. Просечна дужина петелке у 2021. години износила је 2,74 cm, а у 2022. години 2,85 cm. Ипак, постоје статистички веома значајне разлике ( $p < 0,01$ ) између третмана наводњавања. Највеће вредности дужине петелке су детектоване на виновој лози на F третману (3,67 cm), што је за 55,51% више у односу на вредност 2,36 cm колико је измерено на виновој лози на R и S третману. Просечна маса шепурине показује статистички веома значајне разлике ( $p < 0,01$ ) између година истраживања, али без статистичке значајности између третмана наводњавања и интеракције фактора. Маса шепурине је у првој огледној години износила 7,47 g, а у другој 10,68 g, што је повећање од 42,94%. Највеће просечне вредности масе шепурине су остварене у оквиру R третмана од 9,60 g, док су најмање од 8,41 g измерене на виновој лози на S третману. Нема статистичке значајности у броју бобица у грозду између година испитивања, третмана наводњавања и интеракције фактора. У 2021. години просечан број бобица износио је 112, док је у 2022. години он био 116. Највећа просечна вредност броја бобица у грозду забележена је на виновој лози на S третману, 116 бобица.

Анализом добијених резултата из **табеле 44**, уочава се да је маса бобица у грозду испољила статистички веома значајан утицај ( $p < 0,01$ ) између година испитивања, али без статистичке значајности (нз) између третмана наводњавања и интеракције фактора. Просечна маса бобица у грозду је у првој огледној години износила 148,52 g, док је у другој огледној години ова вредност порасла за 16,67% и износила 173,27 g. Највећа просечна вредност масе бобица у грозду запажена је на виновој лози на третману пуног наводњавања, F ( $166,57 \text{ g}$ ),

док је најнижа измерена у третману без наводњавања, S (153 g). Постоје статистички значајне разлике између година истраживања ( $p < 0,05$ ) и статистички веома значајне разлике ( $p < 0,01$ ) између третмана наводњавања у маси 100 бобица. Просечна вредност масе 100 бобица је у 2021. години износила 143,50 g, док је у 2022. години она била 171,92 g, што представља повећање од 19,80%. Највећа просечна вредност масе 100 бобица је измерена на виновој лози на F третману (173,42 g), док је најнижа измерена на виновој лози на S третману (138,23 g), што је за 20,29% мање у односу на F. Интеракција фактора није значајно утицала на масу 100 бобица. Третмани наводњавања и године испитивања имају веома значајан утицај ( $p < 0,01$ ) на масу покожице 100 бобица, док у интеракцији фактора нема значајности. Просечна вредност масе покожице 100 бобица је у 2021. години износила 7,32 g, док је у 2022. години она била 8,78 g, што је повећање од 19,95%. Најмања просечна вредност масе покожице 100 бобица измерена је на виновој лози на S третману (6,70 g), што је за 28,88% мање од измерене највише вредности на виновој лози на F третману (9,42 g), и за 16,56% мање од вредности забележене у оквиру R третмана (8,03 g). Маса семенки 100 бобица показује статистичку значајност ( $p < 0,05$ ) између година истраживања, али без статистичке значајности (нз) између третмана наводњавања и интеракције фактора. У 2021. години, просечна маса 100 семенки је износила 6,59 g, док је ова вредност у 2022. години била 5,60 g, што је смањење од 15,02%. Највећа просечна вредност масе семенки 100 бобица измерена је на виновој лози на R третману (6,52 g), док је најнижа измерена на виновој лози на S третману (5,43 g). Нема статистички значајних разлика између година истраживања, третмана наводњавања и у интеракцији фактора за број семенки у 100 бобица. Ипак, уочава се већи број семенки у 100 бобица у 2022. години са просечном вредношћу од 318 семенки, у односу на прву огледну годину када је измерено 292 семенке у 100 бобица. Највећи број семенки јавља се у оквиру F третмана (320), а најмањи на S третману (290). Маса 100 семенки показује статистички веома значајан утицај ( $p < 0,01$ ) између година истраживања, али нема статистичке значајности између третмана наводњавања и у интеракцији фактора. Просечна вредност масе 100 семенки у првој огледној години износила је 2,31 g, што је за 22,51% више у односу на измерену вредност од 1,79 g у другој огледној години. Највећа просечна вредност масе 100 семенки утврђена је на виновој лози на R третману (2,21 g), док је најнижа измерена на виновој лози на S третману (1,95 g). Просечна дужина бобице не показује статистичку значајност између година испитивања и у интеракцији фактора, али се истичу веома значајне статистичке разлике ( $p < 0,01$ ) између третмана наводњавања. Просечна дужина бобице у 2021. години износила је 13,13 mm, док је у 2022. години измерена просечна дужина од 12,77 mm. Највећа дужина бобице остварена је на виновој лози на F третману (14,06 mm) што је за 7,82% више од измерене вредности на R третману (13,04 mm) и за 19,55% више од измерене вредности на S третману (11,76 mm). Такође, и просечна ширина бобице не показује статистичку значајност између година испитивања и у интеракцији фактора, али постоје веома значајне статистичке разлике ( $p < 0,01$ ) између третмана наводњавања. Просечна вредност ширине бобице у 2021. години је била 12,49 mm, док је у 2022. години она била 13,47 mm, што је за 7,84% више. Највећа просечна вредност ширине бобице је измерена на третману пуног наводњавања (13,71 mm), што је за 5,38% више у односу на вредност измерену на R третману (13,01 mm) и за 12,19% више у односу на вредност остварену на S третману (12,22 mm).

У складу са резултатима овог истраживања су и резултати студија које потврђују да различити третмани наводњавања показују статистички значајан утицај на принос, масу бобица, број бобица по грозду и масу грозда (Ollé et al., 2011; Munitz et al., 2017; Lizama et al., 2021; Nan et al., 2023; Kalaiwania et al., 2026). Keller et al. (2016) су примењивали редуковано наводњавање методом кап по кап током периода вегетације винове лозе у југоисточном Вашингтону и установили да се у режиму наводњавања у ком је примењена најмања количина воде (25% од  $ET_c$ ) јављају и најмање бобице у грозду. Такође, и Ollé et al. (2011) су уочили смањење масе бобица сорте Шираз при дефициту воде у завршним фазама развоја,

док Yang et al. (2022) истичу ове наводе у свом истраживању. Lizama et al. (2021) су утврдили да се маса бобица повећавала са применом наводњавања. Drori et al. (2022) констатују да одлагање примене наводњавања доводи до смањења приноса, мањег броја гроздова и мањих бобица. Овакве резултате потврђују и Conesa et al. (2016). Salazar et al. (2024) закључују да се норма наводњавања у узгоју винове лозе у региону Мауле (Чиле) може смањити чак за 50% у односу на тренутне праксе, без значајног утицаја на принос.

Intrigliolo et al. (2016) су установили да је наводњавана винова лоза остварила већи принос за 26-30% у односу на ненаводњавану, док су Trigo-Córdoba et al. (2015) открили повећање приноса од 25% код сорте (*Vitis vinifera* L. cv. *Treixadura*) која је наводњавана (50% од ЕТ<sub>c</sub>) у периоду од цветања до 14 дана пред бербу (у случају овог истраживања је винова лоза у третману редукованог наводњавања остварила за 15,6% више приносе од ненаводњаване винове лозе). Conesa et al. (2016), Wenter et al. (2018), Zufferey et al. (2020) и Buesa et al. (2021) потврђују смањење приноса, као и знатно мању масу бобица и гроздова у третманима без наводњавања. Alatzas et al. (2021) и Kalaivania et al. (2026) су констатовали смањење величине бобица услед водног дефицита, што је у сагласности са резултатима овог истраживања. Ohana-Levi et al. (2024) су утврдили да је наводњавање један од најважнијих фактора који утиче на принос и масу грозда у експерименталној студији обављеној у различитим подручјима Израела. Intrigliolo et al. (2012) су уочили повећање приноса од 56% код винове лозе која се наводњава, као и мањи принос, мањи број гроздова по чокоту и мању масу бобица винове лозе која је била у третману без наводњавања у трогодишњем огледу (2007-2009) у близини Валенсије.

Утицај различитих метода наводњавања на принос и параметре квалитета грозђа сорте Ризлинг испитивали су Diverges et al. (2024) током трогодишњег огледа (2019-2021) у винограду у околини Вашингтона. Примењени режими били су: редуковано (RDI), делимично сушење коренова (PRD) и пуно наводњавање (FULL). Резултати показују да су RDI и PRD режими смањили принос за 20% у односу на пуно наводњавање, што није у сагласности са овим истраживањем. Просечни приноси износили су 16,7 t·ha<sup>-1</sup> (FULL), 13,5 t·ha<sup>-1</sup> (RDI) и 13,8 t·ha<sup>-1</sup> (PRD). Најнижи приноси и најмањи број гроздова забележени су 2020. године, посебно у RDI режиму (измерене најситније и најлакше бобице).

Romero et al. (2023) су проучавали утицај водног стреса на физиологију, принос, бобице и квалитет вина различитих клонова винове лозе у југоисточној Шпанији током експерименталног периода (2018-2021). Наводњавање је спроведено од априла до октобра методом кап по кап (2-5 пута недељно током касних вечерњих сати, у зависности од фенолошке фазе винове лозе), применом редукованог наводњавања током целе године (контролни третман) и наводњавања са озбиљним водним дефицитом (третман стреса) где се наводњавање није примењивало од цветања до краја вегетационог циклуса. Норма наводњавања у контролном третману износила је 84,3 mm, а у третману стреса 23,3 mm. Према добијеним резултатима, добијени принос у контролном третману од 2,83 kg чокоту<sup>-1</sup> је за 36% више од добијене вредности на третману стреса (2,08 kg чокоту<sup>-1</sup>). Просечан број гроздова по чокоту у контролном третману је износио 13,71, што је за 14,9% више од броја гроздова добијених на третману стреса (11,93). Просечна маса грозда у контролном третману била је 185 g што је за 18,6% више од просечне масе грозда измерене на третману стреса од 156 g. Просечан број бобица у грозду у контролном третману износио је 124, док је у третману стреса он био 114 (што је у потпуној сагласности са резултатима просечне двогодишње вредности броја бобица у грозду сорте Панониа у овом истраживању – 114). Просечна вредност масе једне бобице контролног третмана износила је 1,69 g, што је за 12,7% више од вредности добијене у третману стреса (1,50 g). Просечна вредност масе једне бобице сорте Панониа у овом истраживању била је 1,57 g, што је у сагласности са вредношћу добијене у третману стреса наведене студије.

У нашем окружењу, на подручју Шибеника (Хрватска) истраживање Romić et al. (2020) утврдило је да наводњавање различитим нивоима (50%, 75% и 100% од  $ET_c$ ) побољшава принос и квалитет грозђа сорте Бабић, повећавајући површину листова, фотосинтезу и транспирацију. У случају ненаводњаване лозе, уочава се смањење приноса за 30-50%. Овако драстично смањење јавља се услед значајно сушнијег периода у поређењу са условима који су владали током двогодишњег периода овог истраживања.

Биолошке и производне карактеристике сорте Панониа у нашој земљи пратили су Korać et al. (2009) и (2024), Ivanišević et al. (2024) и Ranković-Vasić et al. (2024). Према истраживању Korać et al. (2009), трогодишњи просек добијеног приноса сорте Панониа на огледном пољу у Сремским Карловцима био је  $1,22 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . У другом истраживању, Korać et al. (2024) циљ је био да се испитају разлике у приносу и квалитету грозђа три сорте винове лозе (*Дионис*, *Морава* и *Панониа*) у седмогодишњем периоду 2015-2022. године. Све сорте су у просеку имале задовољавајући принос, упркос чињеници да је производња обављена по еколошким принципима, без употребе пестицида. Морава ( $1,41 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) и Панониа ( $1,31 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) су имале већи принос у односу на Дионис ( $0,91 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Поређењем испитиваних сорти, Панониа се издвојила као сорта која је имала најмање варијације у маси грозда. Просечно највећу масу грозда имала је сорта Морава (209 g), затим Панониа (186,20 g) што је у сагласности са добијеном вредношћу у другој огледној, 2022. години овог истраживања (189,65 g) и на крају сорта Дионис са масом грозда од 149,60 g.

Ivanišević et al. (2024) су током 2021-2023. године у Сремским Карловцима вршили испитивање производних особина отпорних винских сорти (*Дионис*, *Каберне фран*, *Морава* и *Панониа*) без примене наводњавања. Највећи принос од  $1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , као и највећу просечну масу грозда од 163 g имала је сорта Панониа, што је у сагласности са просечном двогодишњом вредношћу добијеном на третману без наводњавања (162,20 g) у овом истраживању. Ranković-Vasić et al. (2024) су анализирали варијабилност фенофаза у условима климатских промена сорте Панониа гајене у агроколошким условима Грочанског виногорја. Резултати петогодишњег истраживања (2020-2024) указују да је просечно најнижи принос добијен 2020. године ( $0,59 \text{ kg}$  чокоту<sup>-1</sup>), а највиши у 2022. години од  $1,18 \text{ kg}$  чокоту<sup>-1</sup>.

## 6.9.2. Квалитет грозђа

Утврђивање момента бербе грозђа је веома важан предуслов за добијање квалитетног вина. Пажљиво праћење зрелости грозђа, као и анализа хемијског састава шире су неопходни кораци приликом планирања бербе. Квалитативна оцена грозђа је представљена помоћу садржаја накупљеног шећера, укупних киселина и рН вредности. Резултати квалитета грозђа сорте Панонија (у зависности од године испитивања и примене различитих третмана наводњавања) су приказани у **табелама 45.** и **46,** док су на **графику 22.** представљени просечни годишњи резултати за истраживане параметре.

**Табела 45.** Хемијски састав шире сорте Панонија током периода истраживања по третманима наводњавања (F, R и S)

Година/Третман	Садржај шећера (%)	Садржај киселина ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	рН
<b>2021</b>	<b>21,59</b>	<b>7,03</b>	<b>3,11</b>
F	23,00	7,10	3,12
R	20,80	6,80	3,11
S	20,98	7,20	3,10
<b>2022</b>	<b>22,50</b>	<b>6,20</b>	<b>3,10</b>
F	23,20	6,30	3,08
R	22,30	6,00	3,17
S	22,00	6,30	3,08
<b>Укупни просек</b>	<b>22,05</b>	<b>6,62</b>	<b>3,11</b>

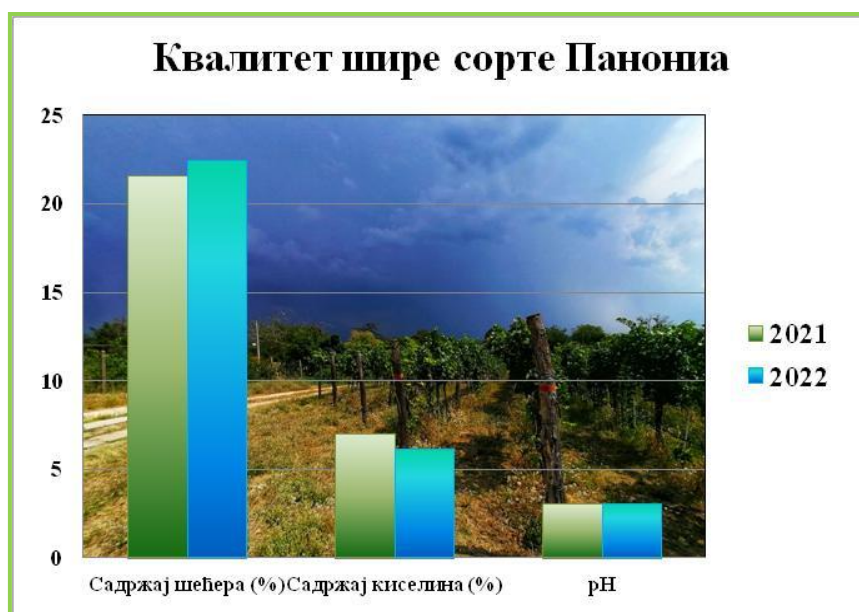
Током прве огледне 2021. године, највећи садржај накупљеног шећера при берби у пуној зрелости у шири сорте Панонија забележен је на третману пуног наводњавања (23%), док преостала два третмана имају детектоване приближно сличне вредности 20,80% за R и 20,98% за S третман. Највише вредности за садржај укупних киселина су утврђене на S третману ( $7,20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), приближно иста вредност се уочава и на F третману ( $7,10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), док нешто нижа вредност се јавља на третману редукованог наводњавања, R ( $6,80 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Просечне рН вредности шире биле су прилично уједначене на свим третманима и кретале се у опсегу од 3,10 до 3,12.

Према добијеним резултатима из 2022. године, садржај накупљеног шећера бележи исти тренд по третманима наводњавања као и у првој огледној години. Дакле, на третману пуног наводњавања се јавља највећи садржај шећера од 23,20%. Преостала два третмана имају приближно исте вредности од 22,30% за R третман и 22% за S третман. Највише вредности садржаја укупних киселина измерене су на F и S третманима у вредности од  $6,30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Најнижа вредност укупних киселина забележена је на R третману ( $6 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Највиша рН вредност детектована је на R третману од 3,17, док на третманима F и S се јавља иста вредност од 3,08.

**Табела 46.** Анализа варијансе утицаја године испитивања и третмана наводњавања на квалитет шире сорте Панониа

Година/Третман	Садржај шећера (%)	Садржај киселина (g·L <sup>-1</sup> )	pH
<b>Година</b>	**	**	нз
2021	21,59	7,03	3,11
2022	22,50	6,20	3,11
<b>Третман наводњавања</b>	**	**	нз
F	23,10 a	6,70 a	3,10
R	21,55 b	6,40 b	3,14
S	21,49 b	6,75 a	3,09
<b>Интеракција фактора</b>	нз	нз	нз

Тестирање просечних вредности унутар колона применом Tukey теста ( $p > 0,05$ ;  $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ): F тест – нема статистичког значаја (нз) ( $p > 0,05$ ), \* статистички значајан утицај ( $p < 0,05$ ), \*\* високо статистички значајан утицај ( $p < 0,01$ )



**График 22.** Показатељи квалитета грозђа (садржај шећера, киселина, pH вредност) током година истраживања у винограду „Плавинци“

На основу добијених резултата (Табела 46) могу се установити статистички веома значајне ( $p < 0,01$ ) разлике између година испитивања и третмана наводњавања. Просечна вредност накупљеног шећера у 2021. години је износила 21,59%, док је у 2022. години била 22,50%, што представља повећање од 4,21%. Највише шећера накупило се у бобицама на третману пуног наводњавања F (23,10%) што је за 7,19% више од вредности измерене на третману редукованог наводњавања, R (21,55%) и за 7,49% више од вредности добијене на третману без наводњавања, S (21,49%). Интеракција фактора није значајно (нз) утицала на садржај шећера. Садржај укупних киселина је показао статистички веома значајне ( $p < 0,01$ ) разлике између година испитивања и третмана наводњавања, али није било статистичке значајности у интеракцији фактора.

Просечна вредност садржаја укупних киселина у 2021. години била је  $7,03 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , што је за 13,39% више од вредности  $6,20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  измерене у 2022. години. Највећи садржај укупних киселина остварен је на S третману  $6,75 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , док је најмањи измерен на R третману  $6,40 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Када је у питању рН вредност није било статистичке значајности (нз) између испитиваних година, третмана наводњавања и у интеракцији фактора. Просечна рН вредност током обе огледне године износила је 3,11. Највиша просечна рН вредност измерена је на R третману од 3,14, док је најнижа остварена у оквиру третмана без наводњавања, S (3,09).

Закључује се да је у другој огледној години забележен већи садржај шећера и нижи садржај киселина у поређењу са 2021. годином, што указује на боље услове за сазревање грожђа, док је рН вредност остала непромењена што сугерише да наводњавање у условима овог истраживања није значајно утицало на кисело-базну равнотежу шире.

Пораст температура услед климатских промена представља велики изазов у производњи вина, што приморава виноградаре и винаре да проналазе одговарајуће стратегије прилагођавања како би очували квалитет грожђа, а самим тим и вина на шта указују бројни аутори (dos Santos et al., 2007; López et al., 2009; Medrano et al., 2015; Ollat et al., 2017; Santillán et al., 2020; Cataldo et al., 2021; Rienth et al., 2021; Drori et al., 2022; Alvarez Arredondo et al., 2023; Romero et al., 2023; Sun et al., 2023; Colibaba et al., 2024; Espinosa-Roldán et al., 2024; Scutaru et al., 2026). Више температуре покрећу напредне фенолошке процесе и на тај начин се фаза сазревања пребацује на топлије периоде током лета, што ће утицати на састав грожђа, посебно у погледу арома једињења, док повећан водни стрес смањује приносе и модификује састав бобица (Roby et al., 2004; dos Santos et al., 2007; Bellvert et al., 2016; Zúñiga Espinoza et al., 2017; Munitz et al., 2017; Ramos, 2017; Navrátilová et al., 2021; Muñoz-Organero et al., 2022; Caruso et al., 2023; Espinosa-Roldán et al., 2024). Дакле, према резултатима многобројних истраживања широм света, примена наводњавања је кључна у подручјима где су водни ресурси ограничени и она доприноси контроли стања здравља чокота винове лозе, величини и квалитету бобица (Chaves et al., 2007; Intrigliolo et al., 2016; Zufferey et al., 2020; Alatzas et al., 2021; Buesa et al., 2021; Yang et al., 2022; Alvarez Arredondo et al., 2023; Caruso et al., 2023; Lepej et al., 2024; Sánchez-Ortiz et al., 2024).

Квалитет грожђа се односи на деликатни баланс између садржаја шећера и укупних киселина (Mirás-Avalos et al., 2017; Piña-Rey et al., 2020; Kasimati et al., 2021). Климатске промене највише утичу на акумулацију шећера у грожђу (повећање садржаја шећера), а самим тим и на квалитет финалног производа, вина, наглашавају Navrátilová et al. (2021) у истраживању спроведеном у периоду од 2000-2019. године у Чешкој, Lakatos и Mitre (2023) у истраживању обављеном у једном од најистакнутијих винских подручја у Мађарској (Егер) и Espinosa-Roldán et al. (2024) у истраживању реализованом у Шпанији. Такође, и Alatzas et al. (2021) су установили да је водни дефицит довео до повећања садржаја шећера и укупних фенола и антоцијана код две грчке сорте.

Резултати овог истраживања су у сагласности са резултатима добијеним у студији Buesa et al. (2021) који су испитивали утицај водног режима на квалитативне особине сорте Александријски мускат. Анализирањем података, установљено је да су третмани наводњавања и временске прилике имали значајан утицај на састав грожђа. Као и у овом истраживању, једино није било статистичке значајности између третмана наводњавања када је у питању рН вредност. Такође, и dos Santos et al. (2007), Edwards и Clingeffer (2013), Keller et al. (2016), Zufferey et al. (2020), Caruso et al. (2023) и Han et al. (2023) потврђују статистички значајан утицај наводњавања на квалитет грожђа и шире. Утицај режима наводњавања на особине грожђа сорте (*Vitis vinifera* L. cv. *Bobal*) испитивали су Lizama et al. (2021) у винограду недалеко од Валенсије (Шпанија). Они су утврдили да је концентрација укупних киселина опадала са применом различитих норми наводњавања, што је у складу са резултатима овог истраживања. Аутори закључују да се редуковано наводњавање (35% од ET<sub>c</sub>) показало као најбоља стратегија за побољшање карактеристика грожђа (кључни

параметри боје, ароматични састав итд.) у поређењу са пуним наводњавањем (100% од ET<sub>c</sub>) и третманом без наводњавања, што потврђују и Pérez-Álvarez et al. (2021) у својој студији. Такође, и Mirás-Avalos et al. (2015) и Savoï et al. (2020) сугеришу употребу контролисаног редукованог наводњавања будући да су установили да оно позитивно утиче на квалитет белих и црвених вина, подстичући већу акумулацију боје и ароматичних једињења у грозђу, што се одражава на побољшана визуелна и мирисна својства вина укључујући пуноћу и хармонију укуса. Vercesi et al. (2023) су током трогодишње студије на сорти Шардоне у виноградима северне Италије (округ Ломбардија) добили вредности квалитативних параметара шире – садржај шећера од 18% и садржај укупних киселина од 8 g·L<sup>-1</sup>.

На територији наше земље, у Опленачком виногорју, Garić et al. (2022) пратили су квалитет грозђа сорте Каберне совинјон током 2020-2021. године. Добијени резултати указују на високу и стабилну родност испитиване сорте и одличан квалитет грозђа. Садржај шећера у шири износио је 22,50% што је у потпуној сагласности садржаја шећера код сорте Панониа (22,50%) у овом истраживању током друге огледне године, док је вредност садржаја укупних киселина износила 7,24 g·L<sup>-1</sup>, што је у сагласности са вредношћу укупних киселина сорте Панониа у првој огледној години (7,03 g·L<sup>-1</sup>).

Когаћ et al. (2009) су установили да је Панониа у периоду истраживања испољила одлично накупљање шећера (22,90%), што се подудара са резултатима овог истраживања (22,50%). Просечна вредност садржаја укупних киселина била је 9,0 g·L<sup>-1</sup>, што је за 36,36% више од добијене вредности овог истраживања (6,60 g·L<sup>-1</sup>). Когаћ et al. (2024) су испитивали квалитет грозђа сорти Дионис, Морава и Панониа, током периода од 2015. до 2022. године. Добијени резултати указују на значајан утицај године испитивања на квалитет грозђа код свих сорти што је у сагласности са резултатима овог истраживања. Највиши садржај шећера у шири имале су сорте Панониа и Дионис, обе по 24,4%. Најмања варијација у садржају киселина у шири се запажа код сорте Панониа, а просечна седмогодишња вредност укупних киселина је износила 8,40 g·L<sup>-1</sup>. У поређењу са резултатима овог истраживања, најсличнији резултат садржаја укупних киселина добијен у овој студији је 2017. и 2018. године са вредностима 7,80 g·L<sup>-1</sup> и 6,90 g·L<sup>-1</sup>, редом. Према резултатима огледа спроведеног у Сремским Карловцима током 2021-2023. године Ivanišević et al. (2024) су установили да су сорте Каберне фран и Панониа оствариле највише вредности садржаја шећера у шири. С обзиром да Панониа рано сазрева и акумулира доста шећера у шири, топле године не иду у прилог овој сорти, закључују аутори. Овај закључак је у потпуној сагласности са резултатима овог истраживања (у топлијој 2022. години, садржај шећера у шири био већи, док је садржај киселина био нижи у поређењу са 2021. годином, што указује на брже сазревање и губитак киселина услед виших температура). Ranković-Vasić et al. (2024) наглашавају да при променама у виду ранијег почетка наступања одређених фенофаза, као и ранијег наступања сазревања грозђа – бербе, потребне су примене различитих мера прилагођавања како би се очувала својства грозђа неопходна за производњу врхунских вина. Квалитет грозђа сорте Панониа праћен је током петогодишњег периода у сертификованом органском винограду винарије „Плавинци“. Највећи садржај шећера од 23% и рН вредности од 3,29 у шири утврђен је 2024. године, што је у сагласности са резултатима овог истраживања.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Климатске промене представљају велики изазов у виноградарској производњи. Пораст температура, уз све већу учесталост водних дефицита у већини виноградарских региона, доприноси ранијем наступању фенофаза винове лозе, што доводи до сазревања грожђа током топлијих летњих периода, чиме се значајно модификује његов хемијски састав, али и смањују приноси. Тренутне пројекције будућих виноградарских региона, заједно са променама климе, указују на значајне промене у распореду виноградарских области. Да би се очувала производња вина врхунског квалитета, као и њихов специфичан карактер у складу са географским пореклом, неопходна је примена различитих стратегија прилагођавања. Србија припада региону који се издваја као једно од жаришта где се климатске промене одвијају брже од глобалног просека.

Предмет истраживања ове докторске дисертације обухватао је примену климатских пројекција и сезонских прогноза времена са циљем предвиђања трајања и померања фенофаза винове лозе, као и процену њених потреба за наводњавањем. Такође, испитан је утицај различитих режима наводњавања на биолошке особине и хемијски састав грожђа беле сорте винове лозе Панонија (*Vitis vinifera* L. *Panonia*) у винарији „Плавинци“.

На основу свих приказаних и анализираних резултата у овој докторској дисертацији, могу се извести следећи закључци:

*Фенолошка осматрања* вегетације сорте Панонија обављена су у осмогодишњем периоду (2015-2022). На основу спољашњих промена на чокоту (кретање окаца, цветање, шарак, сазревање), праћено је време наступања, трајања и завршетка фенофаза винове лозе, током поменутог периода. Дужина вегетације и време наступања истраживаних фенофаза у будућим климатским условима (2021-2040, блиска будућност; 2041-2060, средина века и 2081-2100, крај века), као и у референтном периоду (1998-2017) одређени су на основу вредности просечних ефективних сума температура израчунатих за период (2015-2022). Према резултатима ансамбла осам климатских модела, очекује се значајно померање вегетационог периода услед климатских промена, са најизраженијим променама крајем века (2081-2100). Предвиђања указују да ће почетак вегетације и осталих фенофаза наступати раније, док ће се укупни вегетациони период продужити на 267 дана, што је за 49 дана дуже него у референтном периоду (1998-2017). Посебно је значајно продужење периода од бербе до краја вегетације, што може утицати на квалитет и принос грожђа.

Детаљно праћење *евапотранспирације винове лозе* показало је да различити режими наводњавања значајно утичу на потрошњу воде. Евапотранспирација винове лозе била је већа у другој огледној години (2022) у односу на прву (2021), са порастом од 27,3% на F третману, 23,8% на R и 29,4% на S третману. У 2021. години,  $ET_c$  је износила 418,4 mm (F), 392,1 mm (R) и 323,9 mm (S), док су у 2022. измерене вредности биле 521,1 mm, 479,1 mm и 412,8 mm, редом. Максималне дневне вредности биле су сличне у обе године, али је просечна дневна  $ET_c$  била већа у 2022, што указује на повећане потребе винове лозе за водом у топлијим климатским условима.

Просечна *покривеност биљног покривача* винове лозе била је већа у другој огледној години (2022) за 14,5% у односу на прву. Максималне вредности јављале су се у фенофази шарка, а највеће разлике између третмана наводњавања уочене су од средине јула. Иако режими наводњавања нису статистички значајно утицали на покривеност, највеће вредности забележене су у третману пуног наводњавања (F). Просечне вредности покривености за обе огледне године износиле су 52,6% (F), 51,9% (R) и 51% (S). Повећање покривености у 2022. години указује на позитиван ефекат континуираног наводњавања (током 2 године заредом) на динамику раста и развоја винове лозе. Динамика развоја биљног покривача представља

важан аспект виноградарске производње, јер директно утиче на продуктивност чокота, физиолошке процесе, ефикасност употребе воде и фотосинтетски потенцијал.

Истраживање *водног дефицита* ( $I_n$ ) винове лозе током осмотреног периода (2015-2022) указује да су највеће потребе за водом утврђене у фенофази од цветања до шарка (81,6 mm). Према резултатима климатских модела за референтни период и три периода будућности, највећа просечна вредност водног дефицита се такође јавља у том интервалу (60,2 mm), који представља критичну фазу за развој бобица и физиолошке процесе лозе. У условима суше и високих температура може доћи до успоравања фотосинтезе, заостајања у расту и смањења величине бобица. Дефицит воде је присутан и од шарка до бербе, а највеће вредности очекују се крајем века (64,6 mm). Насупрот томе, суфицит воде јавља се од почетка вегетације до цветања и након бербе, са највећим вредностима које се предвиђају средином века (36,9 mm). Очекује се повећање водног дефицита у будућности (од периода блиске будућности до краја века), при чему ће  $I_n$  порастати за 45,8 mm (118,3%), што захтева пажљиво управљање водним ресурсима. Стратегије наводњавања морају бити прилагођене појединачним фенофазама, јер и прекомерно и недовољно снабдевање водом могу значајно угрозити принос и квалитет грожђа.

Праћење *влажности земљишта* у винограду омогућило је кључне увиде у динамику воде у различитим режимима наводњавања током две огледне године (2021-2022). Гравиметријска метода показала је да је садржај воде у земљишту у F (пуном) третману остајао изнад границе дозвољеног исушивања ( $D_i$ ), чиме су обезбеђени оптимални услови за раст и развој винове лозе. У R (редукованом) третману, садржај воде је периодично опадао испод границе  $D_i$ , али није доводио до значајнијег водног стреса. Насупрот томе, у S третману, недостатак воде у земљишту је био посебно изражен током фенофаза шарка и сазревања, што је указивало на повећани ризик од водног стреса. TDR метода је потврдила сличан тренд, показујући да је у F третману садржај воде остајао изнад критичног нивоа, док је у R и S третманима забележен дефицит воде. У 2022. години смањена количина падавина и њихов неравномеран распоред довели су до чешћег опадања воде испод  $D_i$  у R и S третманима, што је посебно неповољно утицало на винову лозу у каснијим фазама вегетације. Ови резултати указују на кључну улогу наводњавања у одржавању стабилне влажности земљишта током критичних фаза развоја винове лозе.

Осим климатских модела, за предвиђање вегетационог периода винове лозе коришћен је и *FAO AquaCrop модел*, који је, поред симулације вегетације, омогућио и процену приноса суве масе грожђа. Анализа резултата симулација AquaCrop модела и климатских модела пружа значајне увиде у дане наступања фенофаза, принос суве масе грожђа и евапотранспирацију ( $ET_c$ ) током осмотреног периода (2015-2022) и различитих сценарија будућности. Резултати указују на добро слагање између осмотрених и симулираних вредности, што потврђује поузданост AquaCrop модела. Мерена вредност дана од почетка вегетације је била 1, док је симулирана износила 4, што показује разлику од само 3 дана. За наступање фенофазе цветања разлика у броју дана износи 2, а за фенофазу шарка разлика је само један дан. Такође, модел показује задовољавајућу тачност у симулацији приноса у већини истраживаних година. Просечан мерени принос током осмотреног периода (2015-2022) износио је  $1,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , што је за 20,83% мање од симулираног приноса ( $2,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Резултати симулације AquaCrop модела указују на раније наступање фенофаза и скраћење периода од цветања до шарка и од шарка до бербе у будућим условима. Цветање ће наступити 10-13 дана раније, а шарак 12-20 дана раније у односу на референтни период. Скраћује се и време од цветања до шарка, као и од шарка до бербе, при чему се берба крајем века очекује чак 86 дана раније у односу на референтни период. Највећи принос предвиђа се крајем века ( $3,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), што је за 30,8% више у односу на референтни период (1998-2017), док ће у блиској будућности и средином века приноси бити умерено повећани. Модел показује добру тачност у сезонским прогнозама. Вредности статистичких параметара ( $R^2 = 0,3$ ;  $RMSE$

= 1,2;  $d = 0,9$ ) указују на задовољавајућу поузданост. Стога, AquaCrop се може користити као користан алат за прилагођавање на климатске промене, омогућавајући ефикасније управљање водним ресурсима, али и целокупном производњом.

*Методe даљинске детекције* (термална камера, мултиспектрална камера на дрону и ручни уређај *Plant-O-Meter*) омогућиле су прецизно праћење стања биљака и управљање ресурсима, доприносећи оптимизацији наводњавања и благовременом откривању водног стреса. Највише вредности *CWSI* током обе огледне године забележене су на S третману, са 2,02 након бербе 2021. године и 1,99 током интензивног сазревања грожђа 2022. године. Најниже вредности *CWSI* уочене су на F третману, где су достигле -0,56 у 2021. години и -1,21 током фенофазе цветања 2022. године, указујући на одсуство водног стреса. Резултати снимака из дрона показали су да нема статистички значајних разлика између третмана F, R и S, али просечно највише вредности вегетационих индекса (*NDVI*, *GNDVI* и *OSAVI*) уочене су на R третману. Третман редукованог наводњавања истиче се као најуспешнији у постизању ефикасне употребе воде и боље фотосинтетске активности винове лозе, док F третман показује ниже вредности индекса због прекомерног снабдевања водом које не погодује виновој лози, а S третман активира механизме адаптације за оптимално коришћење ограничених водних ресурса. Највише просечне вредности *NDVI* и *GNDVI* индекса добијених из снимака са *Plant-O-Meter*-ом запажају се на S третману, што указује на развијене механизме прилагођавања винове лозе на водни стрес, док се најниже вредности ових индекса јављају на F третману. Сорте Панонија показује високу толеранцију на водни дефицит захваљујући развијеним механизмима прилагођавања на стресне факторе, али будући климатски услови могу утицати на стабилност ових резултата.

Родност оца је кључан фактор у виноградарској производњи, јер директно утиче на принос и квалитет плодова, као и на опстанак и продуктивност винове лозе. Зависи од различитих фактора и услова животне средине, од којих се истичу: климатски, земљишни, доступност хранљивих материја, водни стрес, врсте подлога, али и примене адекватних ампело-техничких мера. Просечна вредност коефицијента потенцијалне родности сорте Панонија износила је 0,83, коефицијента релативне родности 1,66, док је коефицијент апсолутне родности био 1,73. Коефицијент неродности ластара износио је 0,04, а коефицијент неродности оца 0,07. Нису утврђене статистички значајне разлике између различитих режима наводњавања ни између година испитивања. *Генеративни потенцијал* указује да је родност ове сорте стабилна и независна од варијација у количини воде доступне путем наводњавања.

*Испитиване компоненте* приноса, механичког састава и квалитета грожђа показују да је највећи принос ( $2,71 \text{ kg чокоту}^{-1}$ ) и број гроздова по чокоту (22) током обе огледне године остварен на третману редукованог наводњавања (R), док су највеће вредности масе грозда ( $184,5 \text{ g}$ ), дужине грозда ( $18,70 \text{ cm}$ ) и дужине петелке ( $3,67 \text{ cm}$ ) забележене на третману пуног наводњавања (F). Такође, уочено је да су карактеристике *terroir*-а и примена наводњавања у другој години допринеле побољшању продуктивности и квалитета грозда сорте Панонија, са већом масом бобица (у просеку  $173,27 \text{ g}$ ), дебљом покожицом ( $8,78 \text{ g}$ ) и мањом масом семенки ( $5,60 \text{ g}$ ), што је резултирало већим приносом и бољим квалитетом вина, пре свега кроз наглашенија ароматична и бојена својства.

Двогодишње истраживање потврдило је да различити режими наводњавања значајно утичу на структуру грозда и бобице код сорте Панонија, при чему се ефекти разликују у зависности од климатских услова године. Услови водног стреса довели су до смањења масе бобица и удела покожице, као и до релативног повећања удела семенке, што може утицати на технолошки квалитет, посебно код белих винских сорти. Истовремено, забележено је и благо повећање удела меса у бобици у условима водног дефицита, што може позитивно утицати на концентрацију растворљиве суве материје и ароматичну зрелост. Посебно је значајно да редуковано наводњавање (R), у одговарајућим климатским условима, омогућава

очување високог приноса и квалитетних параметара грозда, указујући на могућност рационалне употребе воде без компромитовања производних резултата. Ови резултати потврђују да је прецизно и благовремено управљање водним режимом од суштинског значаја за одрживо виноградарство у условима климатских промена.

*Квалитативне особине* сорте Панониа показују да је просечан садржај накупљеног шећера у шири током обе огледне године износио 22,05%, при чему је највећи садржај шећера забележен на грозђу са F третмана (23,10%), а нешто мањи на грозђу са R и S третмана (21,55% и 21,49%, редом). Просечан садржај укупних киселина износио је 6,62 g·L<sup>-1</sup>, са највишим вредностима на S третману (6,75 g·L<sup>-1</sup>) и најнижим на R третману (6,40 g·L<sup>-1</sup>). Просечна рН вредност шире износила је 3,11, без статистички значајних разлика између третмана и година.

Резултати овог истраживања потврдили су да ће будуће потребе за наводњавањем винове лозе расти, с посебним нагласком на прецизно дефинисање периода вегетације у којима је наводњавање неопходно. Режим редукованог наводњавања показао је најповољнији однос између приноса и ефикасности коришћења воде. Методе даљинске детекције потврдиле су поузданост у процени водног режима и приноса винове лозе, омогућавајући ефикасније управљање наводњавањем. Климатске промене ће довести до померања фенофаза винове лозе, уз њихово раније наступање и промене у трајању. Применом сезонских прогноза времена омогућава се благовремено планирање наводњавања на основу вероватноће појаве одређених климатских догађаја, чиме се повећава ефикасност производног процеса. Закључује се да сезонске прогнозе, у комбинацији са моделом AquaCrop, имају значајну улогу у планирању и управљању виноградарском производњом, посебно у условима климатских промена.

Гајење винове лозе директно зависи од климатских услова који утичу на раст и развој грозђа, а самим тим и на квалитет финалног производа – вина. Резултати ове докторске дисертације имају значајну практичну примену у виноградарству, јер доприносе унапређењу агротехничких мера и прилагођавању производње условима климатских промена. Испитивање утицаја различитих режима наводњавања на квалитет грозђа сорте Панониа има посебан значај за органско виноградарство, а предложена методологија је примењива на различите виноградарске рејоне и сорте винове лозе. Будућност успешне виноградарске производње усмерена је ка гајењу сорти које рационално користе воду, одликују се толерантношћу на стресне факторе и показују стабилне резултате у органској производњи, при чему се сорта Панониа издваја као перспективна.

Научна иновативност овог истраживања огледа се у интеграцији климатских пројекција, сезонских прогноза времена и модела AquaCrop, као и технологија даљинске детекције, у циљу свеобухватне анализе водног режима, приноса и физиолошког стања винове лозе у условима органске производње. Истраживање пружа нове увиде у реакцију сорте Панониа на различите режиме наводњавања у агроколошким условима Србије, где су овакви подаци до сада били ограничени. Посебан допринос представља утврђивање да редуковано наводњавање омогућава постизање оптималног баланса између продуктивности и ефикасности коришћења ресурса, уз истовремено смањење потрошње воде. Примена UAV мултиспектралних снимака и термалних мерења показала се као ефикасан и недеструктиван приступ за праћење водног статуса биљака и подршку прецизном управљању наводњавањем. Ови резултати представљају значајан научни и практични искорак у развоју и унапређењу одрживог виноградарства, али и чврсту основу за даља истраживања и примену савремених технологија у циљу јачања отпорности виноградарске производње на климатске промене.

## 8. ЛІТЕРАТУРА

- Abad, J., de Mendoza, I.H., Marín, D., Orcaray, L., Santesteban, L.G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *Oeno One*, 55 (1), 295-312. DOI: <https://doi.org/10.20870/oenone.2021.55.1.3599>.
- Aguilera, P., Ortiz, N., Becerra, N., Turrini, A., Gaínza-Cortés, F., Silva-Flores, P., Aguilar-Paredes, A., Romero, J.K., Jorquera-Fontena, E., de La Luz Mora, M., Borie, F. (2022). Application of arbuscular mycorrhizal fungi in vineyards: water and biotic stress under a climate change scenario: new challenge for Chilean grapevine crop. *Frontiers in Microbiology*, 13, 826571. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.826571>.
- Alatzas, A., Theocharis, S., Miliordos, D.E., Leontaridou, K., Kanellis, A.K., Kotseridis, Y., Hatzopoulos, P., Koundouras, S. (2021). The effect of water deficit on two Greek *Vitis vinifera* L. cultivars: Physiology, grape composition and gene expression during berry development. *Plants*, 10 (9), p. 1947. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10091947>.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300 (9), D05109.
- Alsafadi, K., Bi, S., Bashir, B., Alsalman, A., Srivastava, A.K. (2023). Future Scenarios of Bioclimatic Viticulture Indices in the Eastern Mediterranean: Insights into Sustainable Vineyard Management in a Changing Climate. *Sustainability*, 15 (15), 11740. DOI: <https://doi.org/10.3390/su151511740>.
- Altimiras, F., Pavéz, L., Pourreza, A., Yañez, O., González-Rodríguez, L., García, J., Galaz, C., Leiva-Araos, A., Allende-Cid, H. (2024). Transcriptome Data Analysis Applied to Grapevine Growth Stage Identification. *Agronomy*, 14 (3), 613. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14030613>.
- Alvarez Arredondo, J., Muñoz, J., Casassa, L.F., Dodson Peterson, J.C. (2023). The Effect of Supplemental Irrigation on a Dry-Farmed *Vitis vinifera* L. cv. Zinfandel Vineyard as a Function of Vine Age. *Agronomy*, 13 (8), 1998. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13081998>.
- Andersson, L., Wilk, J., Graham, L.P., Wikner, J., Mokwatlo, S., Petja, B. (2020). Local early warning systems for drought—Could they add value to nationally disseminated seasonal climate forecasts? *Weather and Climate Extremes*, 28, 100241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100241>.
- An-Vo, D.A., Cobon, D., Owens, J., Liedloff, A., Cowan, T., Power, S. (2024). Impacts of environmental feedbacks on the production of a Central Queensland beef enterprise in a future climate. *Agricultural Systems*, 214, 103838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103838>.
- Arias, L.A., Berli, F., Fontana, A., Bottini, R., Piccoli, P. (2022). Climate change effects on grapevine physiology and biochemistry: Benefits and challenges of high altitude as an adaptation strategy. *Frontiers in Plant Science*, 13, 835425. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.835425>.
- Arnó Satorra, J., Martínez Casanovas, J.A., Ribes Dasi, M., Rosell Polo, J.R. (2009). Precision viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site-specific vineyard management. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2009074-1092>.

- Atak, A. (2024). Climate change and adaptive strategies on viticulture (*Vitis* spp.). *Open Agriculture*, 9 (1), 20220258. DOI: <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0258>.
- Atencia Payares, L.K., Gomez-del-Campo, M., Tarquis, A.M., García, M. (2024). Thermal imaging from UAS for estimating crop water status in a Merlot vineyard in semi-arid conditions. *Irrigation Science*, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00955-1>.
- Baluja, J., Diago, M.P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardaguila, J. (2012). Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Irrigation Science*, 30, 511-522. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0382-9>.
- Barnes, C.R., Chandler, R.E., Brierley, C.M. (2024). A comparison of regional climate projections with a range of climate sensitivities. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129 (2), e2023JD038917. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023JD038917>.
- Bellvert, J., Zarco-Tejada, P. J., Marsal, J., Girona, J., González-Dugo, V., Fereres, E. (2016). Vineyard irrigation scheduling based on airborne thermal imagery and water potential thresholds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22 (2), 307-315. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12173>.
- Bellvert, J., Mata, M., Vallverdú, X., Paris, C., Marsal, J. (2021). Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precision Agriculture*, 22 (2), 319-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09718-2>.
- Ben Khadher, T., Aydi, S., Mars, M., Bouajila, J. (2022). Study on the Chemical Composition and the Biological Activities of *Vitis vinifera* Stem Extracts. *Molecules*, 27 (10), 3109. <https://doi.org/10.3390/molecules27103109>.
- Berry, A., Vivier, M.A., Poblete-Echeverría, C. (2024). Evaluation of canopy fraction-based vegetation indices, derived from multispectral UAV imagery, to map water status variability in a commercial vineyard. *Irrigation Science*, 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00907-1>.
- Bojovic, D., Nicodemou, A., St. Clair, A.L., Christel, I., Doblaz-Reyes, F.J. (2022). Exploring the landscape of seasonal forecast provision by Global Producing Centres. *Climatic Change*, 172 (1), 8. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03350-x>.
- Bruno Soares, M., Dessai, S. (2016). Barriers and enablers to the use of seasonal climate forecasts amongst organisations in Europe. *Climatic Change*, 137 (1–2), 89–103. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1671-8>.
- Buesa, I., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., Vilanova, M. (2021). Influence of water regime on grape aromatic composition of Muscat of Alexandria in a semiarid climate. *Scientia Horticulturae*, 290, 110525. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110525>.
- Calvo-Garrido, C., Songy, A., Marmol, A., Roda, R., Clément, C., Fontaine, F. (2021). Description of the relationship between trunk disease expression and meteorological conditions, irrigation and physiological response in Chardonnay grapevines. *OENO One*, 55 (2), 97-113. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4548>.
- Camargo-Alvarez, H., Salazar-Gutiérrez, M., Keller, M., Hoogenboom, G. (2020). Modeling the effect of temperature on bud dormancy of grapevines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 280, 107782. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107782>.
- Campos, J., García-Ruíz, F., Gil, E. (2021). Assessment of vineyard canopy characteristics from vigour maps obtained using UAV and satellite imagery. *Sensors*, 21 (7), 2363. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21072363>.

- Caruso, G., Palai, G., Gucci, R., D'Onofrio, C. (2023). The effect of regulated deficit irrigation on growth, yield, and berry quality of grapevines (cv. Sangiovese) grafted on rootstocks with different resistance to water deficit. *Irrigation Science*, 41 (4), 453-467. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00773-3>.
- Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Mattii, G.B. (2021). Effect of agronomic techniques on aroma composition of white grapevines: A review. *Agronomy*, 11 (10), 2027. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11102027>.
- Cesco, S., Pii, Y., Borruso, L., Orzes, G., Lugli, P., Mazzetto, F., Genova, G., Signorini, M., Brunetto, G., Terzano, R., Vigani, G., Mimmo, T. (2021). A smart and sustainable future for viticulture is rooted in soil: How to face Cu toxicity. *Applied Sciences*, 11 (3), 907. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11030907>.
- Charalampopoulos, I., Polychroni, I., Psomiadis, E., Nastos, P. (2021). Spatiotemporal estimation of the olive and vine cultivations' growing degree days in the Balkans region. *Atmosphere*, 12 (2), 148. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12020148>.
- Chauke, H., Pongrácz, R. (2024). The validation of climate in the wine-growing region of the Western Cape of South Africa. *GEM-International Journal on Geomathematics*, 15 (1), 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13137-023-00244-7>.
- Chaves, M.M., Oliveira, M.M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of experimental botany*, 55 (407), 2365-2384. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>.
- Chaves, M.M., Santos, T.P., Souza, C.D., Ortuño, M.F., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *Annals of applied biology*, 150 (2), pp. 237-252. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00123.x>.
- Chaves, M.M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J.M., Santos, T., Regalado, A.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M. (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of botany*, 105 (5), 661-676. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq030>.
- Chervenkov, H., Slavov, K. (2021). Assessment of agrometeorological indices over Southeast Europe in the context of climate change (1961-2018). *IDŐJÁRÁS/QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE*, 125 (2), 255-269. DOI: <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.2.5>.
- Cola, G., Mariani, L., Salinari, F., Civardi, S., Bernizzoni, F., Gatti, M., Poni, S. (2014). Description and testing of a weather-based model for predicting phenology, canopy development and source-sink balance in *Vitis vinifera* L. cv. Barbera. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 117-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.008>.
- Colibaba, L.C., Bosoi, I., Puşcalău, M., Bodale, I., Luchian, C., Rotaru, L., Cotea, V.V. (2024). Climatic projections vs. grapevine phenology: a regional case study. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52 (1), 13381-13381. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha52113381>.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., Sousa, M.J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. Global Science Books, *Food* 1 (1), 1-22. DOI: <https://hdl.handle.net/1822/6820>.
- Conesa, M.R., Falagán, N., de la Rosa, J.M., Aguayo, E., Domingo, R., Pastor, A.P. (2016). Post-veraison deficit irrigation regimes enhance berry coloration and health-promoting bioactive

- compounds in ‘Crimson Seedless’ table grapes. *Agricultural Water Management*, 163, 9-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.026>.
- Ćosić, M., Stričević, R., Djurović, N., Moravčević, D., Pavlović, M., Todorović, M. (2017). Predicting biomass and yield of sweet pepper grown with and without plastic film mulching under different water supply and weather conditions. *Agricultural Water Management*, 188, 91-100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.04.006>.
- Costa, J.M., Vaz, M., Escalona, J., Egipto, R., Lopes, C., Medrano, H., Chaves, M.M. (2016). Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164, 5-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.021>.
- Costa, J.M., Egipto, R., Sánchez-Virosta, A., Lopes, C.M., Chaves, M.M. (2019). Canopy and soil thermal patterns to support water and heat stress management in vineyards. *Agricultural Water Management*, 216, 484-496. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.001>.
- Crespo, N., Pádua, L., Santos, J.A., Fraga, H. (2024). Satellite Remote Sensing Tools for Drought Assessment in Vineyards and Olive Orchards: A Systematic Review. *Remote Sensing*, 16 (11), 2040. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16112040>.
- Damáσιο, M., Barbosa, M., Deus, J., Fernandes, E., Leitão, A., Albino, L., Fonseca, F., Silvestre, J. (2023). Can Grapevine Leaf Water Potential Be Modelled from Physiological and Meteorological Variables? A Machine Learning Approach. *Plants*, 12 (24), 4142. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12244142>.
- Davenport, J.R., Stevens, R.G., Whitley, K.M. (2008). Spatial and temporal distribution of soil moisture in drip-irrigated vineyards. *HortScience*, 43 (1), 229-235. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.1.229>.
- De Azevedo, P.V., Soares, J.M., da Silva, V.D.P.R., da Silva, B.B., Nascimento, T. (2008). Evapotranspiration of “Superior” grapevines under intermittent irrigation. *Agricultural Water Management*, 95 (3), 301-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.10.011>.
- De Orduna, R.M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43 (7), 1844-1855. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>.
- De Rességuier, L., Mary, S., Le Roux, R., Petitjean, T., Quénot, H., Van Leeuwen, C. (2020). Temperature variability at local scale in the Bordeaux area. Relations with environmental factors and impact on vine phenology. *Frontiers in plant science*, 11, 515. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00515>.
- del Río, S., Álvarez-Esteban, R., Alonso-Redondo, R., Álvarez, R., Rodríguez-Fernández, M.P., González-Pérez, A., Penas, A. (2024). Applications of bioclimatology to assess effects of climate change on viticultural suitability in the DO León (Spain). *Theoretical and Applied Climatology*, 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-024-04831-y>.
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., Ojeda, H. (2004). Vine and water: a short review. *Oeno One*, 38 (1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2004.38.1.932>.
- Di Giovanni, F., Nardi, F., Frati, F., Migliorini, M. (2024). Below-ground arthropod diversity in conventional and organic vineyards: A review. *Crop Protection*, 106666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106666>.
- Di Vita, G., Califano, G., Raimondo, M., Spina, D., Hamam, M., D’Amico, M., Caracciolo, F. (2024). From roots to leaves: understanding consumer acceptance in implementing climate-resilient strategies in viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/8118128>.

- Diago, M.P., Tardaguila, J., Barrio, I., Fernández-Navales, J. (2022). Combination of multispectral imagery, environmental data and thermography for on-the-go monitoring of the grapevine water status in commercial vineyards. *European Journal of Agronomy*, 140, 126586. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126586>.
- Dinis, L.T., Bernardo, S., Yang, C., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Santos, J. A. (2022). Mediterranean viticulture in the context of climate change. *Ciência e Técnica Vitivinícola (Cienc. Tec. Vitivinic.)*, 37 (2), 139-158. DOI: <https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20223702139>.
- Diverres, G., Fox, D.J., Harbertson, J.F., Karkee, M., Keller, M. (2024). Response of Riesling Grapes and Wine to Temporally and Spatially Heterogeneous Soil Water Availability. *American Journal of Enology and Viticulture*, 75 (2). DOI: [10.5344/ajev.2024.23073](https://doi.org/10.5344/ajev.2024.23073).
- Djordjevic, V., Janjic, Z., Pejanovic, G., Vasic, R., Rajkovic, B., Vujadinovic, M., Vukovic, A., Lompar, M. (2013). NCEP's multi-scale NMMB model in the Hydrometeorological Service of Serbia: experiences and recent model developments. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU2013-8217). EGU General Assembly: Vienna, Austria, 2013; Volume 15.
- Djordjevic, V. (2021). Data collected and database prepared for the country, region and local level, Project: Development of web-based application and platform for Climate Change Vulnerability Assessments and Adaptation, within the project “*Advancing medium and long-term adaptation planning in the Republic of Serbia*” (RPF 668).
- Ђурђевић, В., Тошић, И. (2017). Климатске промене. Физички факултет, Универзитет у Београду, Инститит за метеорологију, Београд.
- Djordjević, V., Vuković, A., Vujadinović Mandić, M. (2018). Observed Climate Change in Serbia and Projections of Future Climate Based on Different Scenarios of Future Emissions. *United Nation's Development Program*, Belgrade, Serbia.
- Doblas-Reyes, J.F., García-Serrano, J., Lienert, F., Pinto Biescas, A., Rodrigues, L.R.L. (2013). Seasonal climate predictability and forecasting: status and prospects. *WIREs Clim Change*, 4, 245-268. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.217>.
- Dong, Y., Gao, L. (2024). Consumer attitude and behavioural intention towards organic wine: the roles of consumer values and involvement. *British Food Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2023-0085>.
- dos Santos, T.P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.L., de Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007). Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*, 112 (3), pp.321-330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.01.006>.
- Drori, E., Munitz, S., Pinkus, A., Stanevsky, M., Netzer, Y. (2022). The Effect of Irrigation-Initiation Timing on the Phenolic Composition and Overall Quality of Cabernet Sauvignon Wines Grown in a Semi-Arid Climate. *Foods*, 11 (5), 770. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11050770>.
- Droulia, F., Charalampopoulos, I. (2022). A review on the observed climate change in Europe and its impacts on viticulture. *Atmosphere*, 13 (5), 837. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13050837>.
- Ducić, V., Radovanović, M. (2005). Climate of Serbia. Institute for Textbooks and Teaching Aids: Belgrade.

- Easlon, H.M., Bloom, A.J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in plant sciences*, 2 (7), 1400033. DOI: <https://doi.org/10.3732/apps.1400033>.
- Edwards, P.N. (2011). History of climate modeling. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 128-139. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.95>.
- Edwards, E.J., Clingeleffer, P.R. (2013). Interseasonal effects of regulated deficit irrigation on growth, yield, water use, berry composition and wine attributes of Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19 (2), 261-276. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12027>.
- Er-Raki, S., Bouras, E., Rodriguez, J.C., Watts, C.J., Lizarraga-Celaya, C., Chehbouni, A. (2021). Parameterization of the AquaCrop model for simulating table grapes growth and water productivity in an arid region of Mexico. *Agricultural Water Management*, 245, 106585. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106585>.
- Er-Raki, S., Bouras, E., Rodriguez, J.C., CruzBautista, F., Watts, C., Lizarraga-Celaya, C., Chehbouni, A. (2024). Using AquaCrop for Irrigation and water productivity assessment of Table grapes in arid region of Mexico. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 489, p. 04011). EDP Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448904011>.
- Espinosa-Roldán, F.E., García-Díaz, A., Raboso, E., Crespo, J., Cabello, F., Martínez de Toda, F., Muñoz-Organero, G. (2024). Phenological Evaluation of Minority Grape Varieties in the Wine Region of Madrid as a Strategy for Adaptation to Climate Change. *Horticulturae*, 10 (4), 353. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040353>.
- Esteban-Sanchez, G., Campillo, C., Uriarte, D., Moral, F.J. (2024). Assessing Effect of Irrigation Frequency on Evaporation and Transpiration in Vineyards Using SIMDualKc Simulation Model with Measured Wet Fraction. *Agronomy*, 14 (7). DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14071468>.
- Farooq, A., Farooq, N., Akbar, H., Hassan, Z.U., Gheewala, S.H. (2023). A Critical Review of Climate Change Impact at a Global Scale on Cereal Crop Production. *Agronomy*, 13 (1), 162. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010162>.
- Fernandez Conde, M.E., Bisarya, D., Perlado Taglinao, L., Cortinas Rodriguez, J.A. (2023). Climate Change and Phenological Monitoring of the Indigenous Godello Variety in a Territory of Heroic Viticulture and Biosphere Reserve. *bioRxiv*, 2023-12. DOI: <https://doi.org/10.1101/2023.12.25.573298>.
- Ferrara, G., Mazzeo, A. (2021). Potential and actual bud fruitfulness: A tool for predicting and managing the yield of table grape varieties. *Agronomy*, 11 (5), 841. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050841>.
- Ferro, M.V., Catania, P., Micciché, D., Pisciotta, A., Vallone, M., Orlando, S. (2023). Assessment of vineyard vigour and yield spatio-temporal variability based on UAV high resolution multispectral images. *Biosystems engineering*, 231, 36-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.06.001>.
- Flato, G., Marotzke, J., Abiodun, B., Braconnot, P., Chou, S.C., Collins, W., Cox, P., Driouech, F., Emori, S., Eyring, V., Forest, C., Rummukainen, M. (2014). Evaluation of climate models. In *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 741-866). Cambridge University Press. DOI: [10.1017/CBO9781107415324.020](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.020).
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., Tomàs, M., Medrano, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for

- biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 106-121. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x>.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Santos, J. A. (2012). An overview of climate change impacts on European viticulture. *Food and Energy Security*, 1 (2), 94-110. DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.14>.
- Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A.C., Santos, J.A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global change biology*, 22 (11), 3774-3788. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>.
- Fraga, H., Santos, J.A., Moutinho-Pereira, J., Carlos, C., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Mota, T., Malheiro, A.C. (2016). Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: observed trends and climate change projections. *The Journal of Agricultural Science*, 154 (5), 795-811. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.11.003>.
- Fraga, H., Costa, R., Santos, J.A. (2017). Multivariate clustering of viticultural terroirs in the Douro winemaking region. *Ciência e Técnica vitivinícola*, 32 (2), 142-153. DOI: <https://doi.org/10.1051/ctv/20173202142>.
- Fraga, H., de Cortázar Atauri, I.G., Santos, J.A. (2018). Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agricultural water management*, 196, 66-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.10.023>.
- Fraga, H., Molitor, D., Leolini, L., Santos, J.A. (2020). What is the impact of heatwaves on European viticulture? A modelling assessment. *Applied Sciences*, 10 (9), 3030. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10093030>.
- Fraga, H., Guimarães, N., Freitas, T.R., Malheiro, A.C., Santos, J.A. (2022). Future scenarios for olive tree and grapevine potential yields in the World Heritage Côa region, Portugal. *Agronomy*, 12 (2), 350. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020350>.
- Gambetta, G.A., Herrera, J.C., Dayer, S., Feng, Q., Hochberg, U., Castellarin, S.D. (2020). The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 71 (16), 4658-4676. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa245>.
- García Castellanos, B., García García, B., García García, J. (2022). Evaluation of the Sustainability of Vineyards in Semi-Arid Climates: The Case of Southeastern Spain. *Agronomy*, 12 (12), 3213. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123213>.
- García García, J., Romero Azorín, P., García García, B., García Castellanos, B., Botía, P., Navarro, J.M. (2023). Sustainability of Vine Cultivation in Arid Areas of Southeastern Spain through Strategies Combining Controlled Deficit Irrigation and Selection of Monastrell Clones. *Agronomy*, 13 (8), 2046. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13082046>.
- Гајић, Б. (2006). Физика земљишта, Практикум. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Земун.
- Garić, M., Vukosavljević, V., Bosiočić, Z. (2022). Prinos i kvalitet grožđa sorte Kaberne sovignon u oplenačkom vinogorju. *Zbornik radova/XXVII savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem*, 173-178. DOI: [10.46793/SBT27.173G](https://doi.org/10.46793/SBT27.173G).
- Garofalo, S.P., Intrigliolo, D.S., Camposeo, S., Alhadj Ali, S., Tedone, L., Lopriore, G., De Mastro, G., Vivaldi, G.A. (2023). Agronomic Responses of Grapevines to an Irrigation Scheduling Approach Based on Continuous Monitoring of Soil Water Content. *Agronomy*, 13 (11), p. 2821. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13112821>.

- Gates, W.L. (1988). Climate and the climate system. In *Physically-Based Modelling and Simulation of Climate and Climatic Change: Part 1* (pp. 3-21). Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-009-3041-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-009-3041-4_1).
- Gavrilović, M., Jovanović, D., Božović, P., Benka, P., Govedarica, M. (2024). Vineyard Zoning and Vine Detection Using Machine Learning in Unmanned Aerial Vehicle Imagery. *Remote Sensing*, 16 (3), 584. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16030584>.
- Gentine, P., Eyring, V., Beucler, T. (2021). Deep learning for the parametrization of subgrid processes in climate models. *Deep Learning for the Earth Sciences: A Comprehensive Approach to Remote Sensing, Climate Science, and Geosciences*, 307-314. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119646181.ch21>.
- Gottelman, A., Rood, R.B. (2016). Demystifying climate models: A users guide to earth system models (p. 274). Springer Nature. DOI: [10.1007/978-3-662-48959-8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48959-8).
- Ghanem, K.Z. (2024). Climate Changes and Sustainability. *Open Journal of Ecology*, 14 (1), 17-53. DOI: [10.4236/oje.2024.141002](https://doi.org/10.4236/oje.2024.141002).
- Ghiglieno, I., Simonetto, A., Orlando, F., Donna, P., Tonni, M., Valenti, L., Gilioli, G. (2020). Response of the arthropod community to soil characteristics and management in the Franciacorta viticultural area (Lombardy, Italy). *Agronomy*, 10 (5), 740. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10050740>.
- Giovas, R., Tassopoulos, D., Kalivas, D., Lougkos, N., Priovolou, A. (2021). Remote sensing vegetation indices in viticulture: A critical review. *Agriculture*, 11 (5), 457. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11050457>.
- Gonen, L. D., Tavor, T., Spiegel, U. (2024). Adapting and Thriving: Global Warming and the Wine Industry. *SAGE Open*, 14 (1). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440241227750>.
- Grote, K., Anger, C., Kelly, B., Hubbard, S., Rubin, Y. (2010). Characterization of soil water content variability and soil texture using GPR groundwave techniques. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, 15 (3), 93-110. DOI: <https://doi.org/10.2113/JEEG15.3.93>.
- Gürkan, H. (2023). Evaluation of the impacts of climate change on sunflower with aquacrop model. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (4), 933-947. DOI: <https://doi.org/10.33462/jotaf.1240401>.
- Haider, M.R., Peña, M., Lazin, R., Khadim, F.K., Yang, M., Dokou, Z., Nikolopoulos, E., Wang, G., Anagnostou, E. (2020). Enabling Water and Agriculture Management in the Upper Blue Nile Basin through Numerical Seasonal Forecasts and High Resolution Sectoral Models. *Climate Prediction S&T Digest*, 154-159.
- Hall, A., Mathews, A.J., Holzapfel, B.P. (2016). Potential effect of atmospheric warming on grapevine phenology and post-harvest heat accumulation across a range of climates. *International Journal of Biometeorology*, 60, 1405-1422. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1133-z>.
- Han, W., Sun, J., Zhang, K., Mao, L., Gao, L., Hou, X., Cui, N., Kang, W., Gong, D. (2023). Optimizing drip fertigation management based on yield, quality, water and fertilizer use efficiency of wine grape in North China. *Agricultural Water Management*, 280, p.108188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108188>.
- Hannah, L., Roehrdanz, R.P., Ikegami, M., Shepard, V.A., Shaw, M.R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, A.P., Hijmans, J.R. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (17), 6907-6912. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.121012711>.

- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, 1 (2), 96-99.
- Hemri, S., Bhend, J., Liniger, M.A., Manzanos, R., Siegert, S., Stephenson, D.B., Gutiérrez, J.M., Brookshaw, A., Doblas-Reyes, F.J. (2020). How to create an operational multi-model of seasonal forecasts? *Climate Dynamics*, 55, 1141-1157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05314-2>.
- Hewitt, C.D., Allis, E., Mason, S.J., Muth, M., Pulwarty, R., Shumake-Guillemot, J., Bucher, A., Brunet, M., Fischer, A.M., Hama, A.M., Kolli, R.K., Lucio, F., Ndiaye, O., Tapia, B. (2020). Making society climate resilient: International progress under the global framework for climate services. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101 (2), E237-E252. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0211.1>.
- Hsiao, T.C., Heng, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D., Fereres, E. (2009). AquaCrop—the FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize. *Agronomy Journal*, 101 (3), 448-459. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0218s>.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Reginato, R.J. (1977). Remote-Sensing of Crop Yields: Canopy temperature and albedo measurements have been quantitatively correlated with final harvests of wheat. *Science*, 196 (4285), 19-25. DOI: [10.1126/science.196.4285.19](https://doi.org/10.1126/science.196.4285.19).
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter Jr, P.J., Reginato, R.J., Hatfield, J.L. (1981). Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural meteorology*, 24, 45-55. DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(81\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0002-1571(81)90032-7).
- Iglesias-Suarez, F., Gentile, P., Solino-Fernandez, B., Beucler, T., Pritchard, M., Runge, J., Eyring, V. (2024). Causally-informed deep learning to improve climate models and projections. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129 (4), e2023JD039202. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023JD039202>.
- Intrigliolo, D.S., Pérez, D., Risco, D., Yeves, A., Castel, J.R. (2012). Yield components and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. *Irrigation Science*, 30, 339-349. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0354-0>.
- Intrigliolo, D.S., Lizama, V., García-Esparza, M.J., Abrisqueta, I., Álvarez, I. (2016). Effects of post-veraison irrigation regime on Cabernet Sauvignon grapevines in Valencia, Spain: Yield and grape composition. *Agricultural Water Management*, 170, 110-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.020>.
- IPCC (2014). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC (2022). *Climate Change. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. Датум приступа: 02.02.2025.
- Ivanišević, D., Kalajdžić, M., Todorčić, S. (2024). Characteristics of some fungus tolerant grapevine cultivars released in Sremski Karlovci. 17th Serbian Congress of Fruit & Grapevine Growers – with international participation, 16-18 October 2024, Vršac. Abstract Proceeding, pp. 42-43. [https://agrif.bg.ac.rs/uploads/files/strane/Fakultet/Izdavacka\\_delatnost/Zbornici\\_radova/Zbornik%20apstrakata%20Vrsac%202024%20-.pdf](https://agrif.bg.ac.rs/uploads/files/strane/Fakultet/Izdavacka_delatnost/Zbornici_radova/Zbornik%20apstrakata%20Vrsac%202024%20-.pdf).

- Иванишевић, Д., Јакшић, Д., Кораћ, Н. (2015). Виноградарски атлас. Попис пољопривреде 2012. Републички завод за статистику, Београд.
- Janjic, Z., Gall, R.L. (2012). Scientific documentation of the NCEP nonhydrostatic multiscale model on the B grid (NMMB). Part 1 Dynamics (No. NCAR/TN-489+STR). *Univ. Corp. Atmos. Res.*
- Jones, G.V., Davis, R.E. (2000). Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American journal of enology and viticulture*, 51 (3), 249-261. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.2000.51.3.249>.
- Jones, G.V., Webb, L.B. (2010). Climate change, viticulture, and wine: challenges and opportunities. *Journal of Wine Research*, 21 (2-3), 103-106. DOI: <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530091>.
- Jordão, A.M., Correia, A.C. (2026). Grapevine Diversity and New Challenges in Grape Production. DOI: [10.5772/intechopen.1012190](https://doi.org/10.5772/intechopen.1012190).
- Kalaivani, J., Jegadeeswari, V., Vijayalatha, K.R. (2026). Management strategies to improve drought tolerance in grapevine for climate-resilient viticulture: A review. *Arid Land Research and Management*, 1-31. DOI: <https://doi.org/10.1080/15324982.2026.2666890>.
- Karimi, B., Cahurel, J.Y., Gontier, L., Charlier, L., Chovelon, M., Mahé, H., Ranjard, L. (2020). A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 1947-1966. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01050-5>.
- Kasimati, A., Espejo-Garcia, B., Vali, E., Malounas, I., Fountas, S. (2021). Investigating a selection of methods for the prediction of total soluble solids among wine grape quality characteristics using normalized difference vegetation index data from proximal and remote sensing. *Frontiers in Plant Science*, 12, 683078. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.683078>.
- Keller, M., Romero, P., Gohil, H., Smithyman, R.P., Riley, W.R., Casassa, L.F., Harbertson, J.F. (2016). Deficit irrigation alters grapevine growth, physiology, and fruit microclimate. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67 (4), 426-435. DOI: [10.5344/ajev.2016.16032](https://doi.org/10.5344/ajev.2016.16032).
- Khozaei, M., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., Zand-Parsa, S., Razzaghi, F., Karami, M.J. (2020). Supplemental irrigation management of rainfed grapevines under drought conditions using the CropSyst model. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18 (2), e1203-e1203. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-15001>.
- Kitić, G., Tagarakis, A., Cselyuszka, N., Panić, M., Birgermajer, S., Sakulski, D., Matović, J. (2019). A new low-cost portable multispectral optical device for precise plant status assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 300-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.021>.
- Kopittke, P.M., Menzies, N.W., Wang, P., McKenna, B.A., Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment international*, 132, 105078. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>.
- Korać, N., Papirić, Đ., Ivanišević, D., Kuljančić, I., Medić, M., Božović, P. (2009). Organic grape production-selection of cultivars and agricultural technology. *Proceedings of Research Papers*. Proceedings of XXIVth Conference of Improvement in Fruit and Grape Production, Vol.15, No.5, 91-98, Belgrade.

- Korać, N.S., Ivanišević, D.M., Kalajdžić, M.I. (2024). Importance of new grapevine cultivars in mitigation of negative effects of climate change. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, (147), 59-65.
- Kotsidis, N., Droulia, F., Biniari, K., Charalampopoulos, I. (2026). Modeling and Mapping the Climatic Suitability for Viticulture in Greece. *Atmosphere*, 17(2), 190. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos17020190>.
- Koufos, G.C., Mavromatis, T., Koundouras, S., Jones, G.V. (2020). Adaptive capacity of winegrape varieties cultivated in Greece to climate change: Current trends and future projections. *Oeno One*, 54 (4), 1201-1219. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.3129>.
- Koufos, G.C., Mavromatis, T., Koundouras, S., Fyllas, N.M., Theocharis, S., Jones, G.V. (2022). Greek Wine Quality Assessment and Relationships with Climate: Trends, Future Projections and Uncertainties. *Water*, 14 (4), 573. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14040573>.
- Куљанчић, И., Божовић, П. (2018). Биологија и екологија лозе и винове лозе – те божанске биљке, Монографија, Прометеј, Нови Сад.
- Lakatos, L., Mitre, Z. (2023). Effect of Drought on the Future Sugar Content of Wine Grape Varieties till 2100: Possible Adaptation in the Hungarian Eger Wine Region. *Biomolecules*, 13 (7), 1143. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom13071143>.
- Lalić, B., Sremac, A.F., Eitzinger, J., Stričević, R., Thaler, S., Maksimović, I., Daničić, M., Perišić, D., Đekić, L. (2018). Seasonal forecasting of green water components and crop yield of summer crops in Serbia and Austria. *The Journal of agricultural science*, 156(5), 658-672. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000047>.
- Lee, C.C., Zeng, M., Luo, K. (2024). How does climate change affect food security? Evidence from China. *Environmental Impact Assessment Review*, 104, 107324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107324>.
- Leisner, C.P. (2020). Climate change impacts on food security-focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Science*, 293, 110412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110412>.
- Leolini, L., Moriondo, M., Fila, G., Costafreda-Aumedes, S., Ferrise, R., Bindi, M. (2018). Late spring frost impacts on future grapevine distribution in Europe. *Field Crops Research*, 222, 197-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.018>.
- Lepej, P., Taranyi, D., Rakun, J., Nagy, B., Steckl, S., Lukácsy, G., Mikóczy, N., Ágnes Nyitrainé Sárdy, D., Bodor-Pesti, P. (2024). The Effect of Irrigation on the Vineyard Canopy and Individual Leaf Morphology Evaluated with Proximal Sensing, Colorimetry, and Traditional Morphometry. *Horticulturae*, 10 (7), 716. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070716>.
- Li, X., Liu, H., Li, J., He, X., Gong, P., Lin, E., Li, K., Li, L., Binley, A. (2020). Experimental study and multi-objective optimization for drip irrigation of grapes in arid areas of northwest China. *Agricultural water management*, 232, 106039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106039>.
- Li, W., Liu, C., Yang, Y., Awais, M., Li, W., Ying, P., Ru, W., Cheema, M.J.M. (2022). A UAV-aided prediction system of soil moisture content relying on thermal infrared remote sensing. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (10), 9587-9600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-022-03958-7>.
- Lipovac, A., Vujadinović Mandić, M., Vuković, A., Stričević, R., Čosić, M. (2018). Assessment of AquaCrop model on potato water requirements in climate change conditions. Conference proceedings, In the proceedings of The 10th Eastern European Young Water Professionals

- Conference, New Technologies in Water Sector. Zagreb, Croatia, pp. 70-78. [https://www.researchgate.net/publication/325217081\\_Assessment\\_of\\_AquaCrop\\_Model\\_on\\_Potato\\_Water\\_Requirements\\_in\\_Climate\\_Change\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/325217081_Assessment_of_AquaCrop_Model_on_Potato_Water_Requirements_in_Climate_Change_Conditions)
- Liu, J., Fu, Z., Liu, W. (2023). Impacts of precipitation variations on agricultural water scarcity under historical and future climate change. *Journal of Hydrology*, 617, 128999. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128999>.
- Lizama, V., Pérez-Álvarez, E.P., Intrigliolo, D.S., Chirivella, C., Álvarez, I., García-Esparza, M.J. (2021). Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: II. Wine, skins, seeds, and grape aromatic composition. *Agricultural Water Management*, 256, 107078. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107078>.
- López, M.I., Sánchez, M.T., Ramírez, P., Morales, J. (2009). Effect of a deficit irrigation regime on the quality of wines made from white grapes (*Vitis vinifera* L.) grown in semiarid areas. *Journal of Food Quality*. 32 (4), 481-503. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00261.x>.
- López-García, P., Intrigliolo, D.S., Moreno, M.A., Martínez-Moreno, A., Ortega, J.F., Pérez-Álvarez, E.P., Ballesteros, R. (2021). Assessment of vineyard water status by multispectral and RGB imagery obtained from an unmanned aerial vehicle. *American Journal of Enology and Viticulture*, 72 (4), 285-297. DOI: [10.5344/ajev.2021.20063](https://doi.org/10.5344/ajev.2021.20063).
- López-Urrea, R., Montoro, A., Mañas, F., López-Fuster, P., Fereres, E. (2012). Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements of mature ‘Tempranillo’ wine grapes. *Agricultural water management*, 112, 13-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.05.009>.
- López-Vicente, M., Calvo-Seas, E., Álvarez, S., Cerdà, A. (2020). Effectiveness of cover crops to reduce loss of soil organic matter in a rainfed vineyard. *Land*, 9 (7), 230. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9070230>.
- Lorenz, D.H., Eichhorn, K.W., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., Weber, E. (1994). Growth stages of the grapevine: phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) - Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 1 (2), 100-103. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x>.
- Ma, X., Han, F., Wu, J., Ma, Y., Jacoby, P.W. (2023). Optimizing crop water productivity and altering root distribution of Chardonnay grapevine (*Vitis vinifera* L.) in a silt loam soil through direct root-zone deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 277, 108072. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108072>.
- Mancuso, C., Agnusdei, G. P., De Simone, M., Marzano, E., Miglietta, P. P. (2026). Grapevine productivity and weather fluctuation: evidence for Italian regions (2006–2024). *Agricultural and Food Economics*, 14(1), 23. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40100-026-00460-3>.
- Marín, J., Armengol, P., Carbonell-Bejerano, J.M., Escalona, D., Gramaje, E., Hernández-Montes, D.S., Intrigliolo, J.M., Martínez-Zapater, H., Medrano, J. M., Mirás-Avalos, J.E., Palomares-Rius, P., Romero-Azorín, R., Savé, L.G., Santesteban, De Herralde, F. (2021). Challenges of viticulture adaptation to global change: tackling the issue from the roots. Global change: tackling the issue from the roots. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27 (1), 8-25. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12463>.
- Marta, A.E., Slabu, C., Covasa, M., Motrescu, I., Lungoci, C., Jitareanu, C.D. (2023). Influence of Environmental Factors on Some Biochemical and Physiological Indicators in Grapevine from Copou Vineyard, Iasi, Romania. *Agronomy*, 13 (3), 886. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13030886>.

- Марковић, Н., Пржић, З. (2020). Технологија гајења винове лозе – Пактикум. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет и Задужбина Светог манастира Хиландара.
- Матијашевић, С. (2021). Посебно виноградарство. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Београд - Земун.
- Matese, A., Baraldi, R., Berton, A., Cesaraccio, C., Di Gennaro, S.F., Duce, P., Facini, O., Mameli, M.G., Piga, A., Zaldei, A. (2018). Estimation of water stress in grapevines using proximal and remote sensing methods. *Remote Sensing*, 10 (1), 114. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10010114>.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 499-517. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>.
- Mesterházy, I., Mészáros, R., Pongrácz, R. (2014). The effects of climate change on grape production in Hungary. *Időjárás*, 118 (3), 193-206.
- Mirás-Avalos, J.M., Intrigliolo, D.S. (2017). Grape composition under abiotic constraints: water stress and salinity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 851. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00851>.
- Милановић, М., Ваљаревић, А., Лукић, Т. (2020). Даљинска детекција у животној средини. Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд.
- Министарство заштите животне средине - МЗЖС (2023). Програм прилагођавања на измењене климатске услове за период од 2023. до 2030. године.
- Monteiro, A.I., Ferreira, H., Ferreira-Cardoso, J.V., Malheiro, A.C., Bacelar, E.A. (2022). Assessment of bud fruitfulness of three grapevine varieties grown in northwest Portugal. *OENO One*, 56 (3), 385-395. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5363>.
- Morales-Castilla, I., García de Cortázar-Atauri, I., Cook, B.I., Lacombe, T., Parker, A., Van Leeuwen, C., Nicholas, K.A., Wolkovich, E.M. (2020). Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (6), pp. 2864-2869. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1906731117>.
- Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K. (2007). Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of experimental botany*, 58 (8), 1935-1945. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm055>.
- Moriyas, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50 (3), 885-900. DOI: [10.13031/2013.23153](https://doi.org/10.13031/2013.23153).
- Munitz, S., Netzer, Y., Schwartz, A. (2017). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23 (1), 87-94. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>.
- Munitz, S., Netzer, Y., Shtein, I., Schwartz, A. (2018). Water availability dynamics have long-term effects on mature stem structure in *Vitis vinifera*. *American Journal of Botany*, 105 (9), 1443-1452. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajb2.1148>.
- Munitz, S., Schwartz, A., Netzer, Y. (2019). Water consumption, crop coefficient and leaf area relations of a *Vitis vinifera* cv. 'Cabernet Sauvignon' vineyard. *Agricultural Water Management*, 219, 86-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.051>.
- Muñoz-Organero, G., Espinosa, F.E., Cabello, F., Zamorano, J.P., Urbanos, M.A., Puertas, B., Fernandez-Pastor, M. (2022). Phenological study of 53 Spanish minority grape varieties to

search for adaptation of vitiviniculture to climate change conditions. *Horticulturae*, 8 (11), 984. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8110984>.

- Nacionalni Adaptacioni Plan - NAP (2024). Republic Of Serbia. Climate Change Adaptation Programme for the period 2023-2030. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP\\_Serbia\\_2024.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP_Serbia_2024.pdf). Датум приступа: 11.11.2025.
- Naulleau, A., Gary, C., Prévot, L., Berteloot, V., Fabre, J.C., Crevoisier, D., Gaudin, R., Hossard, L. (2022). Participatory modeling to assess the impacts of climate change in a Mediterranean vineyard watershed. *Environmental Modelling & Software*, 150, 105342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105342>.
- Naulleau, A., Gary, C., Prévot, L., Vinatier, F., Hossard, L. (2022). How can winegrowers adapt to climate change? A participatory modeling approach in southern France. *Agricultural Systems*, 203, 103514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103514>.
- Navrátilová, M., Beranová, M., Severová, L., Šrédl, K., Svoboda, R., Abrhám, J. (2021). The Impact of Climate Change on the Sugar Content of Grapes and the Sustainability of their Production in the Czech Republic. *Sustainability*, 13 (1), 222. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13010222>.
- Nguyen, H., Randall, M., Lewis, A. (2024). Factors Affecting Crop Prices in the Context of Climate Change—A Review. *Agriculture*, 14 (1), 135. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14010135>.
- Ohana-Levi, N., Cohen, Y., Munitz, S., Michaelovsky, R., Mintz, D.F., Hagag, N., Getz, Y., Netzer, Y. (2024). The response of yield, number of clusters, and cluster weight to meteorological factors and irrigation practices in grapevines: A multi-experiment study. *Scientia Horticulturae*, 326, 112761. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112761>.
- Ollat, N., Van Leeuwen, C., de Cortazar Atauri, I.G., Touzard, J.M. (2017). The challenging issue of climate change for sustainable grape and wine production. *Oeno One*, 51 (2), 59-60. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1872>.
- Ollé, D., Guiraud, J.L., Souquet, J.M., Terrier, N., Ageorges, A., Cheynier, V., Verries, C. (2011). Effect of pre-and post-veraison water deficit on proanthocyanidin and anthocyanin accumulation during Shiraz berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17 (1), 90-100. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2010.00121.x>.
- Omazić, B., Prtenjak, M.T., Bubola, M., Meštrić, J., Karoglan, M., Prša, I. (2023). Application of statistical models in the detection of grapevine phenology changes. *Agricultural and forest meteorology*, 341, 109682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109682>.
- Omer, G., Mutanga, O., Abdel-Rahman, E.M., Peerbhay, K., Adam, E. (2017). Mapping leaf nitrogen and carbon concentrations of intact and fragmented indigenous forest ecosystems using empirical modeling techniques and WorldView-2 data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 131, 26-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.005>.
- Ostandie, N., Giffard, B., Bonnard, O., Joubard, B., Richart-Cervera, S., Thiéry, D., Rusch, A. (2021). Multi-community effects of organic and conventional farming practices in vineyards. *Scientific reports*, 11 (1), 11979. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91095-5>.
- Pádua, L., Marques, P., Adão, T., Guimarães, N., Sousa, A., Peres, E., Sousa, J.J. (2019). Vineyard variability analysis through UAV-based vigour maps to assess climate change impacts. *Agronomy*, 9 (10), 581. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9100581>.

- Palai, G., Caruso, G., Gucci, R., D'Onofrio, C. (2022). Deficit irrigation differently affects aroma composition in berries of *Vitis vinifera* L. (cvs Sangiovese and Merlot) grafted on two rootstocks. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 28 (4), 590-606. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12562>.
- Pandey, R., Kumar, P., Archie, K.M., Gupta, A.K., Joshi, P.K., Valente, D., Petrosillo, I. (2018). Climate change adaptation in the western-Himalayas: Household level perspectives on impacts and barriers. *Ecological Indicators*, 84, 27-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.021>.
- Papantzikos, V., Papanikou, A., Stournaras, V., Mpeza, P., Mantzoukas, S., Patakioutas, G. (2024). Biostimulant Effect of Commercial Rhizobacteria Formulation on the Growth of *Vitis vinifera* L.: Case of Optimal and Water Deficit Conditions. *Applied Biosciences*, 3 (1), 151-164. DOI: <https://doi.org/10.3390/applbiosci3010010>.
- Parker, A.K., de Cortázar-Atauri, I.G., Génny, L., Spring, J.L., Destrac, A., Schultz, H., Molitor, D., Lacombe, T., Graça, A., Monamy, C., Stoll, M., Storchi, P., Trought, M.C.T., Hofmann, R.W., Van Leeuwen, C. (2020). Temperature-based grapevine sugar ripeness modelling for a wide range of *Vitis vinifera* L. cultivars. *Agricultural and Forest Meteorology*, 285, 107902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107902>.
- Paull, J. (2024). Organic Agriculture in Europe: EU Sets Goal of Growing Organic Farmland from 10% to 25% by 2030. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 6 (1), 26-31. DOI: <https://doi.org/10.24018/ejfood.2024.6.1.769>.
- Pellegrino, A., Lebon, E., Simonneau, T., Wery, J. (2005). Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Australian journal of grape and wine research*, 11 (3), 306-315. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00030.x>.
- Pérez-Álvarez, E.P., Molina, D.I., Vivaldi, G.A., García-Esparza, M.J., Lizama, V., Álvarez, I. (2021). Effects of the irrigation regimes on grapevine cv. Bobal in a Mediterranean climate: I. Water relations, vine performance and grape composition. *Agricultural Water Management*, 248, 106772. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106772>.
- Phogat, V., Marcos, B., Petrie, P., Collins, C. (2024). Regional dynamics in the evapotranspiration components, crop coefficients and water stress in vineyards in the Barossa Valley. *bioRxiv*, 2024-06. DOI: <https://doi.org/10.1101/2024.06.09.598151>.
- Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I. A., Fu, Y., Dai, J., Liu, L., Lian, X., Sheg, M., Zhu, X. (2019). Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. *Global change biology*, 25 (6), 1922-1940. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14619>.
- Piña-Rey, A., González-Fernández, E., Fernández-González, M., Lorenzo, M.N., Rodríguez-Rajo, F.J. (2020). Climate change impacts assessment on wine-growing bioclimatic transition areas. *Agriculture*, 10 (12), 605. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10120605>.
- Pino, C., Griffon, D. (2024). Scaling up: microbiome manipulation for climate change adaptation in large organic vineyards. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1285981. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1285981>.
- Popović, T., Đurđević, V., Živković, M., Jović, B., Jovanović, M. (2009). Promena klime u Srbiji i očekivani uticaji. In *Peta regionalna konferencija EnE09-Životna sredina ka Evropi, Ambasadori životne sredine i PKS* (pp. 6-11).
- Popović, T., Kalač, A., Raičević, D., Pajović, R. (2017). Rodnost i kvalitet grožđa sorte Žižak u podgoričkom vinogorju. *XXII Savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova*, 1, 231-237.

- Prieto, J.A., Bustos Morgani, M., Gomez Tournier, M., Gallo, A., Fanzone, M., Sari, S., Galat, E., Perez Peña, J. (2024). Climate Change Adaptations of Argentine Viticulture. In *Latin American Viticulture Adaptation to Climate Change: Perspectives and Challenges of Viticulture Facing up Global Warming* (pp. 149-169). Cham: Springer International Publishing. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-51325-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-51325-1_10).
- Prodhomme, C., Doblas-Reyes, F., Bellprat, O., Dutra, E. (2016). Impact of land-surface initialization on sub-seasonal to seasonal forecasts over Europe. *Climate dynamics*, 47, 919-935. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2879-4>.
- Provost, C., Pedneault, K. (2016). The organic vineyard as a balanced ecosystem: Improved organic grape management and impacts on wine quality. *Scientia horticultrae*, 208, 43-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.024>.
- Простосердов, Н. (1946). Технологическая характеристика винограда и продуктов его переработка. Ампелография СССР, т 1, Москва.
- Raäisaänen, J. (2007). How reliable are climate models?. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 59 (1), 2-29. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2006.00211.x>.
- Rafique, R., Ahmad, T., Khan, M.A., Ahmed, M., Hoogenboom, G. (2024). Developing a simple and efficient modeling solution for predicting key phenological stages of table grapes in a non-traditional viticulture zone in south Asia. *International Journal of Biometeorology*, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02686-6>.
- Ramos, M.C. (2017). Projection of phenology response to climate change in rainfed vineyards in north-east Spain. *Agricultural and forest meteorology*, 247, 104-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.07.022>.
- Randall, D.A., Wood, R.A., Bony, S., Colman, R., Fichet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, A., Shukla, J., Srinivasan, J., Stouffer, R.J., Sumi, A., Taylor, K.E. (2007). Climate models and their evaluation. In *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (FAR)* (pp. 589-662). Cambridge University Press.
- Ranković-Vasić, Z., Radojević, I., Nikolić, D., Jovanović Cvetković, T., Sivčev B. (2016). The most important indicators of fruitfulness and grape quality of grapevine 28 cultivar Riesling and Clones 239GM and B21. 5th International symposium on agricultural sciences. Book of Abstracts, p. 138. Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.
- Ranković-Vasić, Z., Vuković Vimić, A., Vujadinović Mandić, M., Ruml, M., Matijašević, S., Anđelić, B., Pržić, Z. (2024). Variability of the phenological stages of development and quality of grapes in conditions of climate changes. 17th Serbian Congress of Fruit & Grapevine Growers – with international participation, 16-18 October 2024, Vršac. Abstract Proceeding, pp. 138-139. [https://agrif.bg.ac.rs/uploads/files/strane/Fakultet/Izdavacka\\_delatnost/Zbornici\\_radova/Zbornik%20apstrakata%20Vrsac%202024%20-.pdf](https://agrif.bg.ac.rs/uploads/files/strane/Fakultet/Izdavacka_delatnost/Zbornici_radova/Zbornik%20apstrakata%20Vrsac%202024%20-.pdf).
- Rienth, M., Vigneron, N., Darriet, P., Sweetman, C., Burbidge, C., Bonghi, C., Walker, R.P., Famiani, F., Castellarin, S.D. (2021). Grape berry secondary metabolites and their modulation by abiotic factors in a climate change scenario—a review. *Frontiers in Plant Science*, 12, p. 262. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.643258>.
- Riera, F.S., Brümmer, B. (2022). Environmental efficiency of wine grape production in Mendoza, Argentina. *Agricultural Water Management*, 262, 107376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107376>.

- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D.A., Matthews, M.A. (2004). Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10 (2), 100-107. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00012.x>.
- Rodriguez, D., de Voil, P., Hudson, D., Brown, J. N., Hayman, P., Marrou, H., Meinke, H. (2018). Predicting optimum crop designs using crop models and seasonal climate forecasts. *Scientific Reports*, 8: 2231. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20628-2>.
- Romero, P., Navarro, J.M., Ordaz, P.B. (2022). Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. *Agricultural Water Management*, 259, 107216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>.
- Romero, P., Botía, P., Gil-Muñoz, R., del Amor, F.M., Navarro, J.M. (2023). Evaluation of the Effect of Water Stress on Clonal Variations of Cv. Monastrell (*Vitis vinifera* L.) in South-Eastern Spain: Physiology, Nutrition, Yield, Berry, and Wine-Quality Responses. *Agronomy*, 13 (2), 433. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13020433>.
- Romić, D., Kontić, J.K., Preiner, D., Romić, M., Lazarević, B., Maletić, E., Ondrašek, G., Andabaka, Ž., Begić, H.B., Kovačić, M.B., Filipović, L. (2020). Performance of grapevine grown on reclaimed Mediterranean karst land: Appearance and duration of high temperature events and effects of irrigation. *Agricultural Water Management*, 236, p.106166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106166>.
- Rosa, L., Chiarelli, D.D., Sangiorgio, M., Beltran-Peña, A.A., Rulli, M.C., D'Odorico, P., Fung, I. (2020). Potential for sustainable irrigation expansion in a 3 C warmer climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (47), 29526-29534. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2017796117>.
- Ruml, M., Vuković, A., Vujadinović, M., Djurdjević, V., Ranković-Vasić, Z., Atanacković, Z., Sivčev, B., Marković, N., Matijašević, S., Petrović, N. (2012). On the use of regional climate models: implications of climate change for viticulture in Serbia. *Agricultural and forest meteorology*, 158, 53-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.02.004>.
- Ruml, M., Korać, N., Vujadinović, M., Vuković, A., Ivanišević, D. (2016). Response of grapevine phenology to recent temperature change and variability in the wine-producing area of Sremski Karlovci, Serbia. *The Journal of agricultural science*, 154 (2), 186-206. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859615000453>.
- Румл, М. (2016). Метеорологија. II издање, Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Sadras, V.O., Petrie, P.R., Moran, M.A. (2013). Effects of elevated temperature in grapevine. II juice pH, titratable acidity and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19 (1), 107-115. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajgw.12001>.
- Salazar, O., Castro, M., Singh, R., Ponstein, H. (2024). Evaluation of potential irrigation water savings by assessing the soil water balance in a vineyard in central Chile. *Irrigation and Drainage*. DOI: <https://doi.org/10.1002/ird.2980>.
- Sánchez-Ortiz, A., Lampreave, M., Mateos, M.A. (2024). Addressing water stress and climate variability in the mediterranean: Study of regulated deficit irrigation (RDI) and non-irrigation (NI) in tempranillo and cabernet sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Agriculture*, 14 (1), 129. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14010129>.

- Santillán, D., Garrote, L., Iglesias, A., Sotes, V. (2020). Climate change risks and adaptation: New indicators for Mediterranean viticulture. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 25 (5), 881-899. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09899-w>.
- Santos, J.A., Costa, R., Fraga, H. (2019). New insights into thermal growing conditions of Portuguese grapevine varieties under changing climates. *Theoretical and Applied Climatology*, 135, 1215-1226. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2443-3>.
- Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.T., Correia, C., Moriondo, M., Leolini, L., Dibari, C., Costafreda-Aumedes, S., Kartschall, T., Menz, C., Molitor, D., Junk, J., Beyer, M., Schultz, H.R. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Sciences*, 10 (9), 3092. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10093092>.
- Santos, J.A., Ceglar, A., Toreti, A., Prodhomme, C. (2020). Performance of seasonal forecasts of Douro and Port wine production. *Agricultural and forest meteorology*, 291, 108095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108095>.
- Santos, I.V., Renaud-Gentié, C., Roux, P., Levasseur, A., Bulle, C., Deschênes, L., Boulay, A.M. (2023). Prospective life cycle assessment of viticulture under climate change scenarios, application on two case studies in France. *Science of The Total Environment*, 880, 163288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163288>.
- Savoi, S., Herrera, J.C., Carlin, S., Lotti, C., Bucchetti, B., Peterlunger, E., Castellarin, S.D., Mattivi, F. (2020). From grape berries to wines: Drought impacts on key secondary metabolites. *Oeno One*, 54 (3), 569-582. DOI: <https://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.3.3093>.
- Schlink, R., Kidman, C.M., Gautam, D., Jeffery, D.W., Pagay, V. (2024). Data-driven irrigation scheduling increases the crop water use efficiency of Cabernet Sauvignon grapevines. *Irrigation Science*, 42 (1), 29-44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00866-7>.
- Scutarașu, A., Colibaba, L.C., Scutarașu, E.C., Luchian, C.E., Rotaru, L., Filimon, R.V., Filmnon, R.M., Cotea, V. (2026). Assessing Grapevine Adaptability and Wine Quality in Relation to Climate Conditions. *Horticulturae* 2026, 12, 377, DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae12030377>.
- Shapland, T.M., Snyder, R.L., Smart, D.R., Williams, L.E. (2012). Estimation of actual evapotranspiration in winegrape vineyards located on hillside terrain using surface renewal analysis. *Irrigation Science*, 30, 471-484. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-012-0377-6>.
- Shaukat, R.S., Khan, M.M., Shahid, M., Shoaib, M., Khan, T. A., Aslam, M.A. (2020). Quantitative Contribution of Climate Change and Land Use Change to Runoff in Tarbela Catchment, Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (5), 3295-3304. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/112214>.
- Shellie, K.C., King, B.A. (2020). Application of a daily crop water stress index to deficit irrigate malbec grapevine under semi-arid conditions. *Agriculture*, 10 (11), 492. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110492>.
- Simić, A., Sotonica, D., Ranković, V.Z., Pržić, Z., Dželetović, Ž., Ćosić, M. (2023). Floristic composition and management of vegetation cover in an organic vineyard in the Belgrade vine region. *Acta herbologica*, 32 (2), 109-122. DOI: <https://doi.org/10.5937/32ah-46436>.
- Simpson, I.R., McKinnon, K.A., Kennedy, D., Lawrence, D.M., Lehner, F., Seager, R. (2024). Observed humidity trends in dry regions contradict climate models. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121 (1), e2302480120. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2302480120>.

- Sivčev, B., Petrović, N. (2004). Phenological observation of white grape varieties in the grape growing area of Grocka. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*, 49 (1), 41-48. DOI: [10.2298/JAS0401041S](https://doi.org/10.2298/JAS0401041S).
- Сивчев, Б., Румл, М., Сивчев, И., Ранковић-Васић, З. (2015). Органска производња грожђа. Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Slingo, J.M., Slingo, M.E. (2024). The science of climate change and the effect of anaesthetic gas emissions. *Anaesthesia*, 79 (3), 252-260. DOI: <https://doi.org/10.1111/anae.16189>.
- Smith, O.M., Cohen, A.L., Reganold, J.P., Jones, M.S., Orpet, R.J., Taylor, J.M., Thurman, J.H., Cornell, K.A., Olsson, R.L., Ge, Y., Kennedy, C.M., Crowder, D.W. (2020). Landscape context affects the sustainability of organic farming systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(6), 2870-2878. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1906909117>.
- Somkuwar, R.G., Naik, S. (2024). Precision viticulture: a review. *Current Horticulture*, 12 (1), 23-34. DOI: [10.48165/chr.2023.12.1.02](https://doi.org/10.48165/chr.2023.12.1.02).
- Sotonica, D., Ćosić, M., Stričević, R., Pajić, M., Vujadinović Mandić, M., Ivanović, J., Dželetović, Ž., Lipovac, A. (2024). Remote sensing assessment of irrigation impact on vineyard water status. XIII International Symposium on Agricultural Sciences, AgroRes 2024, 27-30, May, 2024, Trebinje, Bosnia and Herzegovina. Book of Abstracts, pp. 66.
- Стојићевић, Д. (1996). Наводњавање пољопривредног земљишта: техничко-технолошке и агробиолошке основе наводњавања. Партенон, Београд.
- Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D. (2012). Crop Yield Response to Water. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, pp. 500.
- Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D., Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy journal*, 101 (3), 426-437. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s>.
- Stikić, R., Zarić, V., Vučelić, R. B., Jovanović, Z., Stričević, R., Marković, N., Ruml, M., Petković, D. (2011). Deficit irrigation method for reducing water use of grapevine. *Zemljište i biljka*, 60 (1), 15-24.
- Stričević, R., Lipovac, A., Djurović, N., Sotonica, D., Ćosić, M. (2023). AquaCrop Model Performance in Yield, Biomass, and Water Requirement Simulations of Common Bean Grown under Different Irrigation Treatments and Sowing Periods. *Horticultrae*, 9 (4), 507. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticultrae9040507>.
- Stričević, R., Srdjević, Z., Lipovac, A., Prodanović, S., Petrović-Obradović, O., Ćosić, M., Djurović, N. (2020). Synergy of experts' and farmers' responses in climate-change adaptation planning in Serbia. *Ecological Indicators*, 116, 106481. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106481>.
- Stričević, R., Trbić, G., Vujadinović, M., Vuković, A., Lipovac, A., Bogdan, I., Cupać, R. (2019). Assessment of Climate Change Impact on Water Requirements of Orchards in Bosnia and Herzegovina. *Climate Change Adaptation in Eastern Europe: Managing Risks and Building Resilience to Climate Change*, 199-211. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03383-5_14).
- Sun, L., Gao, F., Anderson, M. C., Kustas, W. P., Alsina, M. M., Sanchez, L., Sams, B., McKee, L., Post, K. (2017). Daily mapping of 30 m LAI and NDVI for grape yield prediction in California vineyards. *Remote Sensing*, 9(4), 317. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9040317>.

- Sun, Q., Granco, G., Groves, L., Voong, J., Van Zyl, S. (2023). Viticultural manipulation and new technologies to address environmental challenges caused by climate change. *Climate*, 11 (4), 83. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli11040083>.
- Szolnoki, G., Tafel, M. (2022). Environmental sustainability and tourism - the importance of organic wine production for wine tourism in Germany. *Sustainability*, 14 (19), 11831. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911831>.
- Tagarakis, A.C., Kostić, M., Ljubičić, N., Ivošević, B., Kitić, G., Pandžić, M. (2022). In-field experiments for performance evaluation of a new low-cost active multispectral crop sensor. In *Information and Communication Technologies for Agriculture - Theme I: Sensors* (pp. 305-325). Cham: Springer International Publishing. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84144-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84144-7_13).
- Tang, Z., Jin, Y., Alsina, M.M., McElrone, A.J., Bambach, N., Kustas, W.P. (2022). Vine water status mapping with multispectral UAV imagery and machine learning. *Irrigation Science*, 40 (4), 715-730. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00788-w>.
- Tao, F., Palosuo, T., Rötter, R.P., Díaz-Ambrona, C.G.H., Mínguez, M.I., Semenov, M.A., Kersebaum, K.C., Cammarano, D., Specka, X., Nendel, C., Srivastava, A.K., Ewert, F., Padovan, G., Ferrise, R., Marte, P., Rodríguez, L., Ruiz-Ramos, M., Gaiser, T., Höhn, J.G., Salo, T., Schulman, A.H. (2020). Why do crop models diverge substantially in climate impact projections? A comprehensive analysis based on eight barley crop models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 281, 107851. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107851>.
- Taranyi, D., Mikóczy, N., Deák, T., Varga, Z., Nyitrai Sárady, D.A., Bodor-Pesti, P. (2023). The effect of irrigation on the bud fruitfulness of the grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivar Hárslevelű. In *XIII International Conference on Grapevine Breeding, Genetics and Management 1385* (pp.175-180). DOI: [10.17660/ActaHortic.2024.1385.22](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1385.22).
- Taylor, M. (2018). Climate-smart agriculture: what is it good for? *The Journal of Peasant Studies*, 45 (1), 89-107. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1312355>.
- Tehrani, M.M., Kamgar-Haghighi, A.A., Razzaghi, F., Sepaskhah, A.R., Zand-Parsa, S., Eshghi, S. (2016). Physiological and yield responses of rainfed grapevine under different supplemental irrigation regimes in Fars province, Iran. *Scientia Horticulturae*, 202, 133-141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.02.036>.
- Teslić, N., Vujadinović, M., Ruml, M., Ricci, A., Vuković, A., Parpinello, G.P., Versari, A. (2019). Future climatic suitability of the Emilia-Romagna (Italy) region for grape production. *Regional Environmental Change*, 19, 599-614. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1431-6>.
- Tomasi, D., Jones, G.V., Giust, M., Lovat, L., Gaiotti, F. (2011). Grapevine phenology and climate change: relationships and trends in the Veneto region of Italy for 1964–2009. *American journal of Enology and Viticulture*, 62 (3), 329-339. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10108>.
- Trbic, G., Popov, T., Djurdjevic, V., Milunovic, I., Dejanovic, T., Gnjata, S., Ivanisevic, M. (2021). Climate change in Bosnia and Herzegovina according to climate scenario RCP8. 5 and possible impact on fruit production. *Atmosphere*, 13 (1), 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13010001>.
- Trigo-Córdoba, E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, I., Mirás-Avalos, J.M. (2015). Effects of deficit irrigation on the performance of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. ‘Godello’ and ‘Treixadura’ in Ribeiro, NW Spain. *Agricultural Water Management*, 161, 20-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.011>.

- Troccoli, A. (2010). Seasonal climate forecasting. *Meteorological Applications*, 17 (3), 251-268. DOI: <https://doi.org/10.1002/met.184>.
- Turco, M., Ceglar, A., Prodhomme, C., Soret, A., Toreti, A., Francisco, J.D.R. (2017). Summer drought predictability over Europe: empirical versus dynamical forecasts. *Environmental research letters*, 12 (8), 084006. DOI: [10.1088/1748-9326/aa7859](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7859).
- USDA (2006). Keys to Soil Taxonomy, Tenth edition. Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture NRCS.
- Ustuner, M., Sanli, F.B., Abdikan, S., Esetlili, M.T., Kurucu, Y. (2014). Crop type classification using vegetation indices of rapideye imagery. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 40, 195-198. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-195-2014>.
- Valenzuela, L., Ortega, R., Moscovici, D., Gow, J., Alonso Ugaglia, A., Mihailescu, R. (2022). Consumer willingness to pay for sustainable wine—The Chilean case. *Sustainability*, 14 (17), 10910. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141710910>.
- Van Leeuwen, C., Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11 (1), 150-167. DOI: <https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21>.
- Van Leeuwen, C., Destrac-Irvine, A., Dubernet, M., Duchêne, E., Gowdy, M., Marguerit, E., Pieri, P., Parker, A., De Ressaiguier, L., Ollat, N. (2019). An update on the impact of climate change in viticulture and potential adaptations. *Agronomy*, 9 (9), 514. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9090514>.
- Van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S., Gambetta, G.A. (2024). Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>.
- Vercesi, A., Garavani, A., Parisi, M.G., Gatti, M., Poni, S. (2023). Vine Performance and Phenology Postponement in Cane-Pruned Chardonnay Vines Grown in a Temperate Climate: The Effects of a Delayed Winter Pruning. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2023 (1), 1329802. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/1329802>.
- Vigl, L.E., Schmid, A., Moser, F., Balotti, A., Gartner, E., Katz, H., Quendler, S., Ventura, S., Raifer, B. (2018). Upward shifts in elevation—a winning strategy for mountain viticulture in the context of climate change? In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50, p. 02006). EDP Sciences. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185002006>.
- Vujadinović Mandić, M., Vuković Vimić, A., Ranković-Vasić, Z., Djurović, D., Ćosić, M., Sotonica, D., Nikolić, D., Djurdjević, V. (2022). Observed Changes in Climate Conditions and Weather-Related Risks in Fruit and Grape Production in Serbia. *Atmosphere* 2022, 13 (6), 948. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13060948>.
- Vujadinovic, M., Vuković, A., Jaksic, D., Djurdjevic, V., Ruml, M., Rankovic-Vasic, Z., Przic, Z., Sivcev, B., Markovic, N., Cvetkovic, B., La Notte, P. (2016). Climate change projections in Serbian wine-growing regions. In *Proceedings. IVES Conference Series, Terroir 2016*.
- Vukovic, A., Vujadinovic, M., Djurdjevic, V., Cvetkovic, B., Rankovic-Vasic, Z., Przic, Z., Ruml, M., Krzic, A. (2015). Fine Scale Climate Change Analysis: From Global Models to Local Impact Studies in Serbia. In *Proceedings of the 7th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA)*, Kavala, Greece, 17–20 September 2015, pp. 892-901.
- Vuković, A.J., Vujadinović, M.P., Rendulić, S.M., Đurđević, V.S., Ruml, M.M., Babić, V.P., Popović, D.P. (2018). Global warming impact on climate change in Serbia for the period

1961-2100. *Thermal Science*, 22 (6 Part A), 2267-2280. DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCII80411168V>.

- Вуковић, А., Вујадиновић Мандић, М. (2019). Метеорологија и климатологија – Практикум. Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Walter, H., Harnickell, E., Mueller-Dombois, D. (1975). Climate diagram maps. Ind. Countries and the ecological climatic regions of the earth. Suppl. to the veg. monographs, 8 (11), 1-36.
- Webb, L.B., Whetton, P.H., Barlow, E.W.R. (2007). Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13 (3), 165-175. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2007.tb00247.x>.
- Webb, L.B., Whetton, P.H., Bhend, J., Darbyshire, R., Briggs, P.R., Barlow, E.W.R. (2012). Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. *Nature Climate Change*, 2 (4), 259-264. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1417>.
- Wei, H.E., Grafton, M., Bretherton, M., Irwin, M., Sandoval, E. (2023). Evaluation of the use of two-stage calibrated PlanetScope images and environmental variables for the development of the grapevine water status prediction model. *Technology in Agronomy*, 3 (1). DOI: [10.48130/TIA-2023-0006](https://doi.org/10.48130/TIA-2023-0006).
- Wenter, A., Zanotelli, D., Montagnani, L., Tagliavini, M., Andreotti, C. (2018). Effect of different timings and intensities of water stress on yield and berry composition of grapevine (cv. Sauvignon blanc) in a mountain environment. *Scientia Horticulturae* 236, 137-145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.037>.
- Willer, H., Trávníček, J., Schlatter, S. (2024). The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024. Document available online at: <http://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2024.html>.
- Willmott, C.J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63 (11), 1309-1313. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1982\)063%3C1309:SCOTEO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1982)063%3C1309:SCOTEO%3E2.0.CO;2).
- Xyrafis, E.G., Fraga, H., Nakas, C.T., Koundouras, S. (2022). A study on the effects of climate change on viticulture on Santorini Island. *OENO One* 56 (1): 259-273. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4843>.
- Yang, B., Yao, H., Zhang, J., Li, Y., Ju, Y., Zhao, X., Sun, X., Fang, Y. (2020). Effect of regulated deficit irrigation on the content of soluble sugars, organic acids and endogenous hormones in Cabernet Sauvignon in the Ningxia region of China. *Food chemistry*, 312, 126020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126020>.
- Yang, C., Menz, C., Fraga, H., Reis, S., Machado, N., Malheiro, A.C., Santos, J.A. (2021). Simultaneous calibration of grapevine phenology and yield with a soil–plant–atmosphere system model using the frequentist method. *Agronomy*, 11 (8), 1659. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081659>.
- Yang, C., Menz, C., De Abreu Jaffe, M.S., Costafreda-Aumedes, S., Moriondo, M., Leolini, L., Torres-Matallana, A., Molitor, D., Junk, J., Fraga, H., Van Leeuwen, C., Santos, J.A. (2022). Projections of climate change impacts on flowering-veraison water deficits for Riesling and müller-thurgau in Germany. *Remote Sensing*, 14 (6), p.1519. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14061519>.
- Yang, C., Menz, C., Reis, S., Machado, N., Santos, J.A., Torres-Matallana, J.A. (2023). Calibration for an Ensemble of Grapevine Phenology Models under Different Optimization Algorithms. *Agronomy*, 13 (3), 679. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13030679>.

- Zou, X., Möttus, M. (2017). Sensitivity of common vegetation indices to the canopy structure of field crops. *Remote Sensing*, 9 (10), 994. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9100994>.
- Zufferey, V., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Blackford, M., Bourdin, G., Gindro, K., Spangenberg, J.E., Rösti, J., Viret, O., Carlen, C., Spring, J.L. (2020). The influence of vine water regime on the leaf gas exchange, berry composition and wine quality of Arvine grapes in Switzerland. *Oeno One*, 54 (3), 553-568. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.3.3106>.
- Žunić, D., Matijašević, S. (2009). Aktuelni sortiment stonih sorti i klonova vinove loze. *Zbornik naučnih radova XXIV Savetovanja „unapređenje proizvodnje voća i grožđa“* 15 (5): 105, 111.
- Zúñiga Espinoza, C., Khot, L.R., Sankaran, S., Jacoby, P.W. (2017). High resolution multispectral and thermal remote sensing-based water stress assessment in subsurface irrigated grapevines. *Remote Sensing*, 9 (9), 961. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9090961>.
- Закон о органској производњи – „Службени гласник РС“ бр. 30/2010 и 17/2019.  
<https://atlas-klime.eko.gov.rs>  
<https://cevvin.rs/sorte-vinove-loze-srbije/domace-stvorene-sorte/bele-vinske-sorte/panonia/>  
[https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2021/81237-seas5-user-guide\\_1.pdf](https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/2021/81237-seas5-user-guide_1.pdf)

## БИОГРАФИЈА

Маст. инж. Дуња Сотоница је рођена 1.4.1994. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је у Суботици. Географски факултет Универзитета у Београду је уписала школске 2013/2014. године на студијском програму Геопросторне основе животне средине. Дипломирала је 22.9.2017. године са темом завршног рада „*Геопросторна анализа насеља Блажево - полазне основе заштите животне средине*“ оценом 10 и са просечном оценом током студија 9,11. Мастер академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду на студијском програму Заштита животне средине у пољопривреди уписала је 2017. године и 18.9.2018. године одбранила мастер рад под насловом „*Сорте и клонови винове лозе као фактор унапређења биодиверзитета*“ са оценом 10 и просечном оценом током мастер студија 8,85. Докторске академске студије уписала је школске 2019/2020. године на студијском програму Мелиорације земљишта на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду и стекла просечну оцену током студија 9,75.

Као најзначајније радне и стручне активности наводе се: рад у МКС „Интеко“ д.о.о. Београд – Инжењеринг и консалтинг у области животне средине на месту аналитичара за заштиту животне средине, обављање стручне праксе у ЈКП „Београдски водовод и канализација“ на Сектору производње воде ПП Макиш, стручна пракса у Институту за нуклеарне науке „Винча“ у Лабораторији 100 под називом Заштита од зрачења и заштита животне средине, пракса у винском салашу „Вински двор“ на Хајдукову, волонтерски рад на акцијама чишћења Великог ратног острва, учествовање на еколошком фестивалу „Супернатурал“, теренско истраживање Власинског језера у Информативном центру за заштиту животне средине у месту Власина Рид, чланство у редакцији студентског часописа „Екогеа“, чланство у студентском парламенту Географског факултета, учествовање у еко-камповима у Блажеву (Копаник) и Санкт Петербургу (Русија).

Током свих нивоа студија била је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. За време докторских студија активно је учествовала на више домаћих и међународних конференција. У сарадњи са коауторима публиковала је више од 30 библиографских јединица, од којих су 4 у часописима са SCI листе. Своја знања усавршавала је кроз кратке стручне боравке у области заштите биљних врста у Шпанији (Аликанте), Немачкој (Берлин) и Холандији (Амстердам). Тренутно је укључена у међународни пројекат из области наводњавања (COST – CA21142 – *Fruit tree Crop REsponses to Water deficit and decision support Systems applications (FruitCREWS)*). Ауторка и реализаторка је едукативних радионица у оквиру пројекта „Чувари педосфере“, одобреног од стране Центра за промоцију науке 2024. године. Од 2022. године реализује семинар „Примена географских информационих система у настави“. Чланица је Српског друштва за проучавање земљишта.

## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Име и презиме аутора: **Дуња Сотоница**

Број индекса: **МЛ190015**

### ИЗЈАВЉУЈЕМ

да је докторска дисертација под насловом:

**„Процена потребе за наводњавањем винове лозе сорте Панонија у условима климатских промена“**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА**

Име и презиме аутора: **Дуња Сотоница**

Број индекса: **МЛ190015**

Студијски програм: **Мелиорације земљишта**

Наслов рада: **„Процена потребе за наводњавањем винове лозе сорте Панонија у условима климатских промена“**

Ментори:

- 1. др Марија Тосић, редовни професор, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду**
- 2. др Мирјам Вујадиновић Мандић, редовни професор, Пољопривредни факултет Универзитета у Београду**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**„Процена потребе за наводњавањем винове лозе сорте Панониа у условима климатских промена“**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- ③ Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

Потпис аутора

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.