



# **CLIMED-FRUIT**

ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE  
AND MITIGATION FOR PERENNIAL  
CROPS IN MEDITERRANEAN AREA

## **Pregled Podtema**

# PODTEMA 1

## OČUVANJE TLA I SKLADIŠTENJE UGLJIKA



## PODTEMA 1

### Očuvanje tla i skladištenje ugljika

Mediterranska je regija izrazito osjetljiva na klimatske promjene. Degradacija tla jedna je od mnogih posljedica tih promjena, zbog čega su agrotehnički postupci i skladištenje ugljika postali ključne strategije za ublažavanje posljedica klimatskih promjena.

U ovom se pregledu očuvanje tla tumači u širem smislu te uključuje i suzbijanje erozije i upravljanje plodnošću, koje obuhvaća očuvanje organskih tvari, fizičkih svojstava tla i hranjivih tvari te izbjegavanje toksičnosti. Kvaliteta tla smatra se načinom prelaska na održiviju poljoprivredu. Visokokvalitetno tlo smanjuje rizik od poplava tijekom obilnih kiša i pridonosi obnovi zaliha podzemne vode.

Kako se navodi u misiji „Plan za tlo za Europu“ koju je Europska komisija pokrenula 2021. godine, zdrava tla temelj su naše proizvodnje hrane i omogućavaju ključne funkcije ekosustava. Upravljanje tlom osobito je važno u ublažavanju klimatskih promjena jer se njime može optimizirati skladištenje ugljika, poznato i kao „uzgoj ugljika“ ili „ugljična poljoprivreda“. Kako bi se ostvario cilj Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama, potrebno je odmah poduzeti mjere za smanjenje atmosferskog ugljikova dioksida<sup>1</sup>. Procjenjuje se da na poljoprivredu otpada oko 30 % ukupnih antropogenih emisija. Jedan od održivih pristupa nastojanjima da se te emisije neutraliziraju povećanje je sadržaja ugljika u tlu postupcima kojima se potiče sekvestracija ugljika u tlu. Inicijativa „[4 per 1000](#)“, prihvaćena na konferenciji UN-a o klimatskim promjenama (COP21) održanoj u Parizu u prosincu 2015., zasniva se na pretpostavci da bi ugljik trebalo sekvestrirati iz atmosfere u tlo diljem svijeta po stopi od 0,4 % godišnje da bi imao ulogu u ublažavanju klimatskih promjena. Cilj je te inicijative poboljšati sadržaj organskih tvari u tlu i potaknuti sekvestraciju ugljika u tlu usvajanjem poljoprivrednih postupaka prilagođenih lokalnoj situaciji i primjenom načela agroekologije, agrošumarstva, konzervacijske poljoprivrede, klimatski pametne poljoprivrede i upravljanja krajolikom.

U sljedećim su poglavljima predstavljeni neki poljoprivredni postupci identificirani u okviru projekta CLIMED-FRUIT koji pridonose optimizaciji skladištenja ugljika u tlu u proizvodnji višegodišnjih kultura.

#### 1. POSTUPCI GNOJIDBE USMJERENI NA POBOLJŠANJE KVALITETE TLA I SKLADIŠTENJE UGLJIKA

##### 1.1. Organski dodaci tlu: neki primjeri dobre prakse

Glavni je cilj primjene organskih dodataka poljoprivrednom tlu poboljšanje sadržaja organske tvari. Dodavanjem organske tvari želi se postići nekoliko ciljeva, uključujući održavanje ili poboljšanje zaliha ugljika i svojstava tla te djelomično ispunjavanje potreba višegodišnjih kultura glede hranjivih tvari. Učinak primjene organskih sredstava za poboljšanje tla uglavnom ovisi o uvjetima okoliša koji određuju mikrobnu aktivnost te o poljoprivrednim postupcima i gospodarenju, npr. vrsti dodatka, doziranju, učestalosti i obliku primjene itd.

### 1.1.1. Postupci koji se temelje na uporabi komposta

Kao sredstvo za poboljšanje tla sa sporim otpuštanjem, kompost može podržati otpornost ekosustava, poboljšavajući zdravlje tla, dinamiku ugljika i produktivnost biomase te povećavajući toleranciju na sušu. Kompost se dobiva aerobnim procesom razgradnje biomase mikroorganizmima. Kompostiranje se provodi u tri faze: 1. priprema mješavine organskih materijala, 2. fermentacija, 3. sazrijevanje i održavanje (njega).

#### ❖ *Poljoprivredno kompostiranje: način poboljšanja kvalitete tla i lokalnoga gospodarstva*

U projektu [AGROCOMPOST](#) u regiji Valencija provedena su istraživanja i pokusi o poljoprivrednom kompostiranju. Projekt je olakšao osposobljavanje i suradnju na terenu s ključnim dionicima, uključujući poljoprivrednike, zadruge i ruralne vlasti. Ti su naponi pridonijeli unaprjeđenju kružnoga gospodarstva i pridobivanju kvalitetnih organskih tvari u ruralnim područjima u regiji. Tijekom pet godina projekt se provodio na 195 pokusnih lokacija i doveo do razvoja više od 420 procesa kompostiranja iz različitih sirovina, iz kojih je dobiveno 15.400 tona kompostirane biomase. U smislu ublažavanja klimatskih promjena, to predstavlja više od 2500 tona ugljika sekvestriranog u tlu vinograda, nasada agruma i maslinika.

#### ❖ *Kompostiranje na poljoprivrednom gospodarstvu*

Recikliranje organskog otpada i ostataka kompostiranjem na poljoprivrednom gospodarstvu održiv je način proizvodnje gnojiva za uporabu na poljoprivrednom gospodarstvu. U tom je kontekstu cilj operativne skupine [OG OLTREBIO](#) bio smanjenje ulaznih resursa potrebnih za poljoprivrednu proizvodnju, primjena otpada s poljoprivrednih gospodarstava i prijenos znanja o procesu kompostiranja na druge poljoprivrednike. Prva faza procesa uključivala je pripremu kompostne hrpe nakon drobljenja i miješanja sirovina (slika 1.), tj. ostataka usjeva pomiješanih s pokošenom travom. Zatim je kompostna hrpa prekrivena folijom i osiguran je unos kisika sustavom prozračivanja koji se aktivirao u pravilnim razmacima (na deset minuta svaka dva sata u prva dva tjedna). Kontinuirano je mjerena temperatura pomoću dviju sonde spojenih na dnevnik podataka, dok je vlažnost provjeravana jednom tjedno (40 % – 70 %). Kako bi se omogućila homogenizacija i fermentacija materijala, kompostna hrpa okretana je dva puta tjedno u prva dva tjedna, a zatim još jednom prije kraja procesa.



Slika 1. Kompostiranje na eksperimentalnoj farmi talijanske istraživačke organizacije CREA-AA: 1. prikupljanje poljoprivrednog otpada; 2. usitnjavanje i miješanje; 3. priprema kompostne hrpe i unos kisika; 4. provjera temperature i vlažnosti; 5. skladištenje zreloga komposta; 6. primjena na terenu<sup>2</sup>

U tablici 1. prikazana su glavna svojstva dobivenoga komposta. Parametri su u skladu s talijanskim zakonodavstvom i upućuju na solidan stupanj zrelosti i kvalitete komposta. Zreli kompost primjenjivan je tri godine kao gnojivo u organskim nasadima stolnoga grožđa (sorti bez koštica Sophia i Crimson) u dozama od 2,1 tone po hektaru. Time je poljoprivrednim gospodarstvima omogućeno održavanje kvalitete stolnoga grožđa i smanjenje potrebnih ulaznih resursa i goriva za 70 % odnosno 10 %.

Tablica 1. Operativna skupina **OG OLTREBIO**, karakterizacija komposta:<sup>2</sup>

| Parametar                            | Vrijednost |
|--------------------------------------|------------|
| Suha tvar (%)                        | 76,2       |
| pH                                   | 8,09       |
| Ukupni sadržaj organskog ugljika (%) | 20,85      |
| Ukupni sadržaj dušika (%)            | 2,43       |
| Omjer ugljika i dušika (C : N)       | 8,58       |

#### ❖ Dobivanje kompostne juhe na poljoprivrednom gospodarstvu

Kako bi se poboljšala organska proizvodnja, operativna skupina **OG OLTREBIO** ispitala je učinak kompostne juhe u nasadu trešnje (sorte Lapins) i dvama vinogradima (sorte bez koštica Sophia i Crimson). Kompostna juha dobivena je ekstrakcijom sastojaka komposta pomoću vode. Kompost je stavljen u vreću za cijedenje s gustom mrežicom i uronjen u kućni bioekstraktor te inkubiran pet dana (slika 2.)<sup>2</sup>. Ekstrakcija je provedena u volumnom omjeru 1 : 5 v/v (20 %), a unos kisika ostvaren je aktivacijom pumpe tijekom 15 minuta svaka tri sata<sup>3</sup>. U tablici 2. prikazana su glavna svojstva dobivene kompostne juhe. PH vrijednosti približno su neutralne, dok je električna vodljivost (EC) veća od 1,5 mS/cm, što upućuje na daljnje razrjeđivanje (1 : 15 v/v)<sup>2</sup>.



Tablica 2. Operativna skupina *OG OLTREBIO*, karakterizacija kompostne juhe:<sup>2</sup>

| Parametri                  | pH  | EC (mS/cm <sup>2</sup> ) | Dušik (mg/l) |
|----------------------------|-----|--------------------------|--------------|
| Voda                       | 7,2 | 0,45                     |              |
| Kompostna juha (1 : 5 v/v) | 7,4 | 1,72                     | 56,7         |

Kompostna juha primijenjena je u organskom nasadu trešnje na tlo (3 l po stablu) i lišće (250 ml po stablu) u stadiju ružičastih pupova, nakon zametanja plodova i na početku dozrijevanja plodova. U organskim nasadima stolnoga grožđa primijenjena je samo na tlo u dozi od 1,5 l po čokotu pri duljini mladice od približno 15 cm te u stadijima nakon zametanja plodova i na početku dozrijevanja plodova<sup>3</sup>.



Slika 2. Proizvodnja kompostne juhe na eksperimentalnoj farmi talijanske istraživačke organizacije CREA-AA: 1. priprema vreće za ekstrakciju iz komposta; 2. ekstrakcija pomoću vode; 3. provjera električne vodljivosti i pH; 4. razrjeđivanje; 5. primjena u nasadu trešnje; 6. primjena u vinogradu<sup>2</sup>

Folijarna primjena kompostne juhe pogodovala je fotosintetskoj aktivnosti biljke jer je djelovala kao biostimulans čak više nego kao sredstvo za poboljšanje tla. Nadalje, primjenom komposta i kompostne juhe znatno se povećao udio šećera u stolnom grožđu, sorta Sophia bez koštica (17,40 ° Brix), i trešnji, sorta Lapins (22,81 ° Brix), u usporedbi s kontrolnim uzorkom (15,67 ° Brix odnosno 20,63 ° Brix) te se poboljšao status vode biljaka u usporedbi s kontrolnim uzorkom u uvjetima jakog stresa zbog nedostatka vode (< -1,5 MPa). Isti je učinak folijarne primjene kompostne juhe u vinovoj lozi zabilježen u Egiptu, uz poboljšanje udjela šećera i antocijanina<sup>4</sup>.

❖ *Primjena komposta od zelenog otpada*

U Francuskoj je proveden trogodišnji eksperiment u kojem je procijenjen učinak komposta od zelenog otpada (jednomjesečno kompostiranje) nanesenog na pjeskovito ilovasto tlo ispod trsova. Nakon godišnje primjene oko 126 t/ha zelenog otpada tijekom trogodišnjeg razdoblja udio organske tvari povećao se sa 1,6 % na 4,3 % na dubini 0 cm – 20 cm. Poboljšani su i drugi parametri kao što su omjer C : N, mikrobna biomasa i pH. Štoviše, primjena zelenog otpada znatno je povećala broj prikupljenih gujavica, uz prisutnost nekoliko ekoloških kategorija gujavica, u usporedbi s kontrolnim uzorkom (bez sredstava za poboljšanje).

Projekt OAD MO pokazao je i da je kompost zelenog otpada znatno poboljšao pH tla, sa 6,3 u kontrolnom uzorku na 6,6 i 6,9 u slučaju komposta od zelenog otpada odnosno komercijalnoga komposta.

❖ *Vermikompost: izravna suradnja s gujavicama*

Vermikompost su izlučevine određenih vrsta gujavica koje mogu poboljšati zdravlje tla i stanje hranjivih tvari. Izlučevine gujavica („vermicast“) hranjivo su organsko gnojivo bogato humusom, dušikom, fosforom i kalijem (NPK), mikronutrijentima i korisnim mikroorganizmima tla te bakterijama koje fiksiraju dušik, bakterijama koje otapaju fosfate, aktinomicetima i hormonima rasta kao što su auksini, giberelini i citokinini. Vermikompost i njegov tekući ekstrakt („vermiwash“) pospješuju rast i štite biljku<sup>5</sup>.

Vermikompost poboljšava rast i prinos usjeva, uz povećanje raznolikosti i aktivnosti antagonističkih mikroorganizama i nematoda, što pomaže u suzbijanju štetnika i bolesti uzrokovanih fitopatogenima koji se prenose tlom<sup>6</sup>.

**Rješenje dostupno na tržištu<sup>1</sup>**

Veraterra je biostimulans za pripremu tla tvrtke VERAGROW. Riječ je o složenoj formulaciji na bazi vermikomposta, dopunjenoj ekstraktima algi, koja ima višestruko djelovanje:

- ✓ Stimulira mikrofloru, uz povećanu enzimsku aktivnost u razgradnji organske tvari i znatno povećanje simbiotskih veza koje stimuliraju biljku
- ✓ Poboljšava fizičko-kemijska svojstva tla i kapacitet skladištenja hranjivih tvari, smanjujući gubitak vode i rizik od zakiseljavanja ili alkalizacije tla zahvaljujući puferskom djelovanju
- ✓ Poboljšava bioraspoloživost hranjivih tvari

<sup>1</sup> Veraterra je jedna od tehnologija/proizvoda koji su pobijedili na natječaju za priče o uspjehu (crowdfunding) namijenjenom privatnim tvrtkama koji je 2023. godine organizirao Climed-Fruit i kojem je cilj bio upoznati tradicionalne poljoprivrednike s najnovijim inovacijama koje promiču otpornost na klimatske promjene. [Sve pobjedničke tehnologije pogledajte ovdje.](#)



### 1.1.2. Malčiranje

Malč se uglavnom upotrebljava za suzbijanje korova ili održavanje vlažnosti tla (za više pojedinosti vidi podteme 2 i 3). Izrađuje se od različitih vrsta prirodnih materijala, pa ima i popratni učinak da nakon raspadanja poboljšava zdravlje tla.

U dva nasada agruma u obalnoj nizini u španjolskoj Valenciji ocijenjen je učinak malčiranja rižinom slamom uz obradu bez oranja na parametre zdravlja tla, uključujući organski ugljik u tlu (SOC). Oba su nasada reprezentativna za polusušnu mediteransku klimu s vrućim ljetima u nizinama<sup>7</sup>. Malč od slame četverostruko je snizio temperaturu tla i pogodovao rastu korijena, a potaknuo je i razvoj makrofaune u tlu. Ispod malča od slame makroporoznost je bila između dva i 14 puta veća, a masena frakcija organskog ugljika u tlu povećana je 10 % više nego u nepokrivenom tlu. Međutim, korisni učinci malčiranja slamom na zdravlje tla ograničeni su nakon tri godine postupka. Preporučuje se dodavanje organskih gnojiva i/ili sredstava za poboljšanje uz postupak površinskog oranja<sup>7</sup>.

Pokazalo se da malčiranje slamom oko novozasađenih višegodišnjih usjeva poboljšava rast biljke, smanjuje smrtnost i povećava brzinu oporavka<sup>8</sup>. U ispitivanju u Francuskoj posađene su cijepljene voćke jabuke bez navodnjavanja, i to na dva načina: jedan dio uz malčiranje, a drugi uz okopavanje i gnojenje sa 60 jedinica dušika godišnje. U vrijeme rasta mladica parcela koja je bila malčirana



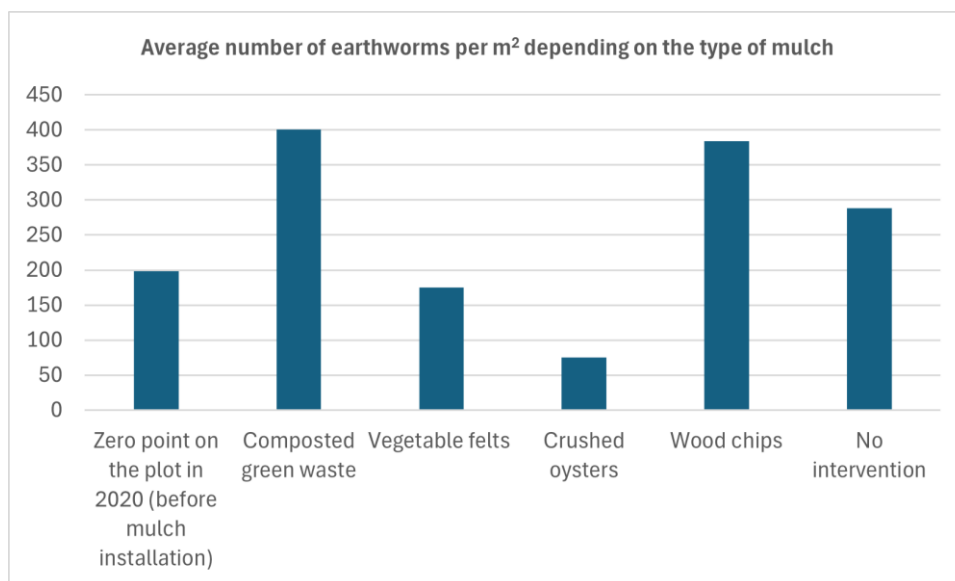
imala je stopu smrtnosti 12 %, dok je na okopanoj i nagnjenoj parceli ona bila 20 %. Krajem kolovoza izmjeren je rast plemke. U kontrolnoj skupini duljina mladica bila je u prosjeku 18 cm, dok je u malčiranoj skupini, koja nije bila gnojena, bila u prosjeku 27,5 cm. To se povećanje rasta često primjećuje, osobito u dobro dreniranom tlu ili u lošim uvjetima tla<sup>8</sup>.

Projektom VITIMULCH na jugu Francuske tijekom tri godine, između 2020. i 2023., ispitane su različite vrste malča ispod trsova vinove loze. Unutar reda (ispod trsova) nanášeni su različiti materijali: drobljene lúske kamenica, kora drveta, drvena sječka, kompostirani zeleni otpad, mladice vinove loze, tkanina od jute, konoplje, kokosa itd., kako je prikazano na slici 4. Svaka vrsta malča postavljena je na visinu od oko 15 – 20 cm i širinu od 60 cm.



*Slika 4. Različite vrste malča ispod trsova u vrijeme nanošenja u okviru projekta VITIMULCH, Gaillac, Francuska*

Različiti malčevi poboljšali su fizička i kemijska svojstva tla i povećali razinu vlažnosti tla (vidi podtemu 3). Primjerice, trogodišnja primjena drvene sječke unutar reda poboljšala je organsku tvar u tlu s 1,8 % na 2,5 % i pozitivno utjecala na broj gujavica u usporedbi s redovima plijevljenim kemijskim sredstvima. Početni rezultati prikazani na slici 5. pokazali su utjecaj različitih vrsta malča na gujavice u tlu nakon raspadanja.



Slika 5. Brojnost gujavica (prosječan broj na m<sup>2</sup>) s obzirom na vrstu malča. Slijeva nadesno: polazna točka na parceli u 2020. godini (prije nanošenja malča), kompostirani zeleni otpad, tkanine biljnog podrijetla, drobljene kamenice, drvena sječka, bez intervencije – projekt VITIMULCH

## 1.2. Ostaci i nusproizvodi usjeva

### 1.2.1. Primjena ostataka od rezidbe

Proizvođači agruma nekada su spaljivali ostatke od rezidbe, ali ta je praksa sada ograničena jer uzrokuje rizike za okoliš i moguće rizike za zdravlje ljudi te pridonosi emisijama CO<sub>2</sub>. Preporučuje se da se ostaci od rezidbe agruma nanese tako da pokriju najmanje 30 % površine tla u međurednom prostoru (50 % za stabla kao što su masline ili bademi). Nanošenjem ostataka na površinu tla stvara se zaštitni sloj koji smanjuje eroziju i održava vlažnost tla jer smanjuje isparavanje vode. Osim toga, dolazi do povećanja organske tvari u tlu i stvaranja ugljika u tlu. Također pruža utočište za životinje. Projekt melioracije tla i poboljšanja rasta biljke obogaćenim ostacima od rezidbe ispravno je pokazao da je primjenom usitnjenih ostataka od rezidbe agruma, obogaćenih travom i mahunarkama koje se uzgajaju kao pokrovni usjevi, udvostručena biološka aktivnost u tlu u usporedbi s kontrolnim uzorkom, potaknuto skladištenje vode u tlu i povećano skladištenje organskog ugljika u tlu. Pokus je pokazao pozitivan utjecaj ponovne primjene ostataka od rezidbe u polju umjesto njihova uklanjanja ili spaljivanja.

Osim toga, operativna skupina [OG Carbocert](#) ocijenila je koristi od primjene ostataka od rezidbe u vinogradima i nasadima agruma, maslina i badema njihovim razastiranjem po površini tla u međurednom prostoru. Kako bi se to pravilno provelo, ostaci se prije razastiranja moraju isjeckati ili usitniti (slika 6.). Isjeckani ili usitnjeni ostaci moraju biti dovoljno mali da se spriječi nastanak gruda u kojima se mogu gnijezditi štetnici, da se ne ometaju drugi postupci u voćnjaku/vinogradu (obrađivanje, sjetva itd.) i da se olakša razgradnja ostataka. Spora razgradnja znači da se ugljik uvodi postupno i tijekom duljeg razdoblja, što može povećati sadržaj organskog ugljika u površinskim slojevima tla za 60 %. Kada se ti postupci kombiniraju s malčiranjem, povećanje doseže 73 % (rezultati za vinogradarstvo). U voćnjacima je operativna skupina [OG Carbocert](#) procijenila potencijal sekvestracije ugljika na gotovo 1,5 t/ha godišnje.





Slika 6. Gospodarenje pokrovom od ostataka od rezidbe u nasadu agruma (fotografija: LIFE Low Carbon Feed) i usitnjavanje prije nanošenja u trakama

### 1.2.2. Recikliranje nusproizvoda usjeva

#### ❖ Ponovna primjena lupine i ljuske badema

Recikliranjem lupine i ljuske badema (slika 7.) kao organskih sredstava za poboljšanje tla u nasadima poboljšava se mikrobna biomasa i aktivnost tla te promiče zdravlje tla, ciklus hranjivih tvari i skladištenje ugljika. Rezultati terenskog ispitivanja provedenog u Kaliforniji na navodnjavanom ilovastom tlu pokazali su da je dodavanjem lupina/ljuski znatno povećana mikrobna biomasa s bakterijama i gljivicama u usporedbi s kontrolnim uzorcima<sup>9</sup>. Taj je organski sloj pogodovao raznolikim mikrobnim zajednicama i poboljšao multifunkcionalnost i mikrobnu aktivnost u tlu. Unutar godine dana razgradilo se 45 % lupina i ljuski, čime se omjer C:N u njima smanjio s 53:1 na 29:1, bez negativnog utjecaja na stanje dušika voćaka ili prinos. Osim toga, gustoća biomase bademova korijena udvostručila se u tlima koja su poboljšavanja, potvrđujući ulogu organskog sloja u poticanju rasta korijena i poboljšanju uvjeta tla.



*Slika 7. Tretmani lupinama i ljuskama u količini 2,5 tona po hektaru (vrh) i ljuskama u količini 2,5 tona po hektaru (dno) na lokaciji u okrugu Merced 2017. godine tijekom ožujka (lijevo), travnja (sredina) i srpnja (desno). Izvor:<sup>10</sup>*

#### ❖ *Primjena otpadnih voda: primjer iz vinogradarstva*

U projektu [WETWINE](#) razvijena je tehnologija primjene otpada iz proizvodnje vina koja predstavlja alternativu pročišćavanju mulja, uz niske troškove ugradnje i minimalne energetske potrebe. Otpadna voda iz proizvodnje vina prolazi kroz anaerobni hidrolitički digestor, u kojem se odvija početno pročišćavanje. Tekući dio zatim se šalje u umjetne potpovršinske močvare (*subsurface flow constructed wetlands*, SSCW) zasađene trskom s vodoravnim ili okomitim protokom. Kruti dio odlazi u močvaru za obradu mulja radi anaerobne stabilizacije, a mulj se može reciklirati kao organsko sredstvo za poboljšanje tla u vinogradima u okviru kružnoga gospodarstva. Sastav dobivenog mulja vrlo je promjenjiv i ovisi o lokalnim agroklimatskim uvjetima i podrijetlu mulja.

Tehnologija je pokazala da je mulj od proizvodnje vina bezopasan i da se može lako, ekonomično i ekološki primijeniti u vinogradu. Međutim, ima manje izražen utjecaj na kvalitetu tla od komercijalnih poboljšivača tla koji sadrže više hranjivih tvari. Prije provedbe opsežnih ispitivanja potrebne su daljnje studije i opsežna ugradnja.

### 1.3. Biougljen

Biougljen, tvar na bazi ugljika dobivena pirolizom organskog otpada, obećavajuća je strategija u povećanju sadržaja ugljika u tlu u mediteranskim područjima. Biougljen je uključen u Uredbu EU-a o gnojivima<sup>11</sup> i odobren za primjenu u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji<sup>12</sup>. U Španjolskoj je primjenom 100 t/ha biougljena (20 t/ha godišnje) povećan ukupni sadržaj organskog ugljika (TOC) za 10 – 30 g/kg, a u drugom pokusu TOC se nakon primjene 60 t/ha biougljena kroz dvije godine udvostručio. U Italiji je nakon dvije godine primjene biougljena zabilježeno povećanje dostupnog sadržaja vode u tlu (3,2 % / 45 % pri dozama primjene od 16,5 odnosno 33 t/ha) i vodnog potencijala lišća (24 % do 37 %) tijekom suša. Osim toga, prinos grožđa po čokotu znatno se povećavao tijekom četiriju godina nakon prve primjene biougljena, u rasponu od 16 % do 60 %. Utvrđeno je da je učinak biougljena na prinos veći u godinama s najnižim padalinama, što upućuje na to da biougljen štiti biljku od stresa zbog nestašice vode<sup>13</sup>.

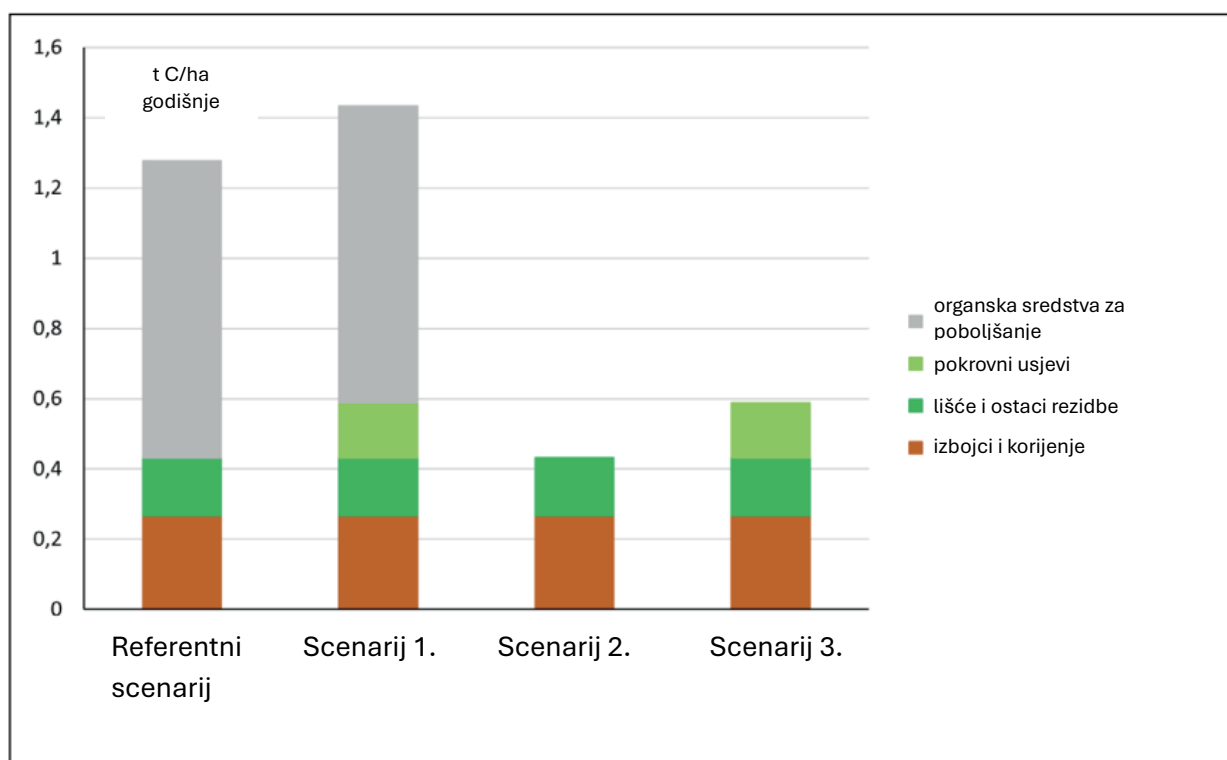
### 1.4. Usporedba različitih sredstava za poboljšanje s obzirom na skladištenje ugljika u tlu

U [projektu OAD MO](#) osam su godina provedeni pokusi u vezi s primjenom organskih tvari na vinogradarskim tlima, uključujući kompost zelenog otpada, komercijalni kompost, kompost od kome i pokrovne usjeve. Rezultati pokazuju da se organskim tvarima povećava udio ugljika i organskih tvari u tlu, iako postoje znatne razlike među različitim vrstama ispitanih organskih tvari zbog sporog razvoja razina ugljika u tlu i heterogenosti raspodjele ugljika. Organska sredstva za poboljšanje osiguravaju i minerale kao što su dušik, fosfor, kalij, kalcij i magnezij, koji su dostupni vinovoj lozi srednjoročno do dugoročno. Podaci su upotrijebljeni za određivanje parametara i validaciju modela AMG za vinogradarstvo, kojim se izračunavaju promjene zaliha organskog

ugljika kroz dulje vrijeme. Razvijen je prototip alata za simulaciju kako bi se uzgajivačima osigurao alat za potporu pri donošenju odluka. Simulacije razvoja zaliha ugljika za različite scenarije uzgojne prakse, počevši od početnog stanja, provedene su na različitim vinogradima i uz različita stanja tla. Analizirana su tri scenarija za studijski slučaj vinograda Languedoc s kamenitim aluvijalnim tlom tipičnim za Costières de Nîmes:

- referentni scenarij: mehaničko plijevljenje svih međurednih prostora i unos komposta zelenog otpada (25 tona svake četiri godine, 36 % organske tvari, indeks stabilnosti organske tvari 60)
- 1. scenarij: privremeni pokrovni usjev u svim međurednim prostorima, primjena 25 tona komposta zelenog otpada svake četiri godine (36 % organske tvari, indeks stabilnosti organske tvari 65) i ostavljanje ostataka od rezidbe na tlu
- 2. scenarij: mehaničko plijevljenje i ostaci od rezidbe
- 3. scenarij: ostaci od rezidbe i privremeni pokrovni usjevi u svakoj traci.

Ta je simulacija pokazala da je sadržaj ugljika u tlu dobiven dodavanjem organskih tvari za poboljšanje (kompost zelenog otpada) mnogo veći od sadržaja dobivenog travnatim pokrovom (oko pet puta veći) (slika 8.). Model AMG predviđao je povećanje zaliha ugljika u tlu od 2 t/ha nakon otprilike 15 godina primjene privremenog travnatog pokrova. Osim toga, primjena organskih tvari za poboljšanje mogla bi znatno povećati zalihe ugljika u tlu za 10 i 15 t C/ha do 2050. godine.



Slika 8. Rezultati simulacije s upotrebom OAD MO (alat za potporu odlučivanju o organskim tvarima) u vinogradu Languedoc<sup>14</sup>



## 2. POKROVNI USJEVI I SMANJENA OBRADA U VIŠEGODIŠNJIM NASADIMA RADI POBOLJŠANJA KVALITETE TLA

Kako bi se povećala sekvestracija organskog ugljika u tlu (SOC) u mediteranskom području, pri odabiru pokrovnih usjeva i njihovu gospodarenju u višegodišnjim nasadima moraju se uzeti u obzir čimbenici kao što su plodnost tla, sastav zajednice biljaka, metoda terminacije pokrovnog usjeva, gospodarenje ostacima i režim narušavanja tla. Osim toga, potencijal pokrovnih usjeva ovisi o klimatskim promjenama, promjenama u upravljanju i promjenama u mikrobnjoj zajednici.

### 2.1. Travnati pokrov

#### 2.1.1. Upravljanje prirodnim trajnim pokrovom u nasadima badema

Cilj je trajnog travnatog pokrova, prirodnog ili zasijanog, održavanje i njega biljnog pokrova u međurednom prostoru. Operativna skupina [OG CARBOCERT](#) ispitala je primjenu te prakse u nasadima badema u Španjolskoj kako bi procijenila njezin utjecaj na tlo i osigurala stručne savjete. Nadjelotvornija praksa sekvestracije ugljika u tlu prirodni je pokrovni usjev, uz preporuku da se za njegovo održavanje upotrebljavaju uglavnom alati za rezanje (kosilice, flakserice, čistači šikare) ili vrlo plitko oranje i da se na površini uvijek ostave ostaci bilja. Iste vrste gospodarenja preporučuju se i za suzbijanje korova unutar reda, a mogu se radi veće učinkovitosti kombinirati s malčiranjem – ostacima od košnje samog pokrova (slika 9.) ili vanjskim materijalom (pri čemu prednost treba dati malču iz prirodnih i lokalnih izvora). Za kontrolu nad pokrovom u svim višegodišnjim nasadima (uključujući masline, kao što je prikazano na slici 9.) mogu se upotrebljavati ovce i koze, a time se osiguravaju i dodatne hranjive tvari za tlo. Ispaša je preporučljiva samo u zimskom stanju mirovanja jer one brste i donje grane voćaka.



Slika 9. Prirodni vegetacijski pokrov koji se održava košnjom u nasadima badema (lijevo) i ovce koje se upotrebljavaju za kontrolu pokrova u masliniku – [OG CARBOCERT](#)

Kako bi se ograničilo natjecanje za vodu i hranjive tvari, najučinkovitiji su pokrovi oni s drukčijim vegetativnim ciklusom od ciklusa badema. Takav bi pokrov trebao biti uspostavljen između faze mirovanja badema i početka cvjetanja i po mogućnosti prirodno usahnuti od diferencijacije cvjetnih pupova do razdoblja nakon berbe. Kako bi se osigurao najpovoljniji sastav prirodnog

pokrova, košnja se može planirati tako da se potakne prirodno samozasijavanje željenih vrsta i spriječi cvjetanje neželjenih vrsta.

#### 2.1.2. Travnati pokrov unutar reda

Primjena prirodnog travnatog pokrova jednostavan je postupak, a upotrebom zasijanog travnatog pokrova ili travnih busena može se djelotvornije kontrolirati natjecanje za vodu i hranjive tvari odabirom odgovarajućih vrsta, sorti ili mješavina. Pokus koji je na vinovoj lozi proveo IFV pokazao je da su u prvih nekoliko godina mješavine na bazi trava iz roda smilica (*Koeleria*) imale najmanji utjecaj na vitalnost loze. Kad je riječ o prirodnom travnatom pokrovu, njegov je utjecaj na vinovu lozu tijekom godina bio u porastu, usporedno sa stopom pokrivenosti unutar reda. Uvođenje mahunarki jedno je od rješenja koje se trenutačno ispituje u svrhu kontrole nad natjecanjem za dušik.

Operativna skupina OG [IOCONCIV](#) proučavala je u Toskani, u Italiji, uporabu pokrovnog usjeva koji se sam rasijava unutar reda vinove loze. Kao trajni pokrov zasijan unutar reda odabran je *Trifolium subterraneum* ssp. *brachycalycinum* (podzemna detelina) zbog sposobnosti samorasijavanja koja omogućuje različite cikluse tijekom 3 – 4 godine. Podvrsta *brachycalycinum* razvila se tako da podnosi suha tla i prikladnija je za subalkalna, praškasta ilovasta tla. Biomasa djeteline služi kao živi malč u jesen, zimu i proljeće i pretvara se u neživi malč ljeti, smanjujući natjecanje s vinovom lozom za vodu i hranjive tvari te stres zbog suše, zahvaljujući pokrivenosti tla tijekom ljeta. Krajem ljeta spontano klijanje sjemena djeteline pokreće novi biološki ciklus unutar reda, nudeći prednosti kao što su suzbijanje izbijanja korova i poboljšanje plodnosti tla.

## 2.2. Zelena gnojidba i međuusjevi

Zelena gnojidba biljni je pokrov koji proizvodi biomasu i vraća se u tlo poboljšavajući njegovu plodnost i strukturu ako se natjecanje za vodu i hranjive tvari drži pod kontrolom. To je zahtjevno, ali može biti iznimno korisno za siromašna mediteranska tla. Za pravilnu primjenu ove prakse važno je vrijeme i način uklanjanja tih usjeva te izbor biljnih vrsta. Zelena gnojidba može utjecati na opskrbu usjeva dušikom, čime se ograničava primjena ulaznih resursa<sup>15</sup>.

Međuusjevi uključuju uzgoj dvaju ili više usjeva jednih pokraj drugih. Krajnji je cilj međuusjeva povećanje prinosa po hektaru i jedinici, a to je moguće boljom uporabom resursa u tlu koje bi inače trošio jedan usjev. Uzgajivač može odabrati usjeve za žetvu: sve, neke ili nijedan.

### 2.2.1. Primjer zelene gnojidbe u mediteranskom vinogradu

Tijekom pokusa provedenog u jednom vinogradu u Francuskoj izmjereno je da je oko 62 % ugljika u biomasi završenog ciklusa zelenog gnojiva mineralizirano, dok je ostatak klasificiran kao „stabilan“ ugljik, označen indeksom stabilnosti organske tvari (OMSI)<sup>16</sup>. OMSI je mjera potencijala proizvoda da skladišti ugljik u tlo, izražena kao postotak organske tvari proizvoda. Ako je vrijednost OMSI bliža 100 %, to upućuje na to da će ugljik iz zelenoga gnojiva ostati u tlu tijekom duljeg razdoblja. Provedeni su izračuni kako bi se odredio teorijski kapacitet skladištenja ugljika u zelenim gnojivima. Na primjer, zelena gnojidba s 4 tone suhe tvari/ha (zasijane u svim međurednim prostorima) predstavlja 1600 kg C/ha, tj. 608 kg stabilnog ugljika po hektaru (OMSI 38 %). U slučaju zelenoga gnojiva zasijanog u svakom drugom redu potencijalno skladištenje ugljika iznosi 200 kg/ha, tj. 50 kg C/t suhe tvari. To skladištenje ugljika vrlo malo varira, ovisno o vrsti zelenoga gnojiva, jer sve imaju isti indeks stabilnosti organske tvari<sup>16</sup>.

U mediteranskim će se uvjetima što ranijom sjetvom usjeva za zelenu gnojidbu (krajem kolovoza i početkom rujna) osigurati da sadnice budu dobro razvijene do obilnih kiša u jesen kako bi se smanjila erozija te spriječilo da lišće vinove loze bude otpuhnuto (ono je izvor prehrane tla). U mediteranskim je uvjetima preporučljiva gusta sjetva (za sve vrste) i odabir dobro diversificirane mješavine (mahunarke, trave, kupusnjače) kako bi se osigurala održivost pokrova s rotacijom dominantnih vrsta.

Izbor metode terminacije usjeva za zelenu gnojidbu ovisi o ciljevima. Usitnjavanjem ili košnjom u proljeće uništava se nadzemna masa i omogućuje njezino sušenje. Košnja ili valjanje mogu biti korisni za malčiranje i održavanje tla bez kemijskog uništavanja korova ili oranja. U mediteranskim se uvjetima preporučuje terminacija pokrovnog usjeva u rano proljeće kako bi se izbjeglo prekomjerno natjecanje za vodu i potaknula mineralizacija pokrovnog usjeva nakon prekidanja.

### 2.2.2. Ispunjavanje ciljeva inicijative „4 per 1000“ u maslinicima putem međuusjeva

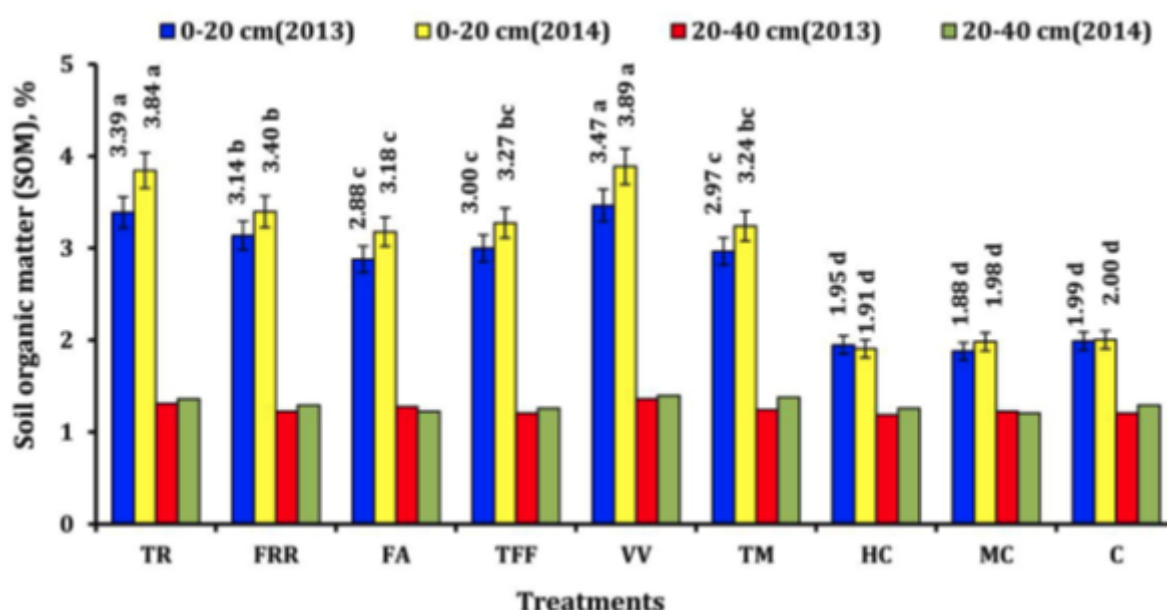
U projektu [DIVERFARMING](#) provedena je trogodišnja studija u tradicionalnom nasadu maslina u južnoj Španjolskoj koji se navodnjava samo oborinama, sa sadnjom u trakama uz minimalno oranje u usporedbi s konvencionalnim oranjem, s naglaskom na organski ugljik u tlu i kvalitetu tla. Ispitane su tri strategije međuusjeva — *Crocus sativus*, šafran (D-S), *Vicia sativa* (obična grahorica) i *Avena sativa* (zob) u rotaciji (D-O) te *Lavandula x intermedia*, lavandin (D-L) — u usporedbi s kontrolnim uzorkom s konvencionalnim oranjem. Međuusjevima je povećan sadržaj organske tvari u površinskom tlu (0 – 10 cm) za 41,1 % (D-S), 28,5 % (D-O) odnosno 30,5 % (D-L).

Nisu uočene bitne razlike u indeksima kvalitete tla, ali međuusjevima je ispunjen cilj inicijative „4 per 1000“, uz godišnji porast ugljika u tlu po hektaru od 80 % (D-S), 87,4 % (D-O) odnosno 86,4 % (D-L). To potvrđuje potencijal međuusjeva u povećanju skladištenja ugljika i poboljšanju održivosti tla u kratkom roku<sup>17</sup>.

### 2.2.3. Usporedba pokrovnih usjeva i njihovih učinaka na tlo u nasadima trešnje i badema

U nasadu trešnje s glinovitim tlom u sjevernoj regiji Turske dvije su godine proučavani učinci različitih pokrovnih usjeva, mehaničke obrade tla i primjene herbicida na sadržaj organske tvari u tlu i fizička svojstva tla<sup>18</sup>.

Kao pokrovni usjevi primijenjeni su *Trifolium repens* L., bijela detelina (TR), *Festuca rubra* subsp. *rubra*, crvena vlasulja (FRR), *Festuca arundinacea*, visoka vlasulja (FA), mješavina *T. repens* (40 %) + *F. rubra* (30 %) + *F. arundinacea* (30 %) (TFF), *Vicia villosa*, dlakava grahorica (VV) i *Trifolium meneghinianum*, Meneghinijeva djetelina (TM). Pokrovni usjevi košeni su u razdoblju cvatnje. Nakon 90 dana od berbe sjemena na svakoj su parceli prikupljeni uzorci tla na dvjema dubinama (0 – 20 cm i 20 – 40 cm). TR i VV povećali su udio organskih tvari u tlu na dubini tla 0 – 20 cm u usporedbi s neobrađenim kontrolnim parcelama (slika 10.)<sup>18</sup>.

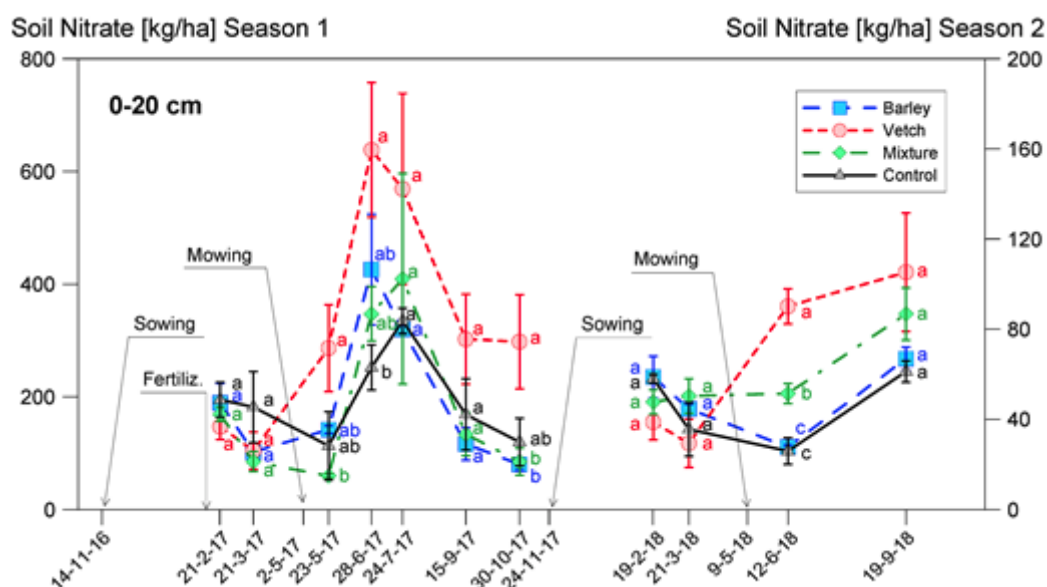


Slika 10. Utjecaj pokrovnih usjeva i drugih tretmana na organske tvari u tlu (SOM) na dubini tla 0 – 20 cm i 20 – 40 cm u nasadu trešnje s glinovitim tlom. *Trifolium repens* L. (TR), *Festuca rubra* L. (FRR), *Festuca arundinacea* (FA), mješavina *T. repens* (40 %) + *F. rubra* (30 %) + *F. Arundinacea* (30%) (TFF), *Vicia villosa* (VV), *Trifolium meneghinianum* (TM), mehanički obrađena parcela (MC), primjena herbicida (HC) i kontrolna parcela (C)<sup>18</sup>

Terenski pokus tijekom dviju sezona proveden je i u Cordobi, u Španjolskoj, na 10-godišnjim stablima badema sorte Guara koja su navodnjavana kap po kap kako bi se ispitao dušik u tlu i potencijal sekvestracije ugljika triju zasijanih pokrovnih kultura (ječam, maljava grahorica i mješavina 65 % ječma i 35 % grahorice) te kontrolne parcele s prirodnom florom. Glede plodnosti

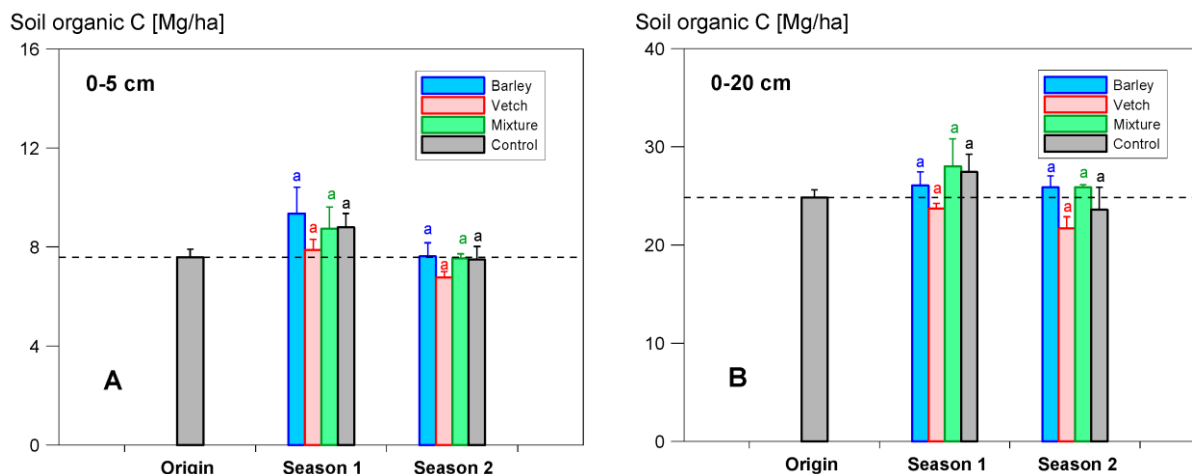


tla u smislu nitrata u tlu, najbolji su rezultati uočeni za grahoricu (slika 11.) kod koje se sadržaj nitrata u tlu povećao za više od 35 %, dok su mješavina i ječam pokazali veći potencijal sekvestracije ugljika, povećavajući organski ugljik u tlu za više od 1,0 mg/ha tijekom razdoblja ispitivanja (slika 12.).<sup>19</sup>



Slika 11. Sadržaj nitrata u tlu na dubini tla 0 – 20 cm tijekom dviju sezona praćenja.

Ječam (plavi kvadrat), grahorica (crveni kružić), mješavina (zeleni romb), kontrolna parcela (crni trokut)<sup>19</sup>



Slika 12. Organski ugljik u tlu na početku i na kraju pokusa tijekom razdoblja ispitivanja na dubini tla 0 – 5 cm (A) i 0 – 20 cm (B)<sup>19</sup>

### 2.3. Konzervacijska obrada

*Konzervacijska obrada odnosi se na skup agrotehničkih postupaka koji su usmjereni na smanjenje narušavanja tla, održavanje organske tvari i smanjenje erozije, uz istodobno poboljšanje infiltracije i zadržavanja vode. Konzervacijska obrada ide ruku pod ruku s gore navedenom praksom pokrovnih usjeva. Može se sažeti u tri ključna načela:*

- 1) Minimalno narušavanje tla: ograničava učestalost i dubinu oranja kako bi se izbjeglo narušavanje strukture tla i mikrobiološke aktivnosti.*
- 2) Pokrov tla: tlo je uvijek pokriveno ostacima usjeva, pokrovnim usjevima ili prirodnom vegetacijom kako bi se spriječila erozija i zadržala vlaga.*
- 3) Plodored ili pokrovni usjevi: potiču bioraznolikost, poboljšavaju kruženje hranjivih tvari i smanjuju pritisak štetnika i bolesti.*

Oranje utječe na bakterijske zajednice u tlu, smanjujući organske tvari u tlu kao izvor ugljika i hranjivih tvari, mijenjajući vlažnost i temperaturu tla te smanjujući udio stabilnih makroagregata koji osiguravaju pogodno mikrostanište za bakterije<sup>20</sup>. Ranije su studije pokazale da se smanjenim oranjem znatno povećava udio organskih tvari u tlu na dubini 0 – 10/30 cm u usporedbi s konvencionalnim oranjem, neovisno o klimatskim uvjetima, tipu tla i sustavu uzgoja<sup>21</sup>.

Što je oranje intenzivnije, tlo je siromašnije. [Projekt GASCOGN'INNOV](#) pokazao je da se smanjenjem intenziteta oranja i produljenjem trajanja biljnog pokrova može povećati brojnost svih organizama koji su bili predmet studije (gujavice, nematode, bakterije i gljivice), iako ne nužno i njihova raznolikost.

## 3. AGROŠUMARSTVO I ŽIVICE ZA SKLADIŠTENJE UGLJIKA I OČUVANJE TLA

Drveće i živice imaju ključnu ulogu u oblikovanju plodnosti tla i skladištenja ugljika jer djeluju kao "hvatači" ugljika, apsorbirajući atmosferski CO<sub>2</sub> fotosintezom i pohranjujući ga u svojoj biomasi (drvo, korijenje, lišće) i tlu kroz korijenske sustave i organske tvari.

### 3.1. Agrošumarstvo

Višegodišnji usjevi i postupci gospodarenja kao što su neoranje, malčiranje ostacima, prošireni plodored i pokrovni usjevi strategije su koje mogu pridonijeti zalihama ugljika u tlu u mediteranskim područjima, pridonoseći smanjenju emisija stakleničkih plinova u poljoprivredi. Zahvaljujući kombinaciji nekih od tih svojstava, agrošumarski sustavi imaju velik potencijal ublažavanja emisija sekvestracijom ugljika. Od agrošumarskih sustava na Pirenejskom poluotoku, u južnoj Europi, od velike su važnosti *montado* u Portugalu i *dehesa* u Španjolskoj. Uglavnom se sastoje od višenamjenskih stabala kao što su kesten (*Castanea* spp.), hrast (*Quercus* spp.) i maslina (*Olea europaea* L.) s podstojnom vegetacijom kao što su pašnjaci za ekstenzivnu ispašu stoke (ovce, crne svinje i goveda), obično u sustavu rotacije<sup>22</sup>.

Za mediteranske agrošumarske sustave općenito je svojstvena niska plodnost tla. Ograničeni su plitkom dubinom tla i niskom dostupnošću vode i hranjivih tvari, što rezultira prirodnim

pašnjacima slabe produktivnosti i kvalitete. Nakon što su uočili nisku produktivnost pašnjaka, uzgajivači na Pirenejskom poluotoku počeli su ih zasijavati mješavinama bogatim mahunarkama (slika 13.), što je pridonijelo istodobnom povećanju produktivnosti pašnjaka i koncentracije organskog ugljika u tlu te spriječilo degradaciju tla<sup>22</sup>.



*Slika 13. Djelomičan pogled na portugalski agrošumarski sustav sa Quercus sp. i bioraznolikim pašnjakom<sup>22</sup>*

Uz stabla, trajni pašnjaci (prirodni ili meliorirani) osiguravaju i brz način skladištenja ugljika u tlu, stvarajući znatno veću količinu organskog ugljika u sloju tla dubine 0 – 10 cm ispod krošnje stabala i na neupravljanim (2,4 kg C/m<sup>2</sup>) i na melioriranim (3,1 kg C/m<sup>2</sup>) španjolskim pašnjacima (1,8 odnosno 2,1 kg C/m<sup>2</sup> na prirodnim i melioriranim pašnjacima)<sup>23</sup>.

### 3.2. Živice od stabala i grmlja

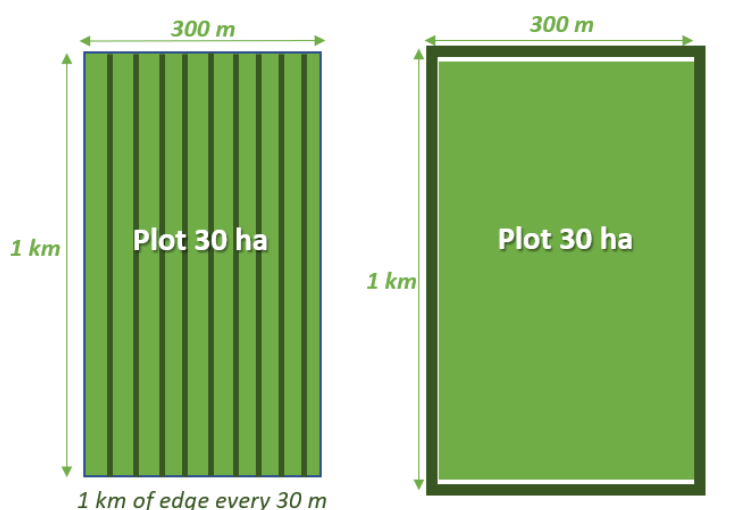
Živice od stabala i grmlja često su mjesto na kojem se susreću različiti ekosustavi, npr. šuma i poljoprivredno zemljište. Za ta je područja često svojstvena povećana bioraznolikost i veća brzina razmjene hranjivih tvari. U mediteranskom području živice od stabala i grmlja između šumskog zemljišta, šikara i polja mogu djelovati kao dinamične zone za kruženje hranjivih tvari, zadržavanje vode, akumulaciju organske tvari i zaštitu od vjetra, stoga imaju slične učinke na očuvanje tla kao i prethodno opisano agrošumarstvo. Živice od stabala i grmlja ujedno mogu smanjiti otjecanje, a time i gubitak organske tvari zbog erozije tla. Na temelju pregleda literature<sup>24</sup> živice od stabala i grmlja pridonose dodatnom skladištenju ugljika od 750 kg C/ha po živici godišnje. Međutim, zbog nedostatka prostora općenito je teško uspostaviti takvu živicu ako je već zasađen vinograd ili voćnjak. U takvim se slučajevima preporučuje sadnja manjih živica od grmlja duž granica parcele.

### 3.2.1. Simulacija skladištenja ugljika živicama od grmlja u vinogradarstvu

Skladištenje ugljika povezano sa sadnjom živica od grmlja oko parcela s vinovom lozom može se procijeniti pomoću kalkulatora ugljikova otiska.

Naprimjer, na razini poljoprivrednog gospodarstva, svaka se vinogradarska parcela može uokviriti mješovitim živicama od stabala i grmlja i razbiti sadnjom živica od grmlja unutar parcele. Mješovite živice od stabala i grmlja veće su od živica od grmlja. Sadrže visoka stabla te visoko i nisko grmlje koji tvore visok i srednji sloj. Izbor vrsta ovisit će o vrsti tla i klimatskim uvjetima. U ovoj je simulaciji razmatrana velika parcela od 30 hektara, s posađenih 2600 dužnih metara mješovite živice od stabala i grmlja, što iznosi 90 dužnih metara po hektaru. Osim toga, na svakih 60 metara posađene su živice od grmlja između redova vinove loze, što iznosi 150 dužnih metara živice unutar parcele po hektaru. Tako imamo visoke, voluminozne živice od stabala i grmlja oko parcele i manje živice od grmlja izmiješane s vinovom lozom unutar parcele.

- Skladištenje ugljika mješovite živice od stabala i grmlja oko parcele od 90 dužnih metara po hektaru: 280 kg ekvivalenata CO<sub>2</sub>/ha godišnje (izračunano pomoću [alata GES&VIT koji je razvio IFV](#)).
- Skladištenje ugljika u živicama od grmlja koje se izmjenjuju s redovima vinove loze radi razbijanja parcele, 150 dužnih metara po hektaru: 330 kg ekvivalenata CO<sub>2</sub>/ha godišnje.



Slika 14.: Lijevo – živice od grmlja unutar parcele: za 30 ha postoji živica svakih 30 m, tj. 150 dužnih metara/ha živica unutar parcele

Desno – živice od stabala i grmlja oko parcele: za 30 ha postoji perimetar od 2600 dužnih metara živice, tj. 90 dužnih metara živice oko parcele po hektaru (interni izvor)

Te su vrijednosti skladištenja izračunane na temelju podataka francuskog certifikacijskog sustava „Label Bas-Carbone“ (standard niskih emisija ugljika) za izračun emisija iz živica i ADEME-ova projekta Carbocage<sup>25</sup>.

Dobro je znati:



**Pregled podtema –**

*Podtema 1: Očuvanje tla i skladištenje ugljika*



- ✓ *Treba dati prednost orijentaciji sjever – jug kako bi se ograničila i neutralizirala sjena stabala i grmlja na vinovoj lozi.*
- ✓ *Ostaviti razmak od najmanje 3 do 4 metra između živice i reda vinove loze.*

**PODTEMA 2**  
**POVEĆANJE**  
**OTPORNOSTI NA**  
**KLIMATSKE NEPOGODE**



## PODTEMA 2

### Povećanje otpornosti na klimatske nepogode

#### 1. OTPORNOST NA EKSTREMNU SUŠU I TOPLINSKE VALOVE

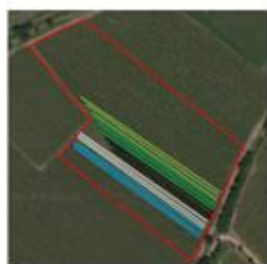
Analiza temperaturnih kretanja u proteklih 120 godina potvrdila je da se mediteranski bazen zagrijava oko 20 % brže od globalnog prosjeka<sup>1</sup>. Taj trend uzrokuje stvarnu i ozbiljnu štetu na mediteranskim višegodišnjim usjevima jer dovodi do smanjenja produktivnosti i kvalitete voćaka. Situacija zahtijeva hitno djelovanje u smislu razvoja strategija adaptacije / prilagodbe u kojima se kombiniraju održivi poljoprivredni postupci i ulaganje u infrastrukturu otpornu na klimatske promjene (kao što su mreže za zasjenjivanje i biljni materijal otporan na sušu).

##### 1.1. Mreže za zasjenjivanje

Mreže za zasjenjivanje štite višegodišnje usjeve od ekstremne suše i toplinskih valova. Troškovi njihova postavljanja mogu biti znatni, ali one štite i od tuče, te općenito smanjuju osjetljivost na klimatske nepogode.

[Projekt VITISAD](#) u oblasti vinogradarstva pokazao je da mreže za zasjenjivanje smanjuju izloženost ožegotinama od sunca jer ublažavaju zračenje i odgađaju dozrijevanje grožđa za pet dana, čime se poboljšava kvaliteta vina. Mreže su utjecale i na parametre zrelosti bobica: niži sadržaj šećera i veću kiselost, veći sadržaj dušika koji se može asimilirati u moštu za približno 20% i manje spojeva boja i fenola u crnim vinima. Štoviše, vinova loza s mrežama bila je pod manjim opterećenjem zbog nedostatka vode. [Projektom RESILVINE](#) istražen je utjecaj različitih boja mreža za zasjenjivanje na dinamiku dozrijevanja i produktivnost grožđa za pjenušce (sorta Chardonnay) (slika 1). Mreže za zasjenjivanje smanjile su upadanje Sunčevih zraka i bitno smanjile temperaturu bobica pod izravnim Sunčevim svjetlom, uz povećanje nakupljanja šećera pod bijelim mrežama. Potvrđen je utjecaj mreža za zasjenjivanje na mikroklimu vinograda.

| Name | Plot        | Shading % |
|------|-------------|-----------|
| CON  | Control     | 0         |
| WHT  | White       | 30        |
| LGR  | Light Green | 8         |
| DGR  | Dark Green  | 19        |
| BLK  | Black       | 26        |



Slika 1. Projekt RESILVINE, poljoprivredno gospodarstvo Ferghettina; tablica prikazuje zavisnost stupnja zasjene od boje mreže

Čini se da plave i bijele mreže za zasjenjivanje (intenzitet zasjenjivanja 20%, slika 2.) smanjuju prosječnu temperaturu sklopa krošanja stabala avokada sorte Hass<sup>2, 3, 4</sup>.

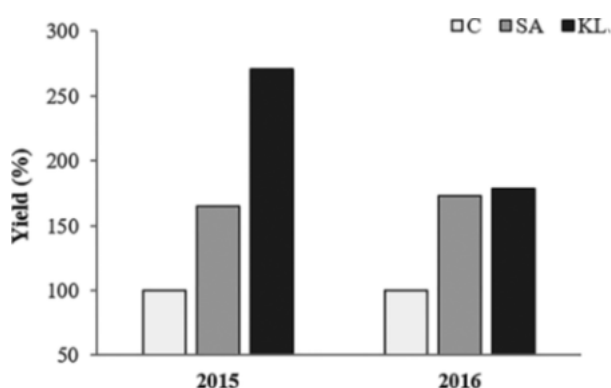


Slika 2. Mreže za zasjenjivanje u nasadu avokada<sup>2</sup> (u gornjem redu crvena i plava, u donjem redu bijela i bez mreže)

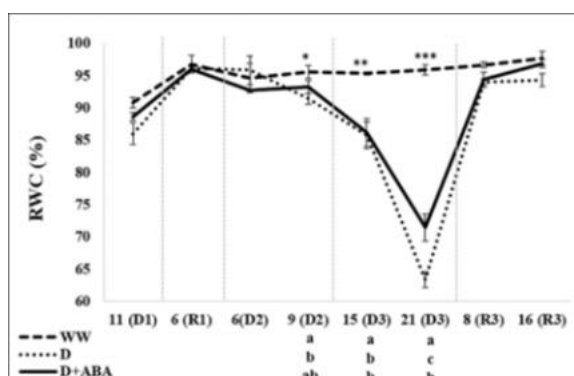
Mreže za zasjenjivanje korisne su i u proizvodnji trešnje jer nude prednosti kao što su zaštita od sunca, regulacija temperature, ujednačeno dozrijevanje plodova, bolji prinos i očuvanje vode. O odgovarajućem postotku zasjenjivanja treba odlučiti na temelju lokalnih klimatskih uvjeta i potreba konkretne sorte trešnje (u pravilu sjena od 30% do 40%)<sup>5</sup>.

## 1.2. Folijarna primjena zaštite

U gospodarenju maslinicima folijarna primjena kaolina, salicilne kiseline i apscizinske kiseline, u kombinaciji ili pojedinačno, može biti djelotvorna strategija za ublažavanje posljedica suše i toplinskih valova. Kaolin, vrsta prirodne gline, djeluje kao fizička barijera na listovima, smanjujući gubitak vode isparavanjem i pružajući određenu zaštitu od toplinskog stresa. Salicilna kiselina poznata je po svojoj ulozi u obrambenim mehanizmima biljke i može pomoći stablima masline da izdrže opterećenja zbog čimbenika okoliša. Apscizinska kiselina biljni je hormon koji regulira reakciju na sušu i može pomoći stablima maslina da očuvaju vodu i prilagode svoj obrazac rasta tijekom oskudice vode. Portugalska operativna skupina [New Practices in Rainfed Olive Groves \(Nova praksa u maslinicima koji se navodnjavaju samo oborinama\)](#) istražila je učinak raznih prirodnih tvari koje induciraju mehanizme otpornosti s učinkom zaštite od nepovoljnih čimbenika okoliša. Primjenom salicilne kiseline i kaolina znatno se povećala produktivnost maslina (slika 3), bez negativnog utjecaja na kvalitetu maslinova ulja<sup>6</sup>. Nadalje, primjena apscizinske kiseline pokazala je srednjoročni do dugoročni učinak (slika 4) na status vode u stablima, pridonoseći povećanju otpornosti stabala na ljetne suše i odgađanju nepovoljnih učinaka suše. Poboljšane su i fiziološke i biokemijske funkcije stabala tijekom oporavka jer sposobnost oporavka od prethodne suše ovisi o težini štete uzrokovane prethodnim stresom<sup>7</sup>. Međutim, važno je slijediti preporučene doze i vrijeme primjene kako bi se osigurala djelotvornost strategije.



Slika 3. Utjecaj tretmana salicilnom kiselinom (SA) i kaolinom (KL) na prinos maslina u %, u dvije godine pokusa<sup>6</sup>





Slika 4. Promjene relativnog sadržaja vode (RWC) tijekom dana suše (D1, D2, D3) i oporavka (R1, R3) u svakom ciklusu, u listovima dobro zalijevanih (WW) biljaka i biljaka u uvjetima suše bez apscizinske kiseline (D) i s apscizinskom kiselinom (D + ABA)<sup>2</sup>

I primjena kaolina na lišće vinove loze može biti dobra strategija za uvjete toplinskih valova zbog sposobnosti kaolina da reflektira ultraljubičastu svjetlost, čime se temperatura lista i plodova može smanjiti za čak 5°C. Tijekom [Projekata suradnje uprave Generalitat Valenciana](#) u studiji o fiziologiji vinograda i kvaliteti vina u vinogradu Marselan u Španjolskoj, zabilježeno je da primjena kaolina u vinogradima (slika 5) omogućuje veći intenzitet boje i višu koncentraciju tanina i aromatskih sastojaka.



Slika 5. Primjena kaolina u vinogradu Marselan (Bodegas Enguera)

### 1.3. Postupci suhog ratarenja

Suho ratarenje uključuje kombinaciju agrotehničkih mjera koje zahtijevaju minimalan unos vode. Ti su postupci korisni u područjima sklonima sušama i toplinskim valovima jer mogu pomoći u smanjenju potrošnje vode te povećanju zdravlja i otpornosti tla. Neke uobičajene tehnike suhog ratarenja uključuju malčiranje, pokrovne usjeve i sadnju sorti otpornih na sušu.

#### 1.3.1. Upotreba tehnika malčiranja i pokrovnih usjeva

U [projektu DRIVE LIFE](#) istražena su inovativna rješenja za gospodarenje vinogradom kojima se smanjuju učinci suše razvojem agrotehničkih mjera i tehnika upravljanja krošnjama usmjerenih na povećanje otpornosti na oskudicu vodom. U vinogradima u sjeverozapadnoj Italiji, nakon berbe, između redova su zasijane razne mješavine zimskih pokrovnih usjeva. Pokrovni usjevi prekinuti su krajem proljeća raznim tehnikama (slika 6), čime su zalihe vode u tlu povećane za čak do 10%. Malčiranjem ispod redova omogućena je ušteda vode s pozitivnim vodnim potencijalom u listu tijekom sezone. Poboľšane su i neke usluge ekosustava (sekvestracija ugljika u tlu, oprašivanje i suzbijanje erozije tla). Sastav mješavine sjemena utjecao je na sastav grožđa: zatravnjenje na bazi žitarica dovelo je do višeg sadržaja

šećera, dok su mješavine na bazi mahunarki dovele do veće kiselosti i raspoloživog dušika. Međutim, djelotvornost predloženih tehnika snažno je povezana sa sezonskim trendovima atmosferskih prilika koji utječu na proizvodnju biomase i dodatnu potrošnju vode.



Slika 6. Pokrovni usjevi prekinuti krajem proljeća

U suhom ratarenju mogu se upotrebljavati razne vrste malča vanjskog podrijetla (naprimjer drvena sječka, kompost od zelenog otpada, celulozna vlakna ili lignin, slama, plastika biološkog podrijetla itd.), uz nekoliko prednosti: smanjenje potrebe za herbicidima kada se malč postavlja ispod reda usjeva, održavanje vlažnosti tla (do 20% veća u vrlo suhoj godini u usporedbi s nepokrivenim tlom), smanjenje erozije i osiguranje organske tvari. Učinkovitost i trajnost malča razlikuju se ovisno o materijalu, ali pokriveno tlo otpornije je od nepokrivenog tla (hladnije, vlažnije, više mikrobiološke aktivnosti).

[Operativna skupina GO CITRICS](#) primijenila je u nasadima agruma malč od rižine slame iz Parka prirode Albufera u Valenciji (Španjolska). Jedna od glavnih uočenih prednosti tog materijala sposobnost je da zadrži vlagu u tlu, što je osobito važno za agrume jer veličina njihovih plodova raste u mjesecima najveće nestašice vode. Rižina slama pomaže u suzbijanju korova i održavanju stabilnije temperature tla, štiteći korijenje agruma od toplinskog stresa i održavajući biološke procese koji se odvijaju u prvih nekoliko centimetara tla, kao što je mobilizacija hranjivih elemenata od strane mikrobnih zajednica. Drugi je ključni aspekt što se razgradnjom rižine slame tlo obogaćuje organskom tvari te se poboljšava njegova struktura i plodnost. Naposljetku, upotrebom rižine slame kao materijala za malčiranje pridonosi se hvatanju ugljika, a time i smanjenju emisija stakleničkih plinova. To je poljoprivredni nusproizvod i njegovom se ponovnom uporabom izbjegava spaljivanje na otvorenom, što je praksa kojom se stvaraju emisije onečišćujućih tvari.

### 1.3.2. Rješenje dostupno na tržištu: optimizacija strukture tla dodavanjem komposta

Prema rezultatima otvorenog natječaja skupine CLIMED-FRUIT na kojem su od dobavljača prikupljena postojeća rješenja na tržištu, primjer je takvog proizvoda *Veraleaf*®, složena formulacija na bazi vermikomposta nadopunjena ekstraktima algi i biljaka koja utječe na: (i) asimilaciju hranjivih tvari putem humusnih i fulvičnih tvari i simbioza, (ii) rast zbog fitohormona i složenih šećera u vermikompostu koji potiču diobu i izduživanje stanica i (iii) antistresni učinak ostvaren polisaharidima, aminokiselinama i fenolnim spojevima koji smanjuju utjecaj abiotskog stresa (voda, toplina itd.), te omogućuju biljci da zadrži svoj potencijalan prinos.

### 1.3.3. Prilagodba biljnog materijala

Biljke razvijaju nekoliko mehanizama za rješavanje problema oskudice vodom i visokih temperatura, npr. duboke korijenske sustave, ekonomičnu potrošnju vode i toleranciju na toplinu. Utjecaj ekstremnih vremenskih prilika na ekosustave i poljoprivredu može se ublažiti bez dodatnih troškova upotrebom bolje prilagođenih sorti. U nastavku se navode primjeri sorti koje su zanimljive zbog tolerancije na toplinu i sušu, u vinogradarstvu, maslinarstvu i uzgoju orašastih plodova.

U vinogradarstvu u širokoj su primjeni podloge otporne na sušu: 110 Richter, 140 Ru, 44-53M i SO4 koje imaju nekoliko zajedničkih obilježja: duboko ili razgranato ukorjenjivanje, visok kapacitet crpljenja vode, dobru provodljivost vode, utjecaj na razvoj sklopa krošanja i suzbijanje gubitaka transpiracijom. U Francuskoj je u okviru [projekta PHYSIOPATH](#) izmjerena otpornost 23 sorte i tri podloge na embolizam ksilema, još jedan parametar za procjenu tolerancije na sušu. Rezultati su omogućili klasifikaciju sorti i podloga prema toleranciji na sušu.

U maslinarstvu su stare sorte koje se sade u tradicionalnim maslinicima općenito relativno tolerantne na sušu. Međutim, tek treba procijeniti toleranciju na sušu novih sorti ili klonova, osobito onih koji su namijenjeni za intenzivne sustave uzgoja u modernim maslinicima vrlo velike gustoće. U [Projektu O4C](#) neke sorte maslina iz suhih ili pustinjačkih područja istočnog i južnog mediteranskog bazena uspoređene su s najboljim međunarodnim sortama glede rasta biljke i produktivnosti plodova. Sirijske sorte Barri, Maarri i Abou Satl Mohazama, među ostalim, pokazali su svojstva slična najboljim međunarodnim kultivarima, npr. Arbequina, u morfologiji stabala, ranom dozrijevanju i produktivnosti plodova. Osim toga, za procjenu tolerancije 32 sorte masline<sup>8</sup> na sušu upotrijebljena su makroobilježja lista i pokazalo se da su najtolerantnije na sušu sorte Lechin de Sevilla i Picholine Marocaine.

Suša je također jedan od glavnih čimbenika koji utječu na prinos trešnje. Podloge za trešnju mogu osigurati niz razina vitalnosti stabla koje odgovaraju svojstvima tla. Osim sadnica *Prunus mahaleb*, dostupna je nova generacija podloga prilagođenih suhoj i toploj klimi, npr. [WeiGi®1](#). Šestogodišnji eksperiment u Francuskoj pokazao je da je podloga WeiGi® u sorti Regina pokazala dobar rast, s prinosom 50 višim nego s podlogom Gisela 5 i bez simptoma kloroze.

Sadnice badema, koje se tradicionalno upotrebljavaju kao podloga u sušnim i polusušnim regijama, pokazale su obećavajuću uspješnost na vapnenastim tlima u uvjetima s malom

količinom kiše. Hibrid badema i breskve Monegro odabire se kao podloga uglavnom za bademe u uvjetima bez navodnjavanja i pokazao je visoku otpornost na stres zbog oskudice vodom, dobru vitalnost, lako klonsko razmnožavanje i kompatibilnost plemke s cijelom paletom sorti breskve i badema, te nekih šljiva i marelica<sup>9</sup>. Nadalje, sorte Supernova, Texas, Marcona, Shokoufeh i K13-40 cijepljeni na podlogu GF677 (hibrid breskve i badema), pokazali su znatno veću otpornost na sušu u usporedbi s istim sortama na podlozi GN22 (hibrid breskve i badema) i br. 32 (gorki badem)<sup>9</sup>.

#### 1.4. Agrošumarstvo

Agrošumarstvo je drevni sustav uzgoja u kojem se različiti usjevi (višegodišnji i jednogodišnji), a često i stoka (silvopastoralizam) uzgajaju zajedno u strukturiranom sustavu. Bio je vrlo rasprostranjen u mediteranskom bazenu i često se naziva mediteranskom polikulturom. Danas je agrošumarstvo razrađeno i preneseno u modernu poljoprivredu, a rezultat je skup postupaka kojima se poboljšava i iskorištava sinergija među različitim biljnim vrstama, te između biljaka i životinja.

Najčešći se oblik agrošumarstva još uvijek primjenjuje u maslinicima. Ispod stabala uzgajaju se drugi usjevi (povrće, male žitarice) ili životinje (često ovce ili perad), uz uzajamno korisne učinke, uglavnom povezane sa zasjenjivanjem i stvaranjem bolje mikroklike.

Agrošumarstvo se može primijeniti i u vinogradarstvu i dovodi do promjena u mikroklimi vinove loze: i) hladovina stabala utječe na zračenje kojem je vinova loza izložena, ii) stabla mijenjaju cirkulaciju zraka, što može pridonijeti povećanim turbulentnim tokovima i dovesti do smanjenja ljetnih temperatura i skraćenja trajanja vlaženja lišća i iii) podzemni vodni resursi recikliraju se u atmosferu, što dovodi do veće relativne vlažnosti i rashlađivanja zraka<sup>10</sup>.

## 2. ZAŠTITA USJEVA OD TUČE

Tuča može uzrokovati fizičku štetu na biljkama, a time i smanjenje prinosa i nižu kvalitetu proizvoda. Na globalnoj razini u proteklom se desetljećima bilježi porast pojave tuče, no dostupna su neka rješenja putem polisa osiguranja. Utjecaj tuče može se ublažiti mrežama za zaštitu od tuče, tehnologijom izmjene vremenskih uvjeta putem fizike oblaka („zasijavanje oblaka“)<sup>11</sup> i sustavima ranog upozoravanja.

#### 2.1. Zaštitne mreže

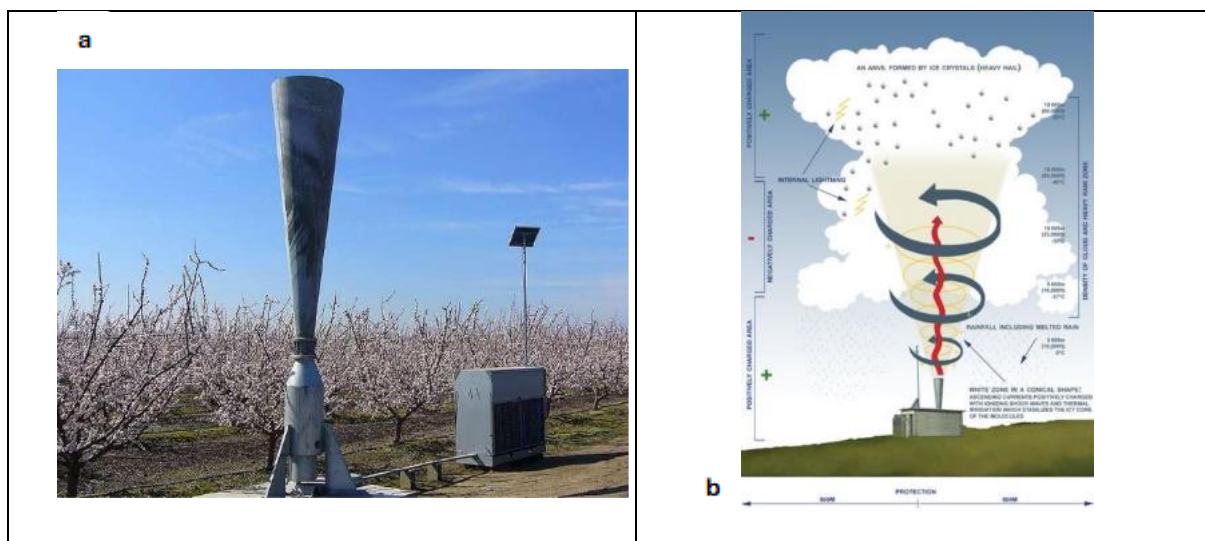
Mreže za zaštitu od tuče postavljaju se u vinogradima i voćnjacima kako bi se vegetativni dijelovi zaštitili od tuče. Mreže mogu biti izrađene od raznih materijala. Uglavnom su od polipropilena, a mreže od škroba (biorazgradive mreže) rjeđe su zbog cijene i kraćeg vijeka trajanja. Procjenjuje se da mreže imaju životni vijek oko 10 godina, ali to ovisi o njihovoj strukturi i sastavu, te tučama kojima su bile izložene.

U vinogradarstvu je najdjelotvornije postaviti mrežu u ravnini preko redova, osiguravajući potpunu pokrivenost, uz iskorištavanje postojećeg sustava potpornih rešetki ili, još bolje, njegovo konfiguriranje već pri sadnji. Taj je sustav najprikladniji za široku vinovu lozu (3 m ili više) jer mora postojati mogućnost otvaranja mreže kako bi se zrna tuče nakupljena između

redova mogla ispustiti ako su preteška. Taj sustav omogućuje ručni i mehanički rad u vinogradu, ali zahtijeva tešku instalacijsku infrastrukturu koja ima učinak na izgled. Ulaganje je znatno, oko 20 000 – 25 000 eura po hektaru (razmak između redova 3 m). U Francuskoj taj sustav nije odobren za vina s oznakom zemljopisnog podrijetla i općenito je namijenjen za stolno grožđe. Za vinovu lozu s razmakom između redova manjim od 3 m prikladnije su mreže koje se postavljaju na jedan red ili od reda do reda. Mreže za zaštitu od tuče imaju takvu strukturu da spriječe da zrna tuče dođu do lišća i grozdova (četvrtasta mreža s očicama veličine 5 mm × 5 mm ili 7 mm × 3 mm, ovisno o modelu). Izrađene su od ekstrudiranog polipropilena ili tkanog polietilena i eventualno ojačane upletenom žicom<sup>12</sup>.

## 2.2. Protugradni topovi

Protugradni topovi stvaraju udarne valove koji otapaju ledene čestice u oblacima, fizički ometajući formiranje i rast zrna tuče (slika 10). Suvremeni protugradni topovi, koji usmjeravaju zvučne udare velike jačine ( $\geq 120$  dB) prema gore pomoću butana ili acetilena, aktivno se upotrebljavaju u poljoprivrednim područjima u Italiji, Francuskoj, Španjolskoj, Austriji, Nizozemskoj, SAD-u, Australiji, Novom Zelandu i Kini. Budući da udarni valovi ne utječu na tuču koja se već formirala, protugradni topovi moraju se aktivirati 20 minuta prije formiranja oblaka tuče. Za osiguranje djelotvornosti protugradnih topova preporučuju se uređaji za praćenje tuče, npr. Dopplerov radar.



Slika 7. a) Protugradni top<sup>13</sup> i b) grafički prikaz rada<sup>14</sup>

## 3. SPRIJEČAVANJE ŠTETA OD PROLJETNOG MRAZA

Zagrijavanje uzrokovano globalnim klimatskim promjenama, osobito na mediteranskom području, dovelo je do promjena u fenologiji biljaka. Nekoliko studija pokazalo je pomak u vremenu pojave fenoloških događaja, pri čemu 78% svih događaja cvjetanja i dozrijevanja plodova nastupa ranije (a 30% znatno ranije), čime se povećava rizik izloženosti mrazu cvjetova u razvoju i tek zametnutih plodova, koji su također posebno osjetljivi na niske temperature. Očekuje se da će se taj rizik povećati, osobito na visinama iznad 800 m, zbog



ranije cvatnje<sup>15</sup>. Nadalje, i jesenski mrazovi mogu uzrokovati znatne štete, osobito na biljkama koje još nisu ušle u stanje mirovanja. Šteta od mraza dovodi do znatnih proizvodnih gubitaka poljoprivrednog sektora. Osiguravajuća kuća *Combined Agrarian Insurance* procijenila je proizvodne gubitke u Španjolskoj na 60 milijuna eura (2018. godine). Kako bi se povećala otpornost na opasnosti od mraza u mediteranskoj regiji, potreban je sveobuhvatan pristup u kojem se objedinjuju poljoprivredni postupci, zaštitne mjere, tehnološki napredak i angažman zajednice.

### 3.1. Postojeće metode borbe protiv mraza

Dostupne su neke tehnike za sprječavanje štete od mraza u nekoliko usjeva, npr. cirkulacija zraka, fiksni ili mobilni tornjevi protiv mraza, helikopteri, izvlačenje hladnog zraka, sustavi grijanja, dinamičan prijenos vrućeg zraka i prskanje vodom (slike 8., 9. i 10.). Tim se tehnikama povećava temperatura oko biljke s varijabilnim toplinskim dobitkom (do 4 °C) i cijenom<sup>16, 17, 18, 19</sup>.



Slika 8. Tradicionalno prskanje i prskalice iznad biljaka<sup>20</sup>



Slika 9. Mikropirskanje i mikropirskalice ispod stabala<sup>20</sup>



Slika 10. Ventilatori za zaštitu od proljetnog mraza<sup>20</sup>

### 3.2. Rješenje dostupno na tržištu: primjena rješenja s predviđanjem rizika za potporu donošenju odluka

Prema rezultatima otvorenog natječaja skupine CLIMED-FRUIT na kojem su od dobavljača prikupljena postojeća rješenja na tržištu, primjer je takvog proizvoda [Vintel®](#), sveobuhvatan softver koji uključuje sve postupke uzgoja vinove loze. On nudi strateške i operative odluke utemeljene na predviđanju i upravljanju rizicima, s ciljem postizanja održive uspješnosti gospodarenja vinogradom. Vintel® uključuje predviđanje rizika od mraza, simulaciju gubitka

prinosa i djelotvornost zaštitnih mjera, što ga čini pouzdanim rješenjem za gospodarenje vinogradom.

### 3.3. Poljoprivredne prakse

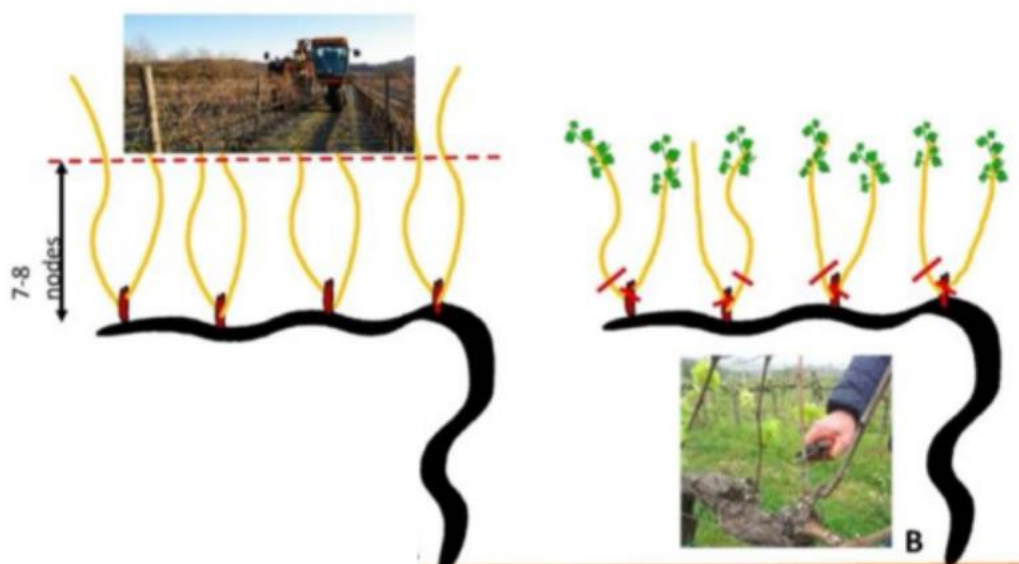
Kako bi učinkovito upravljali opasnostima od mraza, poljoprivrednici mogu usvojiti niz proaktivnih postupaka kako bi smanjili rizik štete od mraza na najmanju mjeru i povećali otpornost.

#### 3.3.1. Rezidba krajem zime: primjer iz vinogradarstva

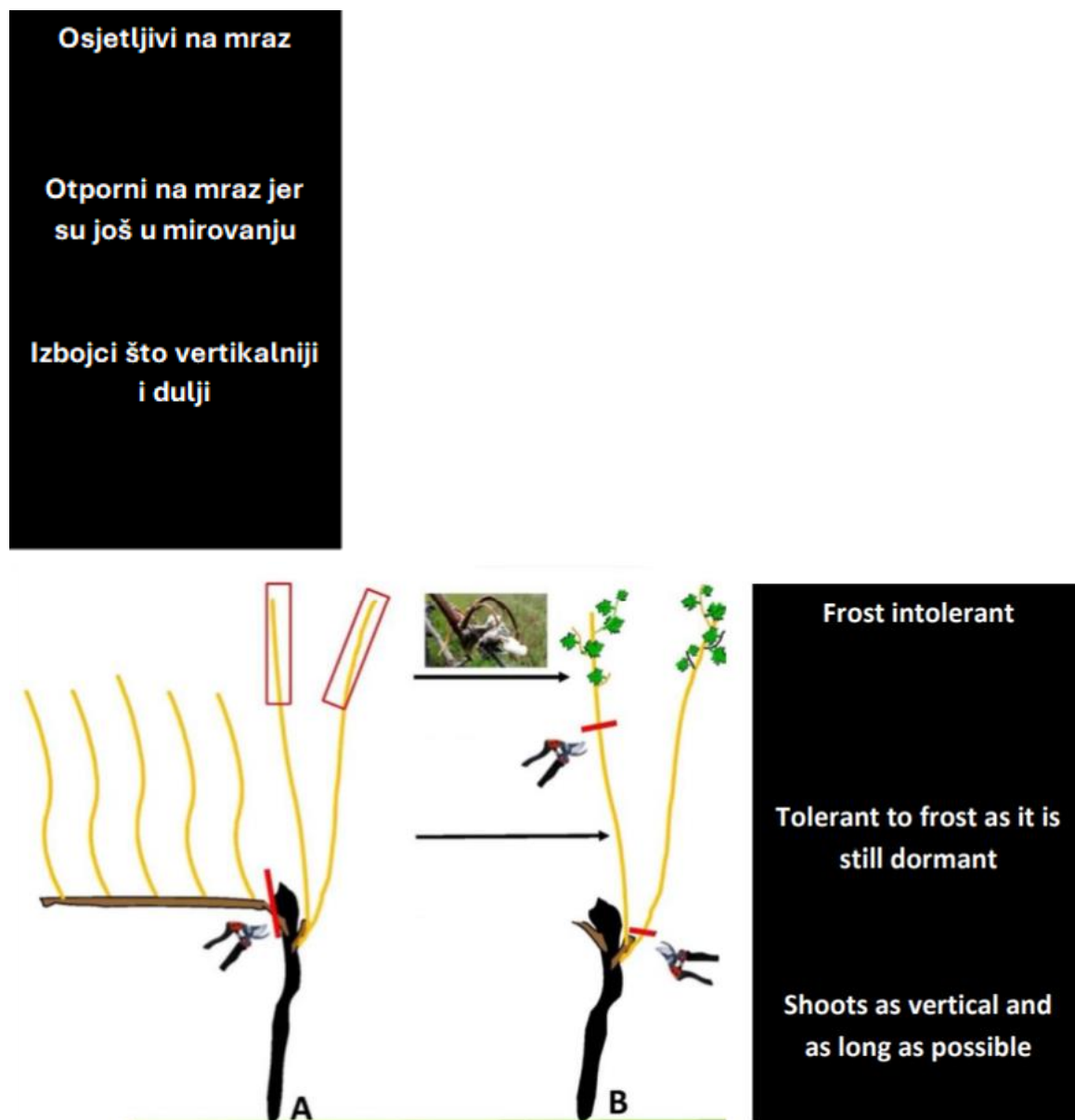
Rezidbom krajem zime u vinogradarstvu, što je jeftina tehnika, može se odgoditi pupanje i, u nekim slučajevima, dozrijevanje grožđa. Tu je tehniku u Italiji primijenila Operativna skupina [OG VIRECLI](#) i ona predstavlja strategiju borbe protiv proljetnog mraza.

Ta se tehnika primjenjuje u fazi zimske rezidbe i predstavlja varijantu redovite zimske rezidbe koja se zasniva na akrotoniji grožđa (pretežnom rastu od sredine do vrha grane). Sastoji se od sljedećih koraka:

- predrezidba radi optimalne organizacije koraka rezidbe (skraćivanja vremena potrebnog za rezidbu): izbojci moraju biti dugi i ostati uspravni (slika 11); taj će zahvat pomoći da se prođe kroz proljetnu fazu mraza, no možda neće svaki put utjecati na odgodu dozrijevanja u vrijeme berbe
- postupak rezidbe kako bi se uklonila ispravna površina lišća, tj. ne više od dva razvijena lista na vršnim izbojcima, tako da pupovi koji se nalaze na bazalnom položaju budu zaštićeni u slučaju proljetnog mraza (slika 12); bitno je ukloniti ispravnu površinu lišća: ako se zahvat izvodi u kasnijoj fazi, uzrokovat će gubitak uroda (slika 13).



Slika 11. Rezidba krajem zime u dva koraka – [OG VIRECLI](#)



Slika 12. Otpornost pupova na mraz s obzirom na položaj pupa na izbojcima – [OG VIRECLI](#)





Slika 13. Ispravna kasna rezidba – OG VIRECLI

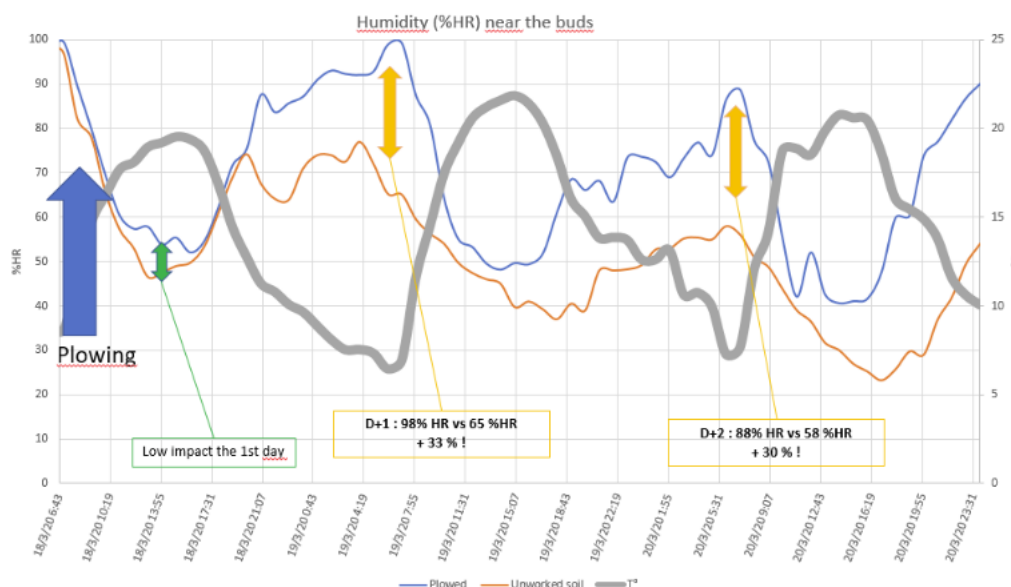
### 3.1.2. Agrotehnički postupci

[Projekt SICTAG EU](#) bio je usmjeren na izbjegavanje sve većeg rizika od mraza u francuskim vinogradima agrotehničkim postupcima. Uočeno je da je neuzorano tlo u vinogradima znatno smanjilo vlagu u blizini pupova – za 33% u usporedbi s uzoranim vinogradima (slike 14 i 15). Veća vlažnost povećava štetu od mraza na pupovima: pri istoj temperaturi 20% veća vlažnost dovodi do 50%-tnog povećanja oštećenja pupova. Zaključeno je da, ako je prognozirani mraz, zrak oko pupova mora biti što je više suha, što se postiže izbjegavanjem oranja ili košnje pet do šest dana prije mraza. Obujam premještenog tla utječe i na broj dana potrebnih za postizanje jednake vlažnosti oko pupova kao kod neuzoranog tla.





Slika 14. Senzori za praćenje vlage i temperature u blizini pupova u tri različite obrade tla – SICTAG EU



Slika 15. Utjecaj agrotehnike na promjene vlažnosti u blizini pupova – SICTAG EU

### 3.1.3. Agroklimatski atlas za predviđanje sadnje avokada u Španjolskoj

Avokado je nova kultura u Europi i mnogi ga poljoprivrednici sade zbog veće ekonomske isplativosti i novih klimatskih uvjeta. Međutim, stabla avokada smatraju se osjetljivima na mraz, a poljoprivrednici nisu upoznati s odgovarajućim poljoprivrednim tehnikama za prilagodbu avokada konkretnim uvjetima. Prije odluke o uzgoju tog usjeva potrebno je utvrditi jesu li uvjeti za njega prikladni. Operativna skupina [OG GO AVOKADO](#) stoga je izradila regionalni [agroklimatski atlas](#) u kojem su označene parcele koje imaju optimalne uvjete (slika 16.). Te je uvjete definirao Calatrava (1993.), a na temelju njih OG GO AVOCADO definirao je [preporučene zone za uzgoj avokada](#):

- Optimalni uvjeti: minimalne temperature niže od 0 °C jednom u 10 godina i nikada niže od -2 °C
- Dobri izgledi: apsolutne minimalne temperature niže od -2 °C, ali nikada niže od -4 °C
- Mogućnost uzgoja: apsolutne minimalne temperature niže od -4 °C jednom u 10 godina
- Neprikladno: sve ostalo



Slika 16. Agroklimatski atlas – OG GO AVOCADO

### 3.4. Odabir sorte/podloge

U prirodnom okolišu razne biljne vrste, uključujući vinovu lozu, pokazuju razne razine osjetljivosti na klimatske uvjete. Neke sorte pokazuju smanjenu osjetljivost na mraz u ranoj fazi razvoja. Odabir kasnije sorte (tj. sorte kod koje pupovi izbijaju kasnije ili koja kasno cvate) potencijalna je strategija ublažavanja utjecaja mraza. Preporučuje se, stoga, da se kao parametar za buduću sadnju razmotri fenologija sorti. Primjerice, u uzgoju badema mogu se saditi kasni kultivari kao što su kasna Antoñeta, Marta, vrlo kasna Penta, Makako i Tardona (CEBAS-CSIC), kasna Guara, Felisia, Belona, Soleta i vrlo kasni Vialfas, Mardía (CITA Aragón). Međutim, od ključne je važnosti oprez pri uzgoju vrlo kasno cvatućih i iznimno kasno cvatućih sorti koje imaju velike potrebe za hlađenjem u regijama s vrlo toplom klimom jer možda neće biti moguće postići temperaturu hlađenja potrebnu za prekid mirovanja.

## 4. SPRJEČAVANJE EROZIJE TLA

Posljednjih se godina erozija tla znatno pojačala, osobito u mediteranskoj regiji, što se može pripisati nepravilnim obrascima padalina i sušama, neodrživim poljoprivrednim postupcima, krčenju šuma i urbanizaciji. Strma topografija regije dodatno pogoršava eroziju, što dovodi do znatnog gubitka i degradacije tla. Taj proces ima goleme posljedice za poljoprivredu, osobito za višegodišnje usjeve koji su važni za mediteransko gospodarstvo. Erozija ima štetan utjecaj na kvalitetu tla jer smanjuje zadržavanje vode i oštećuje strukturu tla, što pak uvelike utječe na prinose usjeva i dugoročnu održivost. Kao odgovor na taj problem provode se razne mjere prilagodbe, uključujući održivo gospodarenje zemljištem, biljni pokrov, konzervacijsku obradu tla i poboljšane tehnike navodnjavanja. Cilj je tih strategija smanjiti gubitak tla, obnoviti zdravlje tla i povećati otpornost mediteranskih poljoprivrednih sustava.

### 4.1. Uvođenje biljnog pokrova

Biljni pokrov i travnati pokrov u višegodišnjim kulturama potpuno su razvijen alat u borbi protiv erozije. Pokusi provedeni u španjolskim vinogradima u okviru [PROJEKTA VITISAD](#) pokazali su da travnati pokrov smanjuje eroziju za 64 % u usporedbi s uzoranim tlom.

Cilj Operativne skupine [OG GASCOGN'INNOV](#) bio je stjecanje stručnih znanja o utjecaju vinogradarskih postupaka na biologiju tla u Francuskoj. U tom je kontekstu proučavana

upotreba zelene gnojidbe. Zelena gnojidba primjena je pokrovnog usjeva s visokim udjelom mahunarki koji proizvodi biomasu koja se vraća u tlo i poboljšava njegovu plodnost i strukturu. Taj pokrovni usjev ima brojne prednosti, uz smanjenje erozije. U mediteranskim uvjetima, što ranijom sjetvom (krajem kolovoza i početkom rujna) osigurati će se da sadnice budu dobro razvijene do obilnih kiša u jesen kako bi se smanjila erozija te spriječilo da lišće vinove loze odleti (ono je dodatni izvor prehrane tla).

Nadalje, Operativna skupina OG CARBOCERT primijenila je u nasadima badema u Španjolskoj trajni biljni pokrov koji prirodno raste u trakama, redovima i na kosinama s glavnim ciljem da se potakne sekvestracija ugljika u tlu. Ta je praksa znatno pridonijela suzbijanju erozije tla i otjecanja vode. Vegetacija utječe na eroziju uglavnom zadržavanjem oborina i zaštitom površine tla od utjecaja kapljica kiše.

#### 4.2. Konzervacijska obrada

Minimalna obrada tla odgovarajućim alatima za obradu tla smanjuje eroziju i zbijanje tla na najmanju mjeru. U tlo treba zahvaćati najdublje 15 cm, i to pomoću odgovarajućih alata kao što su kultivator ili nošena tanjurača. Obrada tla mora biti minimalna i bez promjene slojeva tla (kao kod oranja) kako bi se ekološki otisak sveo na najmanju moguću mjeru i kako bi obrada bila prilagođena tipu tla i konfiguraciji čestice. Minimalna obrada tla rezultira minimalnom erozijom tla, osobito na kosinama, čime se izbjegava gubitak vrijednog površinskog tla.

### 5. SUZBIJANJE NOVIH ŠTETNIKA

Posljednjih je godina u mediteranskoj regiji zabilježen znatan porast širenja novih štetnika i bolesti, što predstavlja ozbiljnu prijetnju njezinim glavnim višegodišnjim kulturama. Taj je porast uglavnom potaknut klimatskim promjenama, globalizacijom i promjenama poljoprivrednih postupaka, koje su stvorile povoljne uvjete za unos i širenje invazivnih vrsta i patogena. Te nove prijetnje ugrožavaju gospodarsku stabilnost poljoprivrednih proizvođača i utječu na globalna tržišta. Rješavanje te sve veće krize zahtijeva pojačan nadzor, istraživanje otpornih sorti usjeva i razvoj integriranih strategija suzbijanja štetnika i bolesti u cijeloj mediteranskoj regiji.

Važno je razlikovati nove prijetnje višegodišnjim kulturama koje uzrokuju izravnu od onih koje uzrokuju neizravnu štetu: „izravna šteta“ u pravilu se odnosi na štetu uzrokovanu fizičkim djelovanjem kukaca (hranjenjem ili polaganjem jajašaca), dok se „neizravna šteta“ odnosi npr. na prijenos patogena putem kukaca, što je poznato kao bolesti koje se prenose vektorima<sup>21</sup>.

#### 5.1. Izravna šteta

##### 5.1.1. *Popillia japonica*

Japanski pivac, *Popillia japonica*, invazivni je štetnik uvezen iz Japana na istok Sjeverne Amerike 1916. godine. Taj kukac može nanijeti znatnu štetu ukrasnom bilju, vrtovima s voćem i povrćem, rasadnicima, voćnjacima i ostalim kulturama. *Popillia japonica* prvi je put otkrivena u Europi 2014. godine, u sjevernoj Italiji (Pijemont i Lombardija). Kukac se nastanjuje na

nadzemnim dijelovima biljke i proždire tkivo između glavnih žila lista, ostavljajući samo čipkasti kostur lista (slika 17). U stadiju larve uglavnom infestira korijenje trava.

Dostupne su fitosanitarne mjere za smanjenje vjerojatnosti unosa *Popillije japonice* kao što su rano otkrivanje pomoću zamki, omeđivanje rizičnih zona (livada, nogometnih igrališta itd.) i, u slučaju infestacije, metoda „privuci i ubij“. Pesticidi se mogu upotrebljavati u kombinaciji s načinima obrade (smanjenje navodnjavanja tijekom razdoblja polaganja jajašaca ili oranje tla u jesen). Trenutačno se istražuje mogućnost uvoza parazitoida i drugih sredstava za biološko suzbijanje iz područja iz kojeg *P. japonica* potječe<sup>22, 23</sup>.



Slika 17. Šteta koju je izazvala odrasla *Popillia japonica* u vinogradu<sup>22</sup>

#### 5.1.2. Cvrčak u vinovoj lozi

Cvrčak je čest nametnik u vinogradima diljem svijeta. Uzrokuje veliku štetu u mediteranskim vinogradima uglavnom zbog klimatskih promjena (slika 18.). Tijekom [Projekata suradnje uprave Generalitat Valenciana](#) provedena je strategija integriranog suzbijanja štetnika kroz tri mjere: i) utvrđivanje vrste štetnika, ii) ocjenjivanje učinka cvrčka u vinovoj lozi u regiji Valencia,



Španjolska i iii) raspravu o raznim strategijama suzbijanja štetnika. U projektu je praćeno deset vinograda u regiji Valencija pomoću žutih ljepljivih zamki i usisavanja insekata kojima je zatim uzet DNK radi identifikacije vrste cvrčka. Prije žetve procijenjena su oštećenja listova analizom slike. Rezultati potvrđuju prisutnost štetnika uglavnom između srpnja i rujna. *Jakobiasca lybica*, *Empoasca vitis* i *Asymmetrasca decedens* glavne su vrste cvrčaka koji su identificirani. Iako tretmani insekticidom acetamiprid pomažu u suzbijanju štetnika, mogu stvoriti rezistentnost, što pak može smanjiti djelotvornost tretmana, kao što je zabilježeno u vinogradu u Noveldi. Kaolin 3 % pokazao se djelotvornim načinom suzbijanja štetnika (slika 19.), smanjivši štetu od štetnika za više od 30 %. To bi mogla biti zanimljiva alternativa kemijskim tretmanima, bez utjecaja na korisne insekte i bez rizika od razvoja rezistentnosti.



Slika 18. Šteta od cvrčaka u sorti Forcallà<sup>24</sup>



Slika 19. Tretmani kaolinom<sup>24</sup>



## 5.2. Neizravna šteta

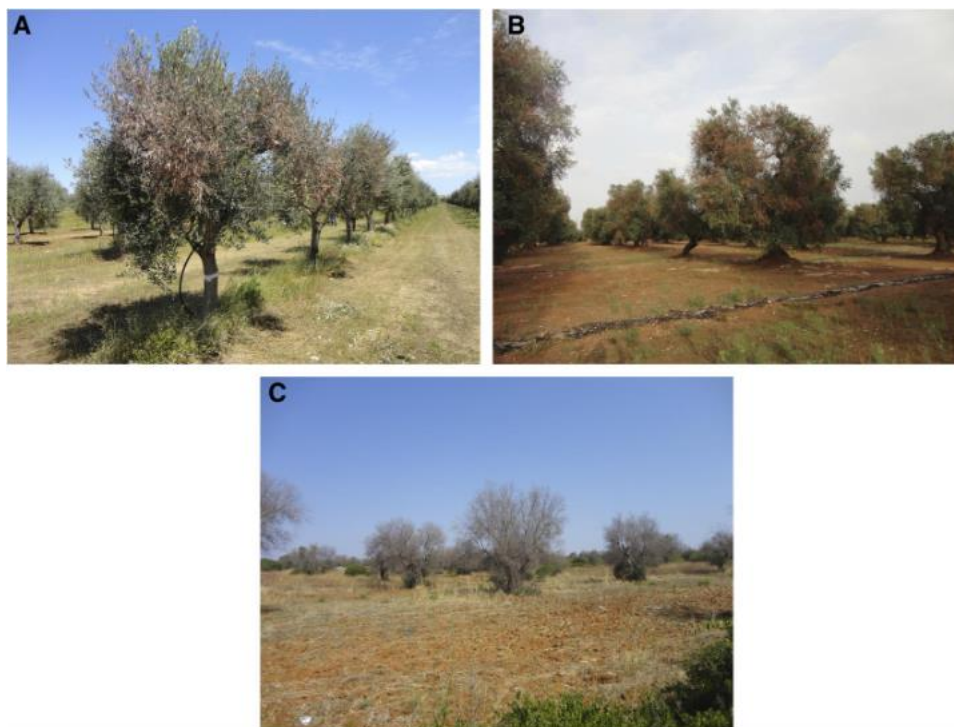
### 5.2.1. *Xylella fastidiosa*

*Xylella fastidiosa* (XF) posljednjih se godina proširila u mediteranskom području. XF je bakterija u ksilemu koja napada više od 600 biljnih vrsta i širi se u biljnim zajednicama putem kukaca iz reda *Hemiptera* koji se hrane ksilemom kao vektora. XF uzrokuje razorne bolesti s golemom ekonomskom štetom u nekih biljnih vrsta kao što su vinova loza, breskva i agrumi: tzv. Pierceovu bolest (PD), lažnu patuljavost breskve (*phony peach disease*, PPD) i šarenu klorozu agruma (*citrus variegated chlorosis*, CVC). Od listopada 2013. godine XF infestira maslinike (*Olea europea* L.) u Salentu (Apulija, Italija), uzrokujući intenzivno odumiranje grančica i grana zbog sindroma brzog propadanja masline (*olive quick decline syndrome*, OQDS) koji uništava milijune stabala maslina.

U vinogradu nakupljanje bakterije XF postupno začepљуje vinovu lozu, ograničavajući strujanje sokova. To dovodi do žućenja ili djelomičnog crvenila i sušenja listova. Dolazi do poremećaja odrvenjavanja izbojaka, pri čemu otpada plojka, a peteljka lista ostaje pričvršćena za izbojak. Vinova loza više se ne hrani – presuši i općenito umire nakon jedne ili dvije godine<sup>25</sup>.

U agrumima XF izaziva nekrozu lista; zatim se zaustavlja razvoj biljke (odumiranje). Biljka ne umire, ali se smanjuje težina i broj plodova<sup>26</sup>.

U maslinicima je bakterija XF odgovorna za tešku bolest OQDS za koju su karakteristične ožegotine na listovima i sporadično sušenje grana i grančica. Ti simptomi obično počinju na vrhu sklopa krošnja masline i šire se na ostatak krošnje, što u konačnici uzrokuje umiranje stabla (slika 20.)<sup>27</sup>.



Slika 20. A) Mlada i B) stogodišnja stabla maslina sa sklopom krošanja koje pokazuju izrazito sušenje grana izazvano bakterijom XF C) Maslinik u uznapredovaloj fazi bolesti s odumrlim čitavim stablima<sup>28</sup>

Bakterija XF u EU-u je prioritetni karantenski organizam. Nažalost, trenutačno ne postoje kurativne mjere za borbu protiv te bakterije. Ozbiljnost situacije potvrđena je europskom uredbom (2020/1201/EU) kojom se kao glavna preventivna mjera preporučuje uklanjanje i uništavanje kontaminiranih stabala<sup>29</sup>.

Poljoprivrednici moraju usvojiti strategiju opreza i agresivne strategije gospodarenja: i) sadnice s certifikatom sa statusom 'bez bolesti', ii) dezinfekciju alata za rezidbu otopinom izbjeljivača i iii) uklanjanje i odbacivanje zaraženih biljaka.

Više informacija o novim prijetnjama u Europi: [projekt POnTE](#), [projekt XF Actor](#) i [Skupina stručnjaka \(Focus Group\) Europskog partnerstva za inovacije za produktivnost i održivost u poljoprivredi \(EIP-AGRI\) za bolesti i štetnike u vinogradarstvu](#)

**PODTEMA 3**  
**INOVATIVNI POSTUPCI**  
**ZA UPRAVLJANJE**  
**VODNIM STRESOM**  
**U VIŠEGODIŠNJIM**  
**NASADIMA**

The background features several large, overlapping, stylized shapes in various shades of green. These shapes resemble leaves or abstract organic forms. A prominent shape on the right is a large, teardrop-like leaf. To its left, there's a smaller, more rounded leaf. In the bottom left, there's a large circular shape, possibly representing a tree trunk or a cross-section of a plant. The overall composition is modern and nature-inspired.

## PODTEMA 3

### Inovativni postupci za upravljanje vodnim stresom u višegodišnjim nasadima

Mediterranska je regija poznata po toploj klimi i ograničenim vodnim resursima zbog kojih je osjetljiva na stres zbog nedostatka vode i utjecaja klimatskih promjena. U regiji su razvijeni i provode se razni inovativni postupci namijenjeni upravljanju stresom zbog nedostatka vode.

#### 1. NAPREDNE TEHNIKE NAVODNJAVANJA

##### 1.1. Uspostava tradicionalnog sustava navodnjavanja s učinkovitom potrošnjom vode

Postoje razni načini povećanja učinkovitosti potrošnje vode. Prije svega, ključan je faktor izbor sustava navodnjavanja: odabirom sustava lokaliziranog navodnjavanja kap po kap ili mikromlaznicama voda se dovodi što bliže korijenu, izbjegavajući prekomjerno isparavanje i ograničavajući razvoj korova. Međutim, vrlo lokalizirana distribucija vode ne potiče razvoj korijenskog sustava ni u dubinu ni u širinu, čime se povećava ovisnost biljke o navodnjavanju. Stoga je za veću učinkovitost potrošnje vode bitan izbor sustava za navodnjavanje, njegov položaj i tempiranje unosa.

##### 1.1.1. Navodnjavanje kap po kap

Navodnjavanje kap po kap jedan je od najrasprostranjenijih sustava navodnjavanja u višegodišnjim nasadima (slika 1.). U tom se sustavu do korijenja biljke dovodi smanjena količina vode u obliku kontinuiranog ili isprekidanog kapanja, sićušnog mlaza ili sustava impulsa. Iz uske cjevčice s nekoliko otvora (kapaljki) izlazi od 2 do 20 litara vode na sat<sup>1</sup>. Općenito je poznato da navodnjavanje kap po kap povećava učinkovitost potrošnje vode jer zahtijeva 50% manje vode nego navodnjavanje u brazde i smanjuje pojavu preplavlivanja tla.



Slika 1. Navodnjavanje kap po kap iznad tla u vinogradarstvu (foto: IFV Sud-Ouest)

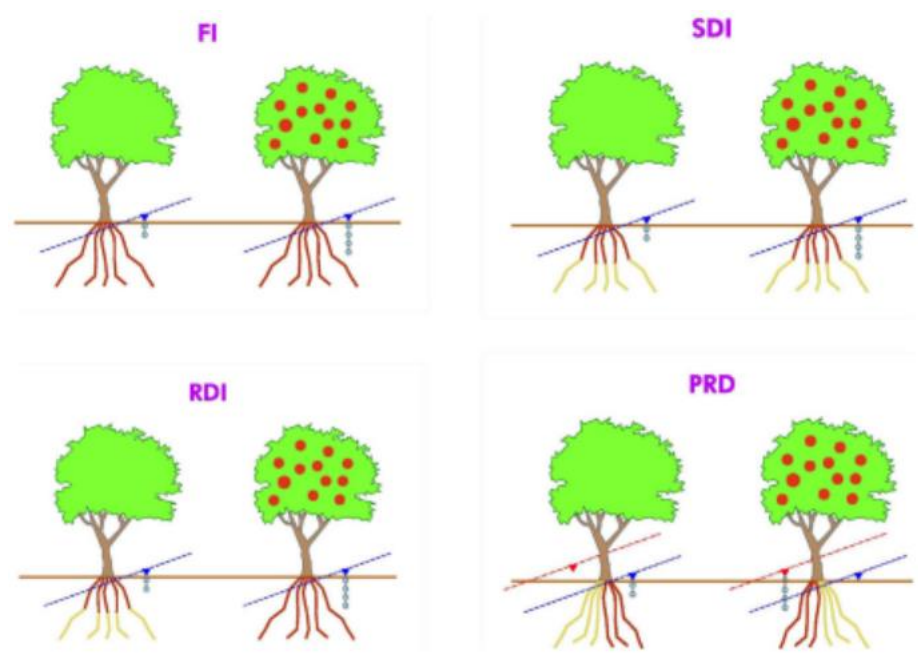


### 1.1.2. Deficitarno navodnjavanje

Deficitarno navodnjavanje strategija je zalijevanja pri kojoj se navodnjavanje primjenjuje samo tijekom stadija rasta biljke u kojem je ona osjetljiva na sušu kako bi se smanjila nepotrebna potrošnja vode.

Postoji nekoliko vrsta deficitarnog navodnjavanja (slika 2.):

- *Navodnjavanje uz neprekidan deficit (SDI):* temelji se na ravnomjernoj raspodjeli deficita vode tijekom cijele sezone plodova, čime se izbjegava pojava ozbiljnog nedostatka vode u biljci bilo u kojem stadiju koji bi mogao utjecati na utrživi prinos ili kvalitetu plodova
- *Navodnjavanje s reguliranim deficitom (RDI):* navodnjavanje je potpuno tijekom kritičnih razdoblja voćke, a ograničava se ili čak ukida ako je tijekom kritičnih razdoblja minimalna opskrba vodom osigurana oborinama
- *Deficitarno navodnjavanje uz djelomično sušenje zone korijena (PRD):* navodnjava se samo jedan dio zone korijena, a drugi se ostavlja da se osuši do određenog sadržaja vode u tlu prije nego što se ponovno namoči premještanjem navodnjavanja na suhu stranu.



Slika 2. Grafički prikaz strategije potpunog navodnjavanja (FI), navodnjavanja uz neprekidan deficit (SDI), navodnjavanja s reguliranim deficitom (RDI) i deficitarnog navodnjavanja uz djelomično sušenje korijenske zone (PRD) u voćkama<sup>2</sup>

- *Deficitarno navodnjavanje u nasadima pistacije*

Unatoč dobrim rezultatima u uzgoju pistacija u suhim područjima, postoji jasna tendencija za navodnjavanje zbog koristi za kvalitetu plodova i produktivnost. U voćnjaku pistacija sorte Kerman u Ciudad Realu (Španjolska) proučavani su rezultati navodnjavanja s reguliranim deficitom (RDI) te je zaključeno kako primjena RDI-ja pri evapotranspiraciji usjeva (ET<sub>c</sub>) od

15% tijekom povećanja mase jezgre (faza III. – završni stadij rasta ploda) dovodi do veće veličine ploda nego kada se ista količina vode za navodnjavanje distribuira u ranijim stadijima<sup>3</sup>. Nadalje, RDI pri ETc-u od 50% u stadijima I (brz rast jezgre) i II (stvrđnjavanje ljuske) doveo je do sličnog ukupnog prinosa i postotka rascijepljenih jezgri kao i potpuno navodnjavanje stabala te omogućilo uštedu vode od 20%<sup>4</sup>. Ti primjeri pokazuju kako je deficitarno navodnjavanje moguća strategija za smanjenje potrošnje vode bez bitnog utjecaja na prinos.

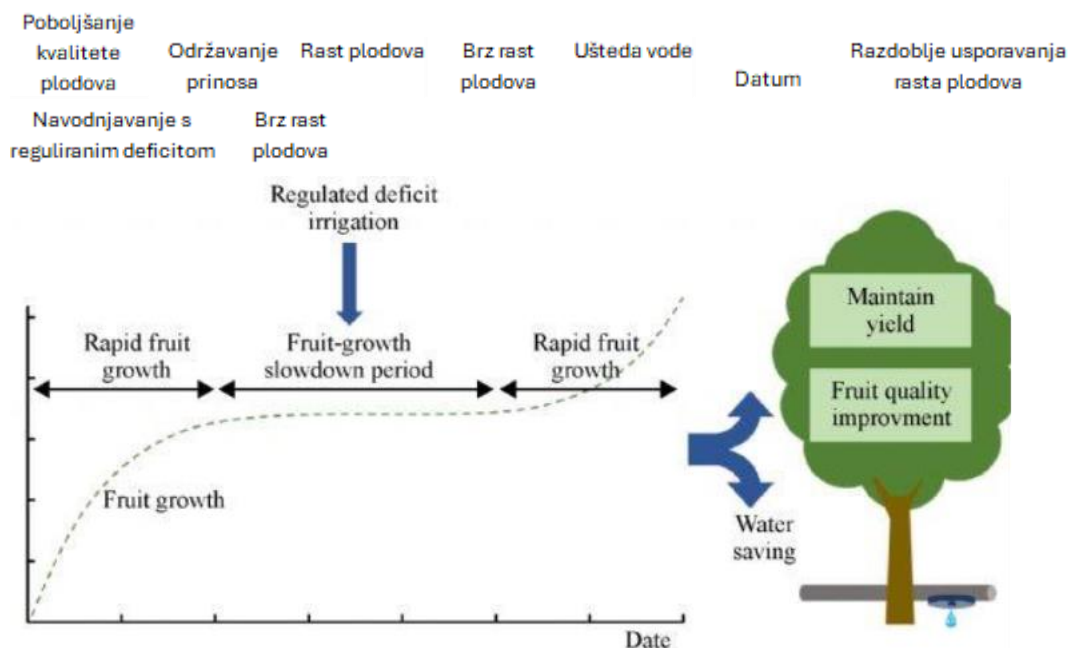
- *Deficitarno navodnjavanje u nasadima trešnje*

U komercijalnom voćnjaku u jugoistočnoj Španjolskoj (Jumilla) istraženo je ponašanje trešnje sorte Prime Giant u uvjetima deficitarnog navodnjavanja u polusuhoj mediteranskoj klimi. RDI-jem uz navodnjavanje pri ETc-u od 100% prije berbe i tijekom diferencijacije cvjetnih pupova te pri ETc-u od 55% nakon berbe smanjen je vegetativan rast tijekom četiri godine bez narušavanja ukupnog prinosa ili kvalitete plodova, a osobito njihove veličine. Tim je postupkom ostvarena ušteda vode od 39% u usporedbi s kontrolnim tretmanom bez ograničenja<sup>5</sup>. Osim toga, RDI je doveo do znatnog smanjenja pojave raspucavanja plodova i do nižeg indeksa raspucavanja, što produljuje rok trajanja plodova.

Isti je nalaz zabilježen i pri primjeni navodnjavanja s djelomičnim deficitom (PDI) od 30% i 50% nakon berbe tijekom tri godine u trešnjoj sorti Sweetheart u dolini Okanagan (južna Britanska Kolumbija, Kanada). Smanjenje vode nije imalo trajnih učinaka na status vode stabala, brzinu fotosinteze ili rast biljke<sup>5</sup>. PDI nije utjecao ni na prinos, kvalitetu plodova u toku berbe ili nakon skladištenja i rok trajanja plodova<sup>6</sup>. Ti nalazi upućuju na to da se tretmanima RDI i PDI u nasadima trešnje može bitno smanjiti potrošnja vode za navodnjavanje bez narušavanja produktivnosti ili kvalitete plodova.

- *Deficitarno navodnjavanje u nasadima badema*

Nadalje, u Maroku su procijenjeni učinci navodnjavanja s reguliranim deficitom (RDI) na smanjenje negativnih učinaka stresa zbog nedostatka vode na uspijevanje badema sorte Tuono. Navodnjavanje u nasadu badema sastojalo se od RDI-ja pri ETc-u od 75% odnosno ETc-u od 50% tijekom razdoblja usporavanja rasta ploda koja odgovaraju stadijima II (stvrđnjavanje ljuske) i III (završni stadij rasta ploda) (slika 3.). Zabilježeno je da je tijekom razdoblja usporavanja rasta ploda ostvarena ušteda do 50% vode, uz poboljšanje kvalitete plodova, bez smanjenja ukupnog prinosa<sup>7</sup>. Bademi uzgojeni u uvjetima deficitarnog navodnjavanja nazivaju se „[hydroSOStainable](#)“ („hidroodrživi“), što upućuje na to da su prihvatljivi za okoliš, štede vodu i imaju višu nutritivnu, funkcionalnu i osjetilnu kvalitetu. Taj je koncept razvijen u Španjolskoj i registriran u španjolskom Uredu za patente i žigove od 2017. godine<sup>8</sup>. Istraživanje o tome kako ta informacija utječe na ukus i sklonosti španjolskih i poljskih potrošača glede badema za prženje s oznakom „hidroSOStainable“ i onih s oznakom „konvencionalni“, u kojem su postavljena pitanja o stupnju zadovoljstva i spremnosti na plaćanje, pokazalo je da je 77% potrošača spremno platiti višu cijenu za bademe s oznakom „hydroSOStainable“<sup>8</sup>.



Slika 3. Grafički prikaz primjene navodnjavanja s reguliranim deficitom<sup>7</sup>

- Deficitarno navodnjavanje u nasadima maslina

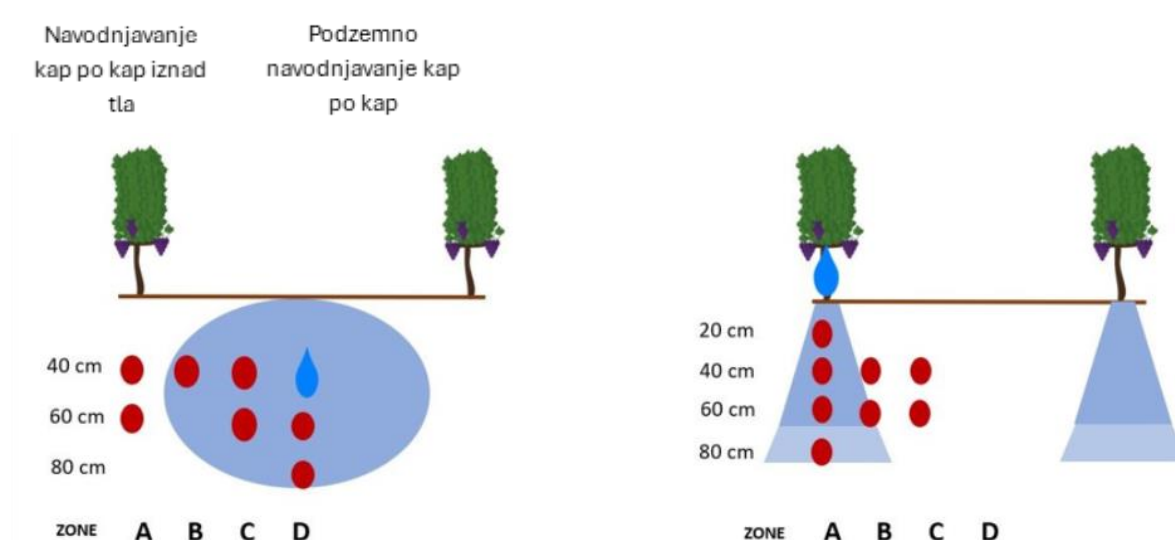
Deficitarno navodnjavanje primjenjivano je tri godine u mladom izrazito gustom nasadu masline sorte Arbequina u sjeveroistočnoj Španjolskoj<sup>9</sup>. Strategija RDI-ja (ETc 50%) primijenjena tijekom ljetnog vegetativnog rasta dala je obećavajuće rezultate zbog uštede vode od 19% bez utjecaja na težinu ploda pri berbi ili prinos ulja. U 17-godišnjem nasadu masline sorte Koroneiki niske gustoće na Cipru RDI pri ETc-u od 70% ETc tijekom stadija rasta osjetljivih na stres zbog nedostatka vode (rast izbojaka, [cvatnja](#) i zametanje pupova) odnosno pri ETc-u od 35% tijekom stadija rasta koji podnose stres zbog nedostatka vode (odrvanje koštice, nakupljanje ulja) doveo je do uštede vode za navodnjavanje od 32% bez utjecaja na prinos i kvalitetu maslina i ulja<sup>10</sup>.

### 1.1.3. Podzemno navodnjavanje

Francuska operativna skupina ([OG](#)) [OFIVO](#) istražila je učinak navodnjavanja kap po kap iznad tla i podzemnog navodnjavanja kap po kap u vinogradu pomoću kapacitivnih senzora (vlažni džepovi u tlu, slika 4.). Primjena podzemnog navodnjavanja (na dubini od 40 cm) na sredini međurednog prostora dovela je do nastanka vlažnih džepova u tlu većeg volumena (s okomitim i bočnim procjeđivanjem vode) nego primjena sustava za navodnjavanje kap po kap iznad tla (slika 5.). U podzemnom navodnjavanju voda dolazi do površine tla kapilarnošću bez promjene statusa vode loze ili prinosa u usporedbi s navodnjavanjem iznad tla.



Slika 4. Upotreba kapacitivnog senzora za ispitivanje ponašanja vode u tlu – [OG OFIVO](#)



Slika 5. Pozicioniranje kapacitivnog senzora u podzemnom navodnjavanju i navodnjavanju iznad tla<sup>11</sup>

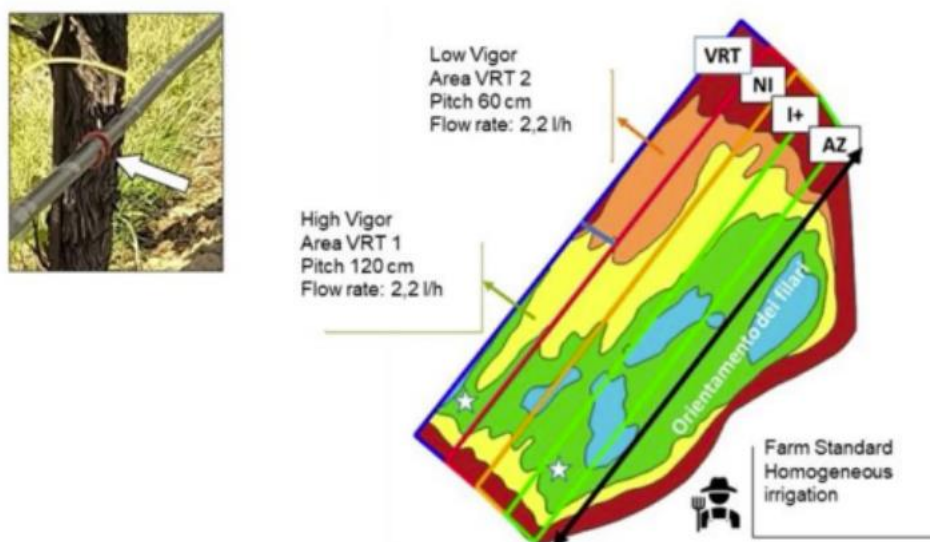
Podzemno navodnjavanje kap po kap olakšava strojno uklanjanje korova / suzbijanje korova i poboljšava širenje korijenja u međurednom prostoru. Glavna je prednost tog sustava navodnjavanja na mediteranskom području učinkovitost potrošnje vode, olakšavanje uspostave biljnog pokrova i održavanje vinogradarstva u sušnim područjima. Međutim, ugradnja tog sustava skuplja je nego ugradnja sustava navodnjavanja kap po kap iznad tla (za 20%) i neprikladna je za kamenita tla. Nadalje, primijenjena je strategija pune fertirigacije koja je pokazala najbolji omjer prinosa i zrelosti. Znatno su smanjeni unosi (30% manje gnojiva). Mora se uzeti u obzir i kraj životnog vijeka sustava te izbjeći onečišćenje tla ostacima plastike.

## 1.2. Pametni sustavi navodnjavanja

### 1.2.1. Nasad vinske sorte vinove loze

U sjevernoj Italiji operativna skupina [OG VIRECLI](#) primijenila je sustav preciznog navodnjavanja radi održavanja standarda proizvodnje i kvalitete grožđa za proizvodnju pjenušca čak i u najtežim godinama. Optimizacijom upotrebe vode postignuta je veća produktivnost uz izvrsnu kvalitetu u usporedbi s upravljanjem vodom na samom poljoprivrednom gospodarstvu i sustavima bez navodnjavanja, unatoč velikoj suši. Rezultati su bili posebno važni u vinogradima s većim potrebama za vodom.

Za ispravno projektiranje sustava navodnjavanja potrebna je temeljita analiza svojstava tla i njihove varijabilnosti unutar vinograda. To se može ostvariti najsuvremenijim tehnologijama poput onih koje se temelje na električnoj otpornosti i u visokoj su korelaciji s glavnim fizičko-kemijskim parametrima tla. Na temelju dobivenih podataka moguće je podijeliti vinograd u homogene zone unutar kojih su hidrološka svojstva tla ujednačena. Svaka homogena zona naposljetku se karakterizira pomoću podataka o tlu dobivenih istraživanjem te tako nastaje karta porasta (slika 6.). Na temelju prikupljenih informacija mijenja se pomak između kapaljki u vinogradu kako bi se ispunile potrebe definiranih homogenih zona za vodom (slika 7.). Navodnjavanje treba provoditi na temelju sustava potpore odlučivanju (DSS) koji u obzir uzima sadržaj vode u tlu i potrebe biljaka za vodom te vremensku prognozu kako bi se odredilo najbolje vrijeme za navodnjavanje. Ispitivani su sustavi Irriframe tvrtke ANBI, koji se temelji na klasičnoj ravnoteži vode, i Manna tvrtke Rivulis, integriran sa satelitskim podacima. Oba su sustava prikladno kalibrirana na temelju terenskih mjerenja stvarnog statusa vode biljke.



Slika 6. Primjer distribucije različitih postavki navodnjavanja i obilježja sustava navodnjavanja s promjenjivom brzinom – [OG VIRECLI](#)





Slika 7. Stezaljke (*hydro-clips*) koje se stavljaju na kapaljke i zatvaraju ih radi moduliranja pomaka i promjenjivosti brzine kapanja – [OG VIRECLI](#)

### 1.2.2. Nasad stolne sorte vinove loze

Potrošnja vode u nasadu stolnog grožđa od 2ha u regiji Apulija (južna Italija) može se kretati od 2000l do 6000l po sezoni, ovisno o primijenjenoj tehnici navodnjavanja i potrebama konkretne sorte, pri čemu je bitna učinkovita upotreba resursa. Operativna skupina [OG OLTREBIO](#) na jednom je seoskom gospodarstvu primijenila međusobno povezane senzore na razini tla i biljke (slika 8.) koji su povezani sa sustavom potpore odlučivanju (DSS) radi optimizacije potrošnje vode u nasadima stolne sorte vinove loze. Potrošnja vode registrira se i njome se upravlja po sezonama uz pomoć senzora s pristupom internetu (IoT senzora) na raznim razinama (tlo i biljka) pomoću lokalnih meteoroloških podataka (slika 9.). Podaci se prikupljaju u softveru Blueleaf®. Glavna komponenta, sustav DSS, prilagođena je prema nasadu stolnog grožđa i ima ključnu ulogu u upravljanju potrošnjom vode tijekom kritičnih razdoblja oskudice vode. Korist za korisnike DSS-a učinkovita je upotreba vodnih resursa: ušteda vode za oko 30% do 40%, ovisno o sezonskim trendovima, bez ugrožavanja produktivnosti ili kvalitete plodova.



Slika 8. Senzori na razini tla i biljke – [OG OLTREBIO](#)



Slika 9. Metoda komunikacije između hardvera i softvera – [OG OLTREBIO](#)

### 1.2.3. Nasad avokada

Radi veće ekonomske profitabilnosti i zahvaljujući novim klimatskim uvjetima, europski uzgajivači okreću se uzgoju avokada kao zamjeni za druge kulture. Avokado je osjetljiv na sušu i asfiksiju korijena pa zahtijeva točan volumen vode za rast i razvoj plodova. Zbog plitkog korijenja avokado ima ograničenu mogućnost iskorištavanja većeg volumena tla i potpunog iskorištavanja zaliha oborinske vode u tlu. Mnogi se poljoprivrednici tek moraju upoznati s najprikladnijim agrotehničkim mjerama u uzgoju avokada prilagođenim konkretnim uvjetima. U tom kontekstu operativna skupina [OG GO AVOCADO](#) predvodi razvoj novih postupaka uzgoja, npr. kapacitivnih senzora (slika 10.) u kombinaciji s dronovima i [agroklimatskim atlasima](#) (slika 11.). Prije sadnje potrebno je pregledati agroklimatski atlas kako bi se utvrdilo ima li parcela optimalne uvjete. Istodobno, za učinkovitost potrošnje vode nužan je dobar sustav navodnjavanja bez obzira na mjesto zemljišta. Za određivanje potreba za navodnjavanjem u pojedinom trenutku mogu se primijeniti kapacitivni senzori (neki su autonomni i rade s malim solarnim panelom). Tim se senzorima može odrediti sadržaj vlage u tlu, salinitet i temperatura na različitim dubinama tla. Procjena sadržaja vlage u tlu temelji se na mjerenju dielektrične konstante tla elektrodama koje mogu detektirati oscilacije u konstanti s obzirom na to da je tlo električki vodljiv supstrat. Te varijacije u vrijednosti dielektrične konstante u korelaciji su s kapacitetom tla ili sadržajem vlage. Isti se sustav upotrebljava i za procjenu saliniteta tla.



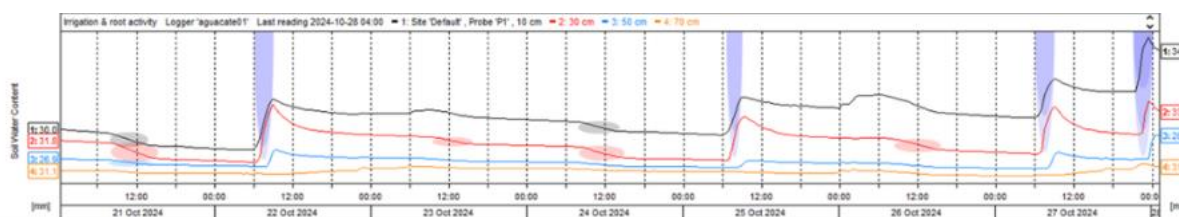
Slika 10. Kapacitivni senzor u nasadu citrusa slično primjenjenom od [OG GO AVOCADO](#)



Slika 11. Agroklimatski atlas – [OG GO AVOCADO](#)

Kapacitivni senzori precizno i u stvarnom vremenu mjere volumetrijski sadržaj vode u tlu (VWC), što omogućuje praćenje razine vlage u području korijena, otkrivanje promjena ili odstupanja nakon navodnjavanja ili oborina i prepoznavanje obrazaca sušenja između navodnjavanja. Zahvaljujući tim informacijama tehničar može učestalost i trajanje navodnjavanja prilagoditi stvarnim potrebama avokada. Osim toga, izbjegava se prekomjerno navodnjavanje i sprječava stres zbog nedostatka vode. Napokon, iako upotreba kapacitivnih senzora za upravljanje vodom u usjevima u početku zahtijeva dodatni trošak zbog visoke cijene tehnologije, primjenom točnih potrebnih količina ostvaruju se znatne uštede vode, gnojiva i energije.

Slika 12. prikazuje vlažnost detektiranu senzorima na četiri dubine (crno 10cm, crveno 30cm, plavo 50cm, žuto 70cm). Nakon svakog navodnjavanja sadržaj vode u tlu povećava se u većoj mjeri u prvim centimetrima i praktički je neosjetan na dubljim razinama. Crvene i crne točke pokazuju aktivnost korijena, tj. vrijeme kada korijenje upija vodu.



Slika 12. Grafikon s podacima iz kapacitivnog senzora o promjenama sadržaja vode u tlu na različitim dubinama i nakon navodnjavanja – [OG GO AVOCADO](#)

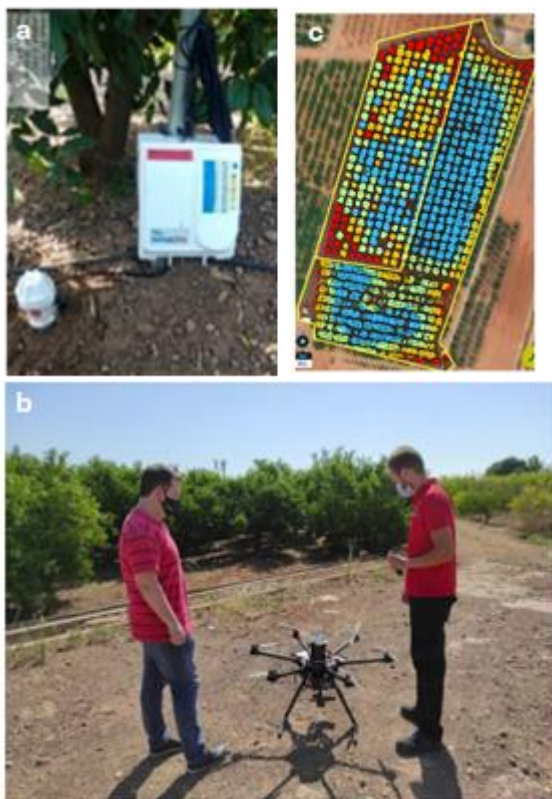
Kako bi odredila točnu količinu vode potrebnu avokadu, operativna skupina [OG GO AVOCADO](#) pratila je trenutačnu potrošnju i prilagodila režim navodnjavanja stvarnim potrebama biljke. Procjenjuje se da jedan hektar avokada troši oko 6300m<sup>3</sup> vode godišnje (Praktični priručnik za uzgoj avokada). Taj usjev treba neprekidno vlaženje u zoni korijena, a 50 % korijenja nalazi se u prvih 30 cm tla. U skladu s tim uočeno je da su povećanjem broja dana navodnjavanja i primjenom manje količine vode pri pojedinom navodnjavanju povećani prinosi u usporedbi s navodnjavanjem u većem broju dana većom količinom vode. Naime, kratkim i stalnim navodnjavanjem površina tla održava se stalno mokrom. Uočeno je da ugradnja kapaljki iznimno niskog protoka (0,6 l/h) raspoređenih u četiri reda cjevčica stvara neprekidno vlaženje u prvim centimetrima tla.

#### 1.2.4. Nasad agruma

Operativna skupina (OS) [OG GO CITRICS](#) provela je pokusno ispitivanje uzgoja agruma pomoću termografskih kamera, dronova, informacija dobivenih od satelita i kapacitivnih senzora kako bi se utvrdila područja s prekomjernim ili premalim navodnjavanjem i tako uspostavila ravnoteža u navodnjavanju. Pomoću dobivenih podataka može se utvrditi koliko je vode raspoloživo u sustavu navodnjavanja, a stečeno znanje može se, uz odgovarajuće korekcije, prenijeti uzgajivačima kako bi ga oni primijenili na svom gospodarstvu. U nekim proizvodnim područjima može biti teško primijeniti tu metodu jer je za upravljanje takvim tehnologijama potrebno znanje. Zbog tog razloga operativna skupina [OG GO CITRICS](#) radi na obuci uzgajivača kako bi im se olakšalo tumačenje dragocjenih informacija dobivenih senzorima i drugim sustavima praćenja. Kapacitivni senzori na terenu omogućuju optimalno planiranje navodnjavanja na temelju optimalnog vremena i potrebne količine vode koji se određuju prema vlažnosti tla izmjerenoj senzorima (slika 13a). Osim toga, podaci dobiveni dronovima opremljenim hiperspektralnom kamerom (slika 13b) i satelitskim snimkama omogućili su otkrivanje nedostataka u sustavima navodnjavanja, ističući područja s prekomjernim ili premalim navodnjavanjem (slika 13c). Ta se opažanja provode praćenjem vegetacijskih indeksa, kao što je normalizirani vegetacijski indeks (NDVI). Taj se parametar temelji na otkrivanju valnih duljina infracrvenog zračenja i pruža dragocjene informacije za sprječavanje stresa usjeva prije pojave simptoma na biljci. Otkrivanje stresa omogućuje njegovo rano uklanjanje, ispravak mogućih nedostataka i prilagođavanje strategija navodnjavanja potrebama usjeva. Osim toga, slojem malča od rižine slame ostvaruju se



koristi u smislu smanjenja potreba za navodnjavanjem za 30% i povećanja prinosa za 10% u usporedbi s tradicionalnim uvjetima s navodnjavanjem pri ETc-u od 100% i bez malčiranja.



Slika 13.a Kapacitivni senzor; 13.b Digitalna platforma s hidrološkim rezultatima; 13.c Dron opremljen termografskim kamerama – [OG GO CITRICS](#)

#### 1.2.5. Nasad badema

Još je jedan primjer DSS-a izravno praćenje biljke senzorom (*direct plant sensing*), inovativan alat za planiranje navodnjavanja kojim se određuje stres zbog nedostatka vode u bademima. Ta je tehnologija kombinacija senzora na biljci i algoritama stresa biljke. Tijekom dana deblo bademova stabla skuplja se zbog smanjenja razine vode. Što je stres veći, to je veće skupljanje, a deblo se ponovno popuni vodom noću. Softver se koristi tim mehanizmom skupljanja i bubrenja za kvantificiranje stresa zbog nedostatka vode<sup>11</sup>. Dendrometar automatski svaki dan mjeri status biljke (slika 14.) i rezultat izravno šalje na uzgajivačev mobilni telefon ili računalo. Softver automatski pretvara očitavanja u upozorenja o stresu i preporuke za navodnjavanje uz optimalnu upotrebu vode.





Slika 14. [Dendrometar](#)

#### 1.2.6. Nasad maslina

U mladom masliniku velike gustoće (sorta Arbequina) na sjeveroistoku Španjolske tri je godine primjenjivano precizno navodnjavanje na temelju dnevnog rasta debla izmjenjenog dendrometrom postavljenim 15cm iznad tla na glavnom deblu<sup>9</sup>. Na temelju podataka dobivenih dendrometrom u srpnju i kolovozu (ljetna stanka vegetativnog rasta) navodnjavanje se provodilo nakon dva uzastopna dana sa smanjenim promjerom debla. Dendrometar je mjerio svakih 15 minuta i rezultate mjerenja slao putem radija u dnevnik podataka. Proizvodnja maslinova ulja povećala se za 7%, a vegetativne varijable nisu pokazale bitno smanjenje, što je dovelo do uštede vode od 3 % u usporedbi s kontrolnom strategijom.

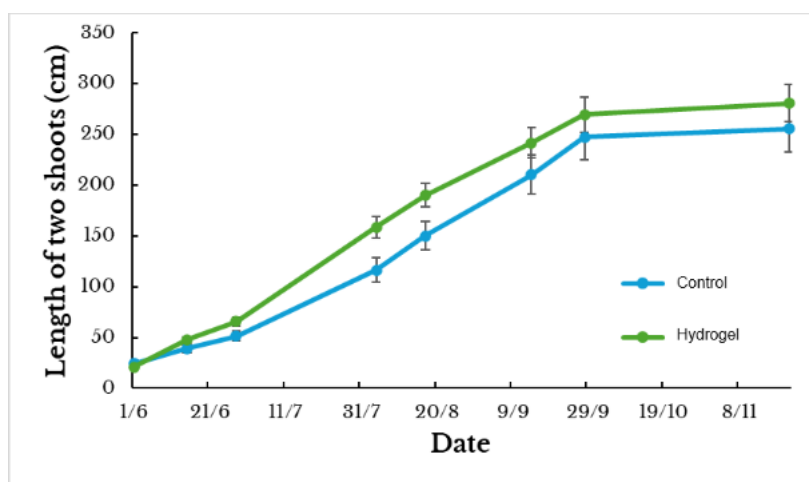
## 2. UZGOJ BEZ NAVODNJAVANJA

Ta se vrsta uzgoja oslanja na prirodnu vlagu koja se zadržava u tlu i posebne tehnike uzgoja kako bi se osiguralo da usjevi dobiju dovoljno vode za rast. Međutim, za uzgoj bez navodnjavanja je potrebna visoka razina vještina i iskustva jer uzgajivači moraju biti u stanju procijeniti status tla i prilagoditi tehnike promjenjivim vremenskim uvjetima.

### 2.1 Hidrogelovi za povećanje zadržavanja vode u tlu

Vinogradi na brežuljcima u pokrajini Emilia-Romagna (sjeverna Italija) sve su osjetljiviji na učinke klimatskih promjena. Rast temperature, neizvjesne oborine i dugotrajne suše sve više otežavaju tradicionalnu vinogradarsku praksu. Kao odgovor na taj problem u projektu [IN+VITE](#) istražena je upotreba hidrogelova, poznatih i kao superabsorbenti ili superupijajući polimeri, za povećanje zadržavanja vode u tlu i optimizaciju potrošnje vode u vinogradima koji se navodnjavaju samo oborinama. Ti materijali mogu apsorbirati i zadržati velike količine vode i postupno je otpuštati. Hidrogelovi čine mrežu polimernih lanaca s hidrofilnim skupinama koje im omogućuju upijanje vode težine do nekoliko stotina puta veće od vlastite. Zahvaljujući nedavnom napretku u proizvodnji biorazgradivih varijanti hidrogelova i smanjenju troškova njihove proizvodnje, oživjelo je zanimanje za njih, osobito s obzirom na to da klimatske promjene povećavaju oskudicu vode. Terenska su ispitivanja pokazala da je dodavanjem hidrogela pjeskovitom tlu znatno povećan njegov kapacitet zadržavanja vode. To poboljšanje

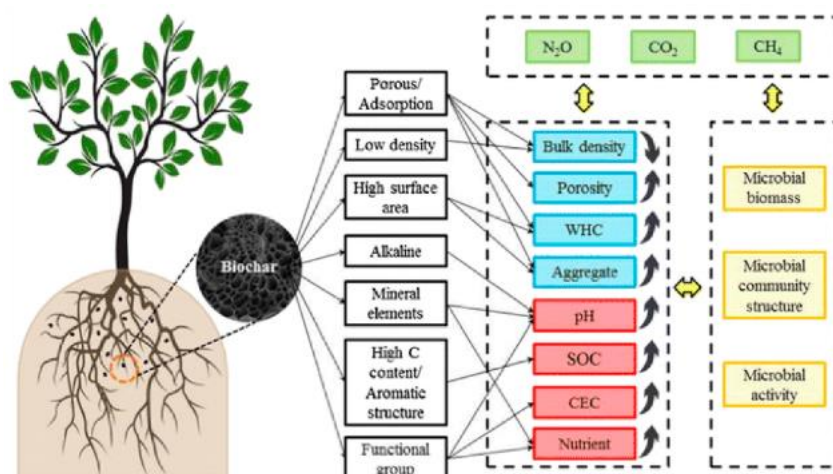
izravno dovodi do veće raspoloživosti vode za biljke, osobito u sušnim razdobljima, što smanjuje potrebu za navodnjavanjem te poboljšava rast (slika 15.) i preživljavanje loze, sa 6,2% odumrlih trsova u usporedbi s 15,6% u kontrolnom uzorku. Nadalje, hidrogel je primijenjen pri sadnji novog nasada vinove loze sorte Sauvignon Blanc u regiji Colli Piacentini. Preliminarni su rezultati pokazali da vinova loza tretirana hidrogelom ima bolji status vode i snažniji rast od one koja nije tretirana. Taj nalaz upućuje na to da bi hidrogelovi mogli imati ključnu ulogu u uspješnoj sadnji novih vinograda.



Slika 15. Utjecaj hidrogela na duljinu dvaju izbojaka vinove loze – projekt [IN+VITE](#)

## 2.2. Biogljen za povećanje zadržavanja vode u tlu

Biogljen nastaje zagrijavanjem biomase, npr. otpada iz voćnjaka ili ljuski badema, pri 500°C do 700°C u procesu koji se naziva piroliza. Time se dobiva crna kredasta tvar različite veličine čestica. Biogljen poboljšava zadržavanje hranjivih tvari zahvaljujući boljem kapacitetu izmjene kationa (CEC), povećava zadržavanje vode u tlu za do 300% (ovisno o vrsti biogljenja jer je njegova poroznost visoka), ispravlja kiselost, prozračuje tlo i razvija život mikroorganizama (slika 16.). Biogljen je vrlo stabilan proizvod: nakon primjene može imati zamjetan učinak i do 10 godina, a njegova upotreba na obradivu tlu može smanjiti učestalost navodnjavanja. To je posebno važno u područjima s oskudicom vode ili polusušnim područjima i na pjeskovitim tlima<sup>15</sup>.



Slika 16. Utjecaj biougljena na fizikalna, kemijska i hidraulička svojstva tla<sup>15</sup>

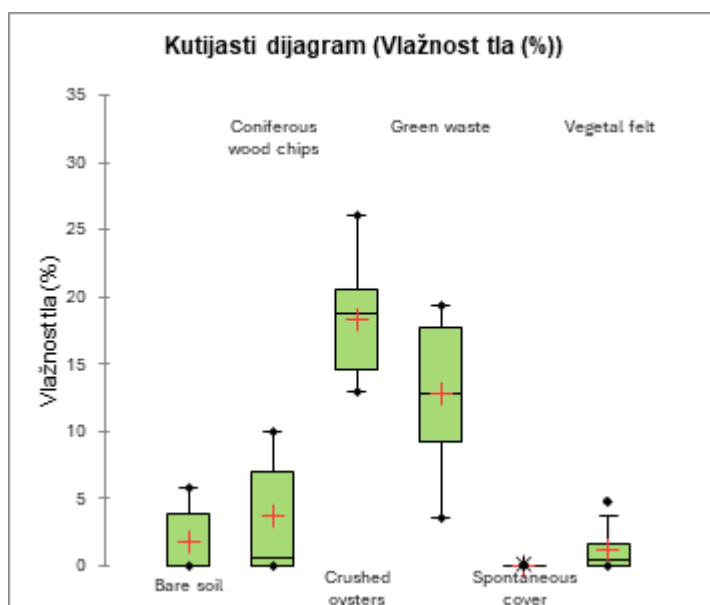
### 2.3. Agrotehnički postupci

Održivi agrotehnički postupci važni su za očuvanje zdravlja tla i ublažavanje negativnih učinaka na uspijevanje biljaka. Portugalska operativna skupina OG [New Practices in Rainfed Olive Groves](#) (Nova praksa u maslinicima koji se navodnjavaju samo oborinama) procijenila je učinke konvencionalne obrade i sjetve mahunarki kao jednogodišnjeg pokrovnog usjeva koji se sam rasijava na fiziološka svojstva biljaka i tla. Primjena pokrovnih usjeva na bazi mahunarki smanjila je rizik od erozije tla, poboljšala plodnost tla, spriječila gubitak sadržaja vode u tlu isparavanjem i povećala kapacitet zadržavanja vode. Stoga je upotreba pokrovnih usjeva na bazi mahunarki obećavajuća strategija za održivo gospodarenje tlom u nasadima maslina koji se navodnjavaju samo oborinama jer može osigurati brojne usluge ekosustava kao što su fiksacija dušika, staništa za korisne organizme i povećanje zadržavanja vode.

Eksperiment proveden u vinogradima u Francuskoj ([projekt VITIMULCH](#)) pokazao je da prisutnost neživog malča vanjskog podrijetla poput zelenog otpada i tkanina od jute, konoplje, kokosa i sl. te drobljenih kamenica (slika 17.) ispod trsa može povećati vlažnost tla do 20% u suhoj godini (ovisno o upotrijebljenoj sirovini, slika 18.). Nadalje, neživi malč može poboljšati strukturu i fizikalno-kemijska svojstva tla kao što su pH ili organske tvari. Primjerice, godišnja primjena kompostiranog zelenog otpada ispod trsa (15 cm debljine i 60 cm širine) povećala je sadržaj organske tvari u tlu s 1,6% na 4,3% i omogućila zadržavanje 10% više vlage u tlu nego u nepokrivenom tlu.



Slika 17. Tkanina od jute, konoplje, kokosa i sl. pod trsom



Slika 18. Vlažnost tla (%) na 15 cm dubine za razne vrste neživog malča vanjskog podrijetla ispod trsova vinove loze, berba 2023., projekt Vitimulch. Trake kutijastog dijagrama slijeva nadesno: nepokriveno tlo, drobljene kamenice, drvena sječka od crnogoričnog drva, zeleni otpad, prirodni pokrov, tkanina od jute, konoplje, kokosa i sl.

### 2.3.1. Obrisne linije

Degradacija tla u posljednjih 40 godina dovela je do smanjenja kapaciteta zadržavanja vode poljoprivrednog tla od oko 30 %, što je ugrozilo sposobnost reakcije tla na katastrofalne vremenske prilike<sup>16</sup>. Uvođenje tehnika obrade tla duž linija koje se nazivaju obrisne ili konturne linije (*keylines*) (slika 19.), utvrđenih duž prirodnih tokova vode, može znatno pridonijeti sprječavanju erozije tla i poboljšanju kapaciteta zadržavanja vode u tlu.

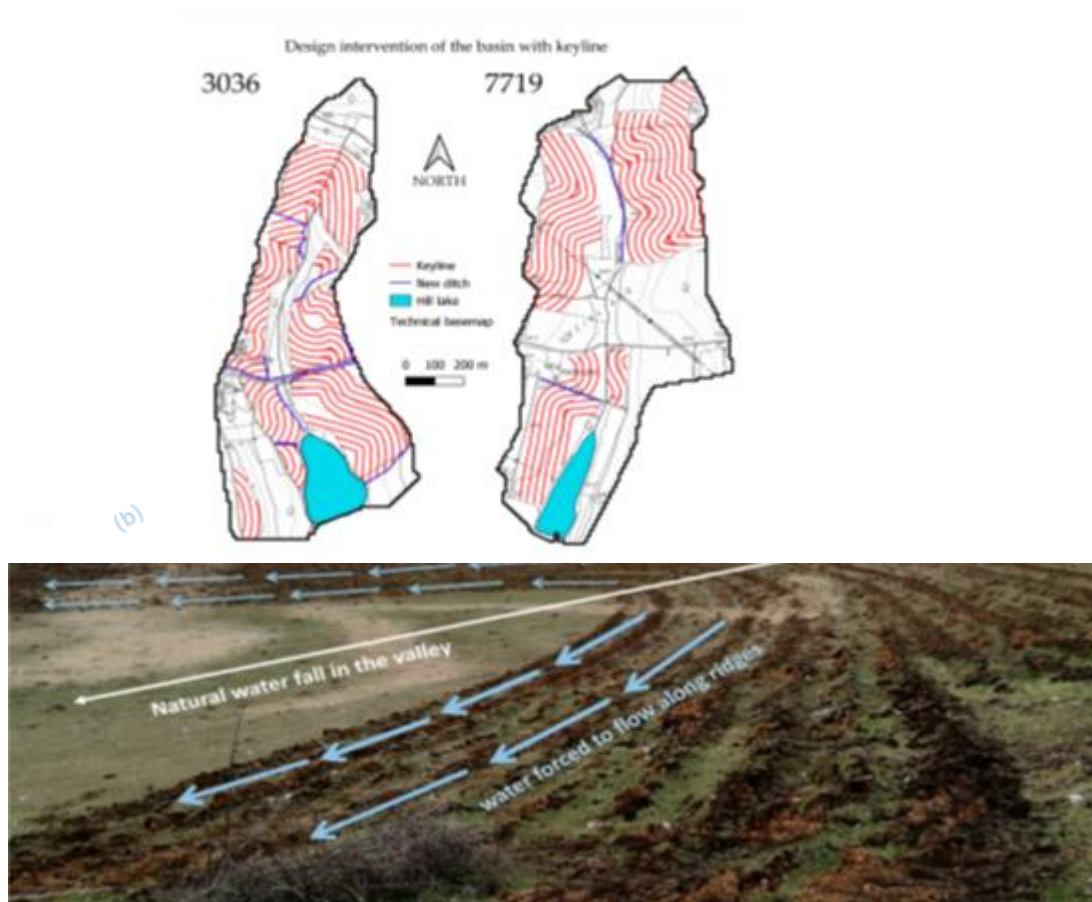


Slika 19. Obrisne linije u vinogradu Domaine des Quarres u dolini rijeke Layon u Francuskoj (fotografija: Domaine des Quarres)

Projektiranje po obrisnim linijama sustav je gospodarenja vodom u poljoprivredi koji se služi silom gravitacije za usporavanje otjecanja površinskih voda, njegovo prekidanje i polagano distribuiranje dalje od područja (dolina) s visokom razinom erozije. To se postiže oblikovanjem preciznih uzoraka obrade tla koji slijede konture toka vode uzvodno i nizvodno, osiguravajući ravnomjerno raspoređivanje vode po cijelom nagibu<sup>17</sup>.

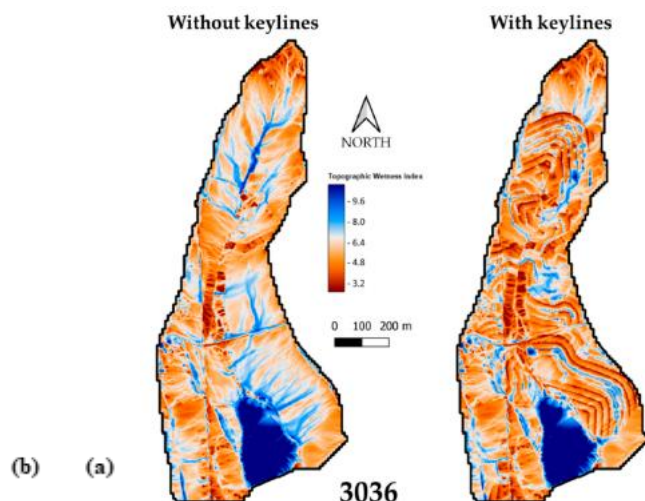
Dizajn obrisnih linija uvijek započinje topografskom izmjerom (GPS, dron, daljinsko očitavanje, totalna stanica) kako bi se dobila konturna karta područja. Koristeći se konturom kao referencijom, linija koja se naziva obrisna linija presijeca referentnu krivulju uzvodno s blagim nagibom. Razmještaj koji predstavlja uzorak obrade definira se ucrtavanjem obrisne linije usporedno s uzvodnim i nizvodnim tokovima (slika 20.). U praksi se tako voda prisiljava da teče u smjeru obrisnih linija postupcima oranja i uzgoja (npr. frezanje, drljarenje, sjetva, berba itd.) u ratarskim kulturama, prozračivanja kod pašnjaka i trajnih nasada te sustavima regulacije površinskih voda (npr. jarcima).





Slika 20. Raspored obrisnih linija na obradivom zemljištu (iznad) i primjer obrade duž uzorka obrisnih linija: a) prirodni pad vode u dolini; b) voda prisiljena teći duž brazda<sup>17</sup>

U istraživanju provedenom u Italiji utvrđeno je da su obrisne linije znatno utjecale na distribuciju otjecanja i vlažnost tla u dvama hidrografskim bazenima u Mugellu (Firenca)<sup>17</sup>. Uvođenjem obrisnih linija dubokih 20cm na razmaku oko 25m smanjuje se pojava erozije među obrisnim linijama, a istjecanje prati obrisne linije. Istraživanje je također pokazalo povećanje topografskog indeksa vlažnosti (TWI) zbog znatnog istjecanja u obrisnim linijama, što pokazuje da topografija određuje kretanje vode i prostorne uzorke vlažnosti tla (slika 21.).



Slika 21. Karte topografskog indeksa vlažnosti (TWI) (a) bez obrisnih linija i (b) s obrisnim linijama u istom bazenu<sup>17</sup>

### 3. MJERE PRILAGODBE

Poljoprivredni sektor najveći je potrošač vode u mediteranskim sušnim i polusušnim regijama: na vodu za navodnjavanje otpada 50% do gotovo 90% ukupne potrošnje vode<sup>18</sup>. Mnoge mediteranske zemlje (uključujući Egipat, Libiju, Tunis, Alžir, Maroko, Siriju, Maltu i Libanon) imaju raspoloživost vode manju od 1000m<sup>3</sup> po osobi godišnje<sup>19</sup>. Sustavi navodnjavanja zajedno s naprednim tehnologijama i dobrom praksom usmjerenom na dobivanje komplementarnih resursa mogu povećati učinkovitost navodnjavanja i smanjiti gubitak vode.

#### 3.1. Desalinizacija

Kapacitet desalinizacije u mediteranskom bazenu povećao se posljednjih nekoliko desetljeća te se predviđa da će proizvodnja desalinizirane morske vode na Bliskom istoku i u sjevernoj Africi 2040. biti trinaest puta veća nego 2014. godine. Alžir, Egipat, Izrael, Italija i Španjolska trenutačno su najnaprednije zemlje u tom smislu<sup>20</sup>. Desalinizacija je odgovor na globalnu oskudicu vode jer morska voda predstavlja obilan i stabilan izvor vode koji djelotvorno uklanja klimatološka i hidrološka ograničenja. Postojeće tehnologije desalinizacije uključuju:

- **Membranske tehnologije:** najčešća je tehnika reverzna osmoza (RO). Sastoji se od filtriranja vode pod visokim tlakom kroz membrane koje zadržavaju sol. Reverzna elektrodijaliza (EDR) drugi je membranski proces u kojem se soli odvajaju od vode primjenom razlike u električnom potencijalu.
- **Termičke tehnologije:** koriste se topline za isparavanje vode i njezinu kondenzaciju. Termičke tehnologije uključuju višestupanjsku frakcijsku destilaciju (MSF), višestruku destilaciju (MED), toplinski kompresor pare (TVC) i mehanički kompresor pare (MVC). Membranska destilacija (MD) novi je hibridni termički proces koji se koristi membranama.

Višestupanjska frakcijska destilacija i reverzna osmoza trenutačno dominiraju globalnim tržištem desalinizacije, pri čemu je potonja daleko najraširenija tehnologija u EU-u i čini 88,5% ukupnog kapaciteta<sup>21</sup>.

Postrojenja u EU-u mogu isporučiti do 3,4 milijarde m<sup>3</sup> desalinizirane vode (aktivni kapacitet), uglavnom iz morske i bočate vode. U EU-u postoji oko 2178 postrojenja za desalinizaciju (Španjolska 41%, Grčka 19%, Italija 18%, Njemačka 4% i Francuska 3%)<sup>21</sup>.



Slika 22. Geografska rasprostranjenost postrojenja za desalinizaciju u EU-u 27, 2024. godine<sup>21</sup>

Jedan od glavnih problema koji ograničavaju upotrebu desalinizirane morske vode (DSW) u poljoprivredi visoki su ekonomski i energetske troškovi u usporedbi s drugim izvorima opskrbe vodom. Potrebno je razmotriti neke agronomске aspekte kako bi se izbjegli neočekivani štetni učinci. Istaknuto je da održivost sustava zahtijeva i ispravljanje nekoliko problema s kvalitetom vode, uglavnom usmjerenih na poboljšanje kvalitete DSW-a putem tehnika desalinizacije kako bi se smanjila razina bora te na procese remineralizacije kako bi se uravnotežile koncentracije kationa i povećao pH i alkalnost.

Upotreba obnovljive energije za napajanje postrojenja za desalinizaciju potencijalno je rješenje za smanjenje troškova proizvodnje DSW-a. Kanarski otoci (Španjolska) područje su s visokim potencijalom energije vjetra i kapacitetom desalinizacije. U postrojenjima za desalinizaciju upotrebljava se energija vjetra kako bi se smanjio trošak DSW-a. Varijabilni trošak energije DSW-a može se u prosjeku godišnje smanjiti za 35%<sup>22</sup>. S druge strane, u postrojenju za desalinizaciju morske vode u Mutxamelu (SWDTP) u regiji Alicante na istočnoj obali Španjolske postavljena je fotonaponska elektrana kako bi se postigli konkurentni troškovi proizvodnje desalinizirane vode. Takva postrojenja smanjuju troškove energije za oko 50% i konačne troškove proizvodnje vode za 20% – 30%<sup>23</sup>.

### 3.2. Ponovna upotreba vode

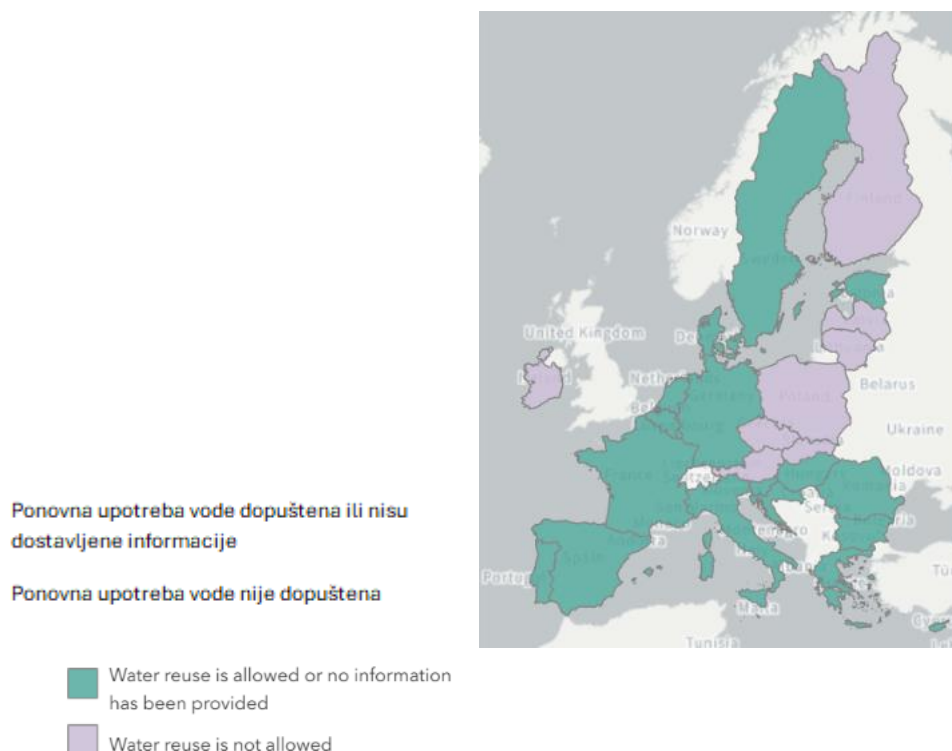
Količina otpadnih voda koja se proizvodi u zemljama južnog i istočnog Sredozemlja procjenjuje se na 81,34 bilionam<sup>3</sup>, što je čini vrijednim izvorom vode u smislu količine<sup>20</sup>. Međunarodne organizacije, npr. FAO, sve više potiču ponovnu upotrebu otpadne vode kako bi se očuvali vodni resursi. Procjenjuje se da je 2010. godine oko 20 milijuna hektara, tj. oko 10% navodnjavanog zemljišta bilo navodnjavano neobrađenom ili razrijeđenom otpadnom vodom, a samo 500 000 hektara pročišćenom otpadnom vodom. Stopa ponovne upotrebe otpadne vode može dosegnuti 90% u sušnim i polusušnim regijama (Izrael, Jordan), 25% do 30% na južnom Sredozemlju, 14% u Španjolskoj i 8% u Italiji<sup>24</sup>.

Godišnje se u EU-u pročišćava više od 40 milijardi m<sup>3</sup> otpadne vode, ali samo 2,4% pročišćava se za ponovnu upotrebu. Nekoliko zemalja vraća u upotrebu gotovo svu pročišćenu otpadnu vodu (do 89%), ali većina zemalja vraća samo mali postotak (u nekim slučajevima samo 5%) ili uopće ne primjenjuje ponovnu upotrebu vode. To pokazuje znatan potencijal učinkovitije upotrebe vode<sup>24</sup>.

Vraćanje obrađene otpadne vode (RWW) u upotrebu jedno je od rješenja na kojem treba raditi kako bi se osigurao stabilan pristup vodi, osobito za poljoprivredu i vinogradarstvo. Svrha mu je opskrba dodatnom količinom vode primjerene za određenu namjenu bez čekanja da se pročisti prirodnim ciklusom.

#### 3.2.1. Ponovna upotreba vode i navodnjavanje poljoprivrednih površina: regulativa

Uredbom EU-a od 25. svibnja 2020. o minimalnim zahtjevima za ponovnu upotrebu vode usklađuju se nacionalni propisi te bi se, pojednostavnjenjem odredbi, trebala olakšati upotreba obrađene otpadne vode. Kao cilj je postavljeno povećanje „s 1,7 milijardi m<sup>3</sup> na 6,6 milijardi m<sup>3</sup>“. Cilj je Uredbe učiniti upotrebu pročišćene otpadne vode za navodnjavanje usjeva sigurnom, transparentnom i dostupnom poljoprivrednicima. Cijeli tekst Uredbe dostupan je ovdje: [Uredba o ponovnoj upotrebi vode \(Uredba \(EU\) 2020/741\)](#).



Slika 23. Članice Europske unije u kojima je ponovna uporaba vode za navodnjavanje poljoprivrednih površina dopuštena odnosno nije dopuštena<sup>24</sup> (posljednje ažuriranje 14. listopada 2024.)

Uredba o ponovnoj upotrebi vode primjenjuje se od 26. lipnja 2023. Uredbom se utvrđuje sljedeće:

- minimalni zahtjevi glede kvalitete vode u Europskoj uniji za sigurnu ponovnu upotrebu pročišćenih komunalnih otpadnih voda u navodnjavanju poljoprivrednih površina
- usklađeni minimalni zahtjevi glede praćenja pojedinih parametara kvalitete vode, osobito učestalosti praćenja, i zahtjevi glede validacijskog praćenja
- odredbe o upravljanju rizicima za procjenu i rješavanje potencijalnih dodatnih zdravstvenih rizika za ljude i životinje i mogućih rizika za okoliš
- zahtjevi za dopuštanje proizvodnje i isporuke obrađene otpadne vode
- transparentnost: moraju se objaviti glavne informacije o svakom projektu ponovne upotrebe vode.

Europsko zakonodavstvo definira četiri kategorije kvalitete vode (A, B, C, D)<sup>25</sup> koje se mogu upotrebljavati ovisno o vrsti usjeva (za prehranu, preradu, industriju) i vrsti distribucije vode (s kontaktom ili bez kontakta s usjevom). Za navodnjavanje vinove loze kap po kap zahtijeva se kvaliteta C, ovisno o lokaciji.



### 3.2.2. Agronomski učinci

Analizom rizika povezanih s prikupljanjem vode i uspostavom preventivnih mjera mogu se znatno smanjiti problemi potencijalnog onečišćenja. Tokovi teških metala opaženi na dvjema probnim postajama proučavanim u južnoj Francuskoj u skladu su s preporukama Svjetske zdravstvene organizacije za vodu za navodnjavanje. Primjerice, za cink i bakar protok je bio 100 do 1000 puta niži od standarda za razastiranje mulja iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda, s unosom od 80mm do 100mm godišnje akumuliranim tijekom deset godina.

Što se tiče molekula droga, rizici u proizvodnji vina vrlo su mali ili ne postoje s obzirom na to da nema kontakta plodova s vodom. Praćenjem nekoliko molekula u grožđu i vinu s probnih parcela u Francuskoj nije dokazana kontaminacija.

Velik je problem utjecaj obrađene otpadne vode na žive mikroorganizme u tlu. U raznim se radovima tvrdi da se u tlima koja se navodnjavaju obrađenom otpadnom vodom sastav i sklop mikrobnih zajednica tla mijenjaju uglavnom zbog promjena u kemiji tla i fiziologiji biljaka uzrokovanih primjenom obrađene otpadne vode<sup>26; 27</sup>.

Što se tiče opskrbe gnojivima, u tablici 1. prikazani su podaci o unosu hranjivih tvari na temelju unosa obrađene otpadne vode u dvama eksperimentalnim vinogradima na jugu Francuske. Omjer dušika između dva vinograda iznosi 1:10. Voda u prvom vinogradu može osigurati dušik u količini do 40 U/ha, dok su količine u drugom vinogradu zanemarive. Unos fosfora u oba je slučaja zanemariv, što je zadovoljavajuće jer je opskrba tla u vinogradima tim elementom uvijek dovoljna. Što se tiče kalija, maksimalna primjena od 30 U/ha odgovara gnojidbi za održavanje stanja<sup>28</sup>. Ti su unosi pozitivan aspekt tehnologije ponovne upotrebe otpadnih voda, ali treba imati na umu nekoliko elemenata:

- Razdoblje zalijevanja na kraju ciklusa vinove loze ne podudara se s optimalnim vremenom primjene dušika. Nužno je obratiti pozornost na rizik prijenosa tijekom jesenskih oborina, ovisno o tlu.
- Za neke vrlo vitalne parcele unos od 40 U/ha može biti prevelik: kako upravljati razlikom među potrebama pojedinih parcela?
- Kada je riječ o kaliju, treba paziti na rizik neravnoteže u omjeru K/Mg.

**Tablica 1.** Podaci o unosu hranjivih tvari na temelju unosa obrađene otpadne vode u dvama eksperimentalnim vinogradima na jugu Francuske<sup>28</sup>

| Godišnja količina vode po hektaru |      | Osigurani makronutrijenti (kg/ha) i postoci u odnosu na godišnje potrebe |     |   |            |      |   |
|-----------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------|-----|---|------------|------|---|
| (m <sup>3</sup> )                 | (mm) | Vinograd 1                                                               |     |   | Vinograd 2 |      |   |
|                                   |      | N                                                                        | P   | K | N          | P    | K |
| 300                               | 30   | 13                                                                       | 0,3 | 9 | 0,7        | 0,04 | 8 |

|      |     |    |     |    |     |      |    |
|------|-----|----|-----|----|-----|------|----|
| 500  | 50  | 21 | 0,6 | 15 | 1,1 | 0,07 | 14 |
| 750  | 75  | 32 | 0,9 | 23 | 1,7 | 0,11 | 21 |
| 1000 | 100 | 42 | 1,1 | 30 | 2,2 | 0,14 | 28 |

**Zaključno**, primjena obrađenih otpadnih voda zasad ovisi o promjenama u propisima i povećanju potražnje za vodom za navodnjavanje poljoprivrednih površina u odnosu na druge namjene. Visok trošak ulaganja u dodatnu obradu tijekom ograničenog razdoblja upotrebe (dva mjeseca u slučaju vinogradarstva) znači da treba poticati višenamjenske projekte (gradska čistoća, protupožarna zaštita, zelene površine, različiti usjevi itd.). Svaki novi projekt trebao bi uzeti u obzir analizu životnog ciklusa u usporedbi s konvencionalnijim izvorom opskrbe vodom. U nekim slučajevima ponovna upotreba možda neće biti dobro rješenje.

#### 4. KVALITETA VODE ZA NAVODNJAVANJE

Kod navodnjavanja kemijska kvaliteta vode može utjecati na zdravlje i dugovječnost biljke te učinkovitost uspostavljenog sustava, osobito kod podzemnog navodnjavanja. Kod fertirigacije svakoj upotrebi mora prethoditi vlaženje cijevi i ispiranje bistrom vodom tijekom jednog ili dva sata kako bi se izbjeglo nakupljanje taloga koji bi mogao dovesti do začepjenja. Zimi sve cijevi moraju biti potpuno drenirane kako bi se spriječilo smrzavanje ili rast algi. Upotreba onečišćene vode za navodnjavanje negativno je utjecala na neka poljoprivredna gospodarstva u okrugu Ayaş u Središnjoj Anatoliji u Turskoj, dovevši do ujednačenosti distribucije (DU) od 63% do 91%, što pokazuje moguće začepjenje kapaljki te neujednačen mlaz. To je pak dovelo do potrebe za primjenom visokog tlaka, a time i do visokih troškova navodnjavanja<sup>29</sup>. Upravljanje rizikom, osobito začepjenja, pomaže u ograničavanju troškova održavanja sustava.

Nadalje, upotreba vode niske kvalitete kao što je oporabljena otpadna voda može uzrokovati razne probleme, npr. toksičnost usjeva, narušavanje kvalitete tla, širenje parazita i nedostatke u sustavima navodnjavanja. Postoje stoga razne klasifikacije kvalitete vode za ocjenu kvalitete vode i njezine uporabljivosti u svrhu navodnjavanja. Najčešće se upotrebljava klasifikacija Organizacije Ujedinjenih naroda za hranu i poljoprivredu (FAO)<sup>30</sup> u kojoj su problemi kvalitete vode u poljoprivredi koja se koristi navodnjavanjem podijeljeni u četiri skupine povezane sa sljedećim:

- Salinitet: soli u tlu ili vodi toliko smanjuju raspoloživost vode za usjeve da to utječe na prinos
- Brzina infiltracije vode: relativno visok sadržaj natrija ili nizak sadržaj kalcija u tlu ili vodi toliko smanjuje brzinu kojom voda za navodnjavanje ulazi u tlo da se ne može infiltrirati dovoljna količina vode da bi usjev bio dovoljno opskrbljen do sljedećeg navodnjavanja
- Toksičnost za određene ione: određeni ioni (npr. natrij, klorid ili bor) iz tla ili vode mogu se akumulirati u osjetljivim usjevima do koncentracija koje su dovoljno visoke da prouzroče štetu na usjevu i smanje prinose

- Razno: prekomjerne hranjive tvari smanjuju prinos ili kvalitetu, ružne naslage na plodu ili lišću smanjuju tržišnu vrijednost, a prekomjerna korozija opreme povećava potrebu za održavanjem i popravcima.

U okviru projekta [ACCBAT](#) razvijen je softver za provjeru kvalitete vode za navodnjavanje (IWQT), jednostavan za primjenu, namijenjen poljoprivrednicima u Jordanu, Tunisu i Libanonu, a kojemu je cilj povećanje upotrebe pročišćene otpadne vode i desalinizirane bočate vode za navodnjavanje. Utvrđeni su najvažniji i najjeftiniji parametri kvalitete vode za navodnjavanje i grupirani u tri razreda kvalitete prema utjecaju na i) prinos usjeva i plodnost tla (agronomski pokazatelji kvalitete), ii) zdravlje ljudi (pokazatelji higijene i kvalitete zdravlja) te iii) sustave navodnjavanja (pokazatelji kvalitete upravljanja). Popis parametara softvera IWQT i njihovih pragova kvalitete prikazani su u tablici 2.

**Tablica 2.** Popis parametara koji se upotrebljavaju u softveru za provjeru kvalitete vode za navodnjavanje (IWQT) i njihovih pragova kvalitete<sup>31</sup>

| Parametar         | Jedinica mjere                                     | Prikladno za navodnjavanje | Upozorenje  | Ekstremna ograničenja |
|-------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------|
| pH                |                                                    | 6,00 – 8,00                | 5,00 – 5,99 | < 5,00                |
|                   |                                                    |                            | 8,01 – 9,00 | > 9,00                |
| EK                | dS m <sup>-1</sup>                                 | < 0,70                     | 0,70 – 6,50 | > 6,50                |
| SAR               |                                                    | < 3,00                     | 3,00 – 9,00 | > 9,00                |
| E. Coli           | Srednji broj na 100 ml                             | < 1000                     |             | > 1000                |
| Crijevne nematode | Aritmetička sredina broja jajašaca L <sup>-1</sup> | < 1                        |             | > 1                   |
| TSS               | mg L <sup>-1</sup>                                 | < 200                      | 200 – 400   | > 400                 |
| HCO <sub>3</sub>  | mg L <sup>-1</sup>                                 | < 150                      | 150 – 300   | > 300                 |
| Fe                | mg L <sup>-1</sup>                                 | < 0,50                     | 0,50 – 1,50 | > 1,50                |
| Mn                | mg L <sup>-1</sup>                                 | < 0,10                     | 0,10 – 1,50 | > 1,50                |
| H <sub>2</sub> S  | mg L <sup>-1</sup>                                 | < 0,50                     | 0,50 – 2,00 | > 2,00                |

IWQT daje niz [preporuka](#) sastavljenih tako da se uzgajivače usmjeri u upotrebi vode za navodnjavanje niske kvalitete čije vrijednosti prelaze prag u stupcu 'UPOZORENJE'.

**PODTEMA 4**  
**PRILAGODBA PROCESA**  
**U LANCA OPSKRBE**  
**HRANOM KLIMATSKIM**  
**PROMJENAMA I**  
**DIVERSIFIKACIJI**



## PODTEMA 4

### Prilagodba procesa u lanca opskrbe hranom klimatskim promjenama i diversifikaciji

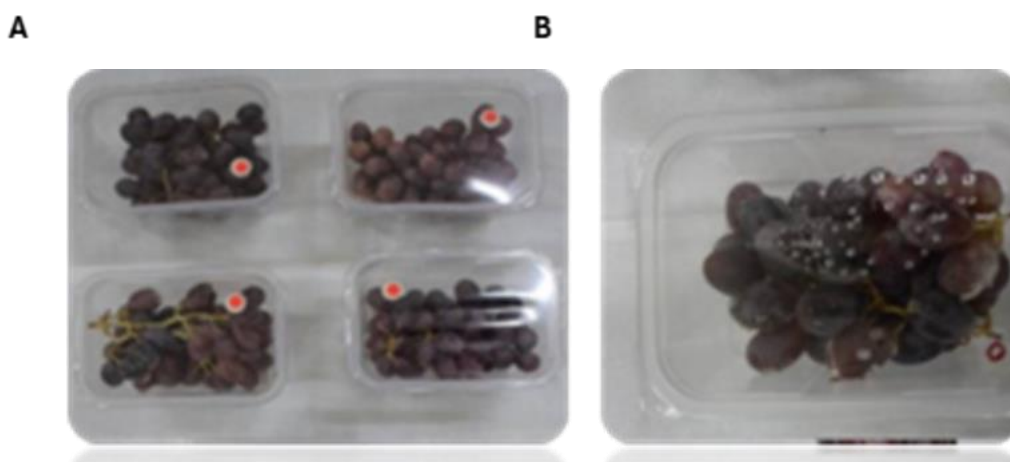
Klimatske promjene predstavljaju velike globalne izazove koji utječu na lance opskrbe hranom u područjima kao što su poljoprivredna proizvodnja, prihodi, cijene, pristup, kvaliteta i sigurnost. Fluktuacije temperature i češće ekstremne vremenske prilike kao što su toplinski valovi, poplave i suše utječu na prinose, kvalitetu i sezonalnost voća<sup>1</sup>. Promjene i poremećaji u okolišu mogu utjecati na sve aspekte lanca opskrbe hranom – proizvodnju, preradu, prijevoz, veleprodaju, maloprodaju i potrošnju<sup>2</sup>. Mediteranska regija, poznata po raznolikoj proizvodnji voća, uključujući masline, agrume, grožđe, smokve, nar i koštičavo voće, suočava se s velikim izazovima zbog klimatskih promjena. Sve veće temperature, produljene suše i promjenjivi obrasci oborina utječu na prinose, kvalitetu i sezonalnost voća. Istodobno se sklonosti potrošača pomiču prema raznolikijoj, lokalnoj i na održiviji način proizvedenoj hrani, što zahtijeva preobrazbu u cijelom vrijednosnom lancu voća. Strategije za jačanje otpornosti lanca opskrbe hranom na klimatske promjene uključuju: **prilagodbu nakon berbe**, osobito u skladištenju i pakiranju, **prilagodbu prerade plodova**, osobito u proizvodnji vina, **optimizaciju procesa radi uštede energije**, **izgradnju energetski učinkovitih objekata** i **uporabu IT alata u proizvodnji, fleksibilne logistike i nabave iz lokalnih izvora**.

#### 1. INOVACIJE U PRERADI

##### 1.1. Prilagodba nakon berbe putem inovativne tehnologije pakiranja

EU godišnje stvara približno 59 milijuna tona otpada od hrane<sup>3</sup> koji se uglavnom sastoji od voća i povrća i odgovoran je za 16 % emisija stakleničkih plinova. Smanjenjem otpada štede se resursi u proizvodnji hrane i EU nastoji do 2030. godine upola smanjiti globalno rasipanje hrane na razini maloprodaje i potrošača, smanjujući gubitke u proizvodnji hrane i lancima opskrbe. Kao jedan od načina za ostvarenje tog cilja razvijene su razne prakse nakon berbe namijenjene produljenju roka valjanosti i kvalitete kvarljivog voća. Sve veća potražnja za ekološkim proizvodima i proizvodima bez pesticida potiče zanimanje za tretmane s izmijenjenom atmosferom i pakiranja s niskim udjelom kisika koji utječu na metaboličku aktivnost tkiva plodova i patogena. Tržište zbog toga zahtijeva stalne inovacije u ambalaži, što dovodi do sve veće potražnje za novim tehnološkim rješenjima<sup>4</sup>. U okviru talijanske operativne skupine OG OLTREBIO, tvrtka Ninetek Ltd i Sveučilište u Basilicatu razvili su i patentirali BlowDevice®, inovativni uređaj koji omogućuje dvosmjernu izmjenu plinova kroz hermetički zatvorenu ambalažu kako bi se dobio učinak paropropusnosti. Uređaj služi za upravljanje atmosferom u praznom prostoru u ambalaži voća i povrća pakiranog u izmijenjenoj atmosferi. Visoka razina ugljikova dioksida ili niska razina kisika reguliraju izmjenu plinova kod proizvoda s različitim stopom respiracije, izbjegavajući stvaranje magle na unutarnjoj površini pakiranja (slika 1)<sup>5</sup>.





Slika 1: Ekološko stolno grožđe pakirano u izmijenjenoj atmosferi: (A) u paropropusnoj ambalaži s uređajem BlowDevice® i (B) bez uređaja BlowDevice®, s vidljivim stvaranjem magle<sup>6</sup>

Uređaj je dizajniran u nekoliko verzija s biorazgradivim i održivim materijalima, uključujući Mater-bi i polilaktičnu kiselinu (PLA). Osim toga, na portalu Innovation Radar Portal<sup>7</sup> Europska komisija proglasila je mikrotehnologiju BlowDevice® u biorazgradivim folijama „ključnom tehnologijom“ za Europu. Uređaj je kombiniran s ambalažom s izmijenjenom atmosferom (*modified atmosphere packaging*, MAP) kako bi se produljio rok valjanosti ekološkog stolnog grožđa (sorta Superior i Scarlotta Seedless) i ekoloških trešanja (sorta Lapins i Sweet Heart), uglavnom u hladnjačama. Uz BlowDevice® kvaliteta ekološkog stolnog grožđa očuvala se 45 dana i pojava gnijiljenja pala je za više od 98 % u usporedbi s uzorcima pakiranim bez tog uređaja.



Slika 2: Grozdovi grožđa sorte Superior Seedless pakirani s uređajem BlowDevice® (gore) i s mikrorupicom (dolje)<sup>8</sup>

Nadalje, kako bi se simulirali uvjeti skladištenja proizvoda na razini tvrtke, proveden je eksperiment na ekološkom stolnom grožđu i ekološkim trešnjama u kojem je svježe voće

zapakirano u vreće od 5 – 6 kg s uređajem BlowDevice® i skladišteno u hladnjače. Nakon 15 dana u hladnjači voće pohranjeno u vrećama prepakirano je u kutijice od približno 300 g s uređajem BlowDevice® u ambalaži s izmijenjenom atmosferom kako bi se simulirali uvjeti u distribuciji i maloprodaji. Ambalaža s uređajem BlowDevice® pokazala je 62%-tno smanjenje gnijiljenja ekološkog stolnog grožđa sorte Arra30 nakon 56 dana u hladnjači u usporedbi s uzorcima u otvorenim kutijama i 50 %-tno smanjenje gnijiljenja ekoloških trešanja sorte Sweet Heart nakon 62 dana u usporedbi s uzorcima u hermetički zatvorenim spremnicima ([ioš neobjavljeni podaci](#)). U nedavnim ispitivanjima uređaj BlowDevice® ispitan je u kombinaciji s ambalažom s izmijenjenom atmosferom u ekološkim jagodama (sorta Melissa), kod kojih je rok valjanosti produljen za čak devet dana<sup>9</sup>, i u smokvama (sorta Dottato), kod kojih je visoka kvaliteta održana do 21 dan pri 2 C<sup>10</sup>. Paropropusna ambalaža s tehnologijom BlowDevice® profitabilno je i održivo rješenje za sprječavanje gnijiljenja kvarljivih svježih plodova nakon berbe, smanjenje gubitka hrane i povećanje utrživosti.

## 1.2. Prilagodbe u preradi hrane

U ovom se poglavlju govori o strategijama prilagodbe procesa prerade hrane klimatskim promjenama, uključujući optimizaciju tehnika za promijenjene karakteristike sirovina i osiguravanje proizvodnje usklađene s tržištem. Povećanjem održivosti i fleksibilnosti pridonosi se kvaliteti proizvoda i dugoročnoj održivosti u uvjetima promjenjive klime.

### 1.2.1. Vino: metode zakiseljavanja i dealkoholizacije

Posljednjih su godina klimatske promjene i rast temperature znatno utjecali na proizvodnju grožđa i vina. Berbe su sada ranije zbog bržeg sazrijevanja bobica, što dovodi do (i) viših razina šećera, (ii) većeg širenja mikroorganizama, (iii) višeg sadržaja alkohola, (iv) smanjene kiselosti i viših pH vrijednosti, (v) neuravnoteženih organoleptičkih svojstava i (vi) većih problema u vezi sa zdravstvenom ispravnosti (npr. mikotoksinima)<sup>11, 12</sup>. Te promjene ugrožavaju tipičnost vina i održivost. Trenutačne mjere koje provode vinarije uključuju zakiseljavanje i dealkoholizaciju.

#### • Zakiseljavanje vina

Kiselost vina ima ključnu ulogu u organoleptičkoj ravnoteži te pridonosi svježini, trpkosti i reskosti. Smanjenje ukupne kiselosti mijenja boju i povećava nestabilnost mikroorganizama. Kiselost utječe na kontrolu vrenja, očuvanje arome i djelotvornost SO<sub>2</sub>, koja se smanjuje s porastom pH vrijednosti. Mogu se primijeniti razne metode zakiseljavanja u okviru propisanih granica: dokiseljavanje ne smije prijeći 53,3 miliekvivalenta po litri (4 g/l vinske kiseline) za mošt i vino ([Uredba \(EU\) 1308/2013 izmijenjena Uredbom \(EU\) 2021/2117](#)).

Trenutačno postoje metode za kemijsko, fizikalno i mikrobiološko zakiseljavanje:

#### • Kemijsko zakiseljavanje

Prema definiciji Međunarodne organizacije za vinogradarstvo i vinarstvo (OIV), kemijsko zakiseljavanje znači povećanje titracijske kiselosti dodavanjem organskih kiselina (smiju se upotrebljavati samo mliječna kiselina, jabučna kiselina, vinska kiselina, limunska kiselina i

fumarna kiselina), ako je to dopušteno, u vino i mošt radi zakiseljavanja. Zakiseljavanje se najčešće provodi dodavanjem vinske kiseline tijekom vinifikacije (tj. prije, tijekom i nakon vrenja). Različiti moštovi ili vina mogu se znatno razlikovati po ionskoj ravnoteži i sposobnosti puferiranja; osim toga, postoje varijacije u pH vrijednosti i ukupnoj kiselosti i kod istog tretmana. Stoga se količina kiseline koja se dodaje određuje za svaki slučaj zasebno, na temelju pH vrijednosti i ukupne kiselosti.

- **Vinska kiselina:** Zakiseljavanje vinskom kiselinom poznato je već odavno, ali ima neka ograničenja, npr. poteškoće u točnom predviđanju razine zakiseljenja.
- **Jabučna i mliječna kiselina:** Zakiseljavanje organskom kiselinom provodi se na kraju jabučno-mliječnog vrenja, osim dodavanja jabučne kiseline koje se provodi na kraju alkoholnog vrenja.
- **Fumarna kiselina:** OIV je 2024. godine odobrio zakiseljavanje fumarnom kiselinom.

- *Fizičko zakiseljavanje*

Dvije su fizičke tehnike zakiseljavanja – elektrodijaliza i smole za izmjenu kationa – koje se često upotrebljavaju. U elektrodijalizi sustav se koristi konfiguracijom s bipolarnom membranom i kationskom membranom, koja omogućuje selektivno izdvajanje kationa. Ta metoda smanjuje prije svega sadržaj kationa kalija bez utjecaja na druge elemente i bez potrebe za dodavanjem kemikalija u mošt ili vino. Za usporedbu, zakiseljavanje smolama za izmjenu iona uključuje tretiranje samo dijela vina, koje se jako zakiseli prije nego što se ponovno umiješa u izvorno vino.

Nadovezujući se na te fizičke metode, Francuski institut za vinogradarstvo i vinarstvo (IFV) istražio je razne strategije zakiseljavanja u vinariji kao glavne metode prilagodbe postupaka proizvodnje vina klimatskim promjenama. Među odobrenim tehnikama zakiseljavanja po preciznosti se ističu fizičke metode jer omogućuju kontroliranu prilagodbu pH vrijednosti čak i pri visokim razinama zakiseljavanja. Odlikuju se visokom automatizacijom koja omogućuje 24-satni pogon, no s tim povezani troškovi ulaganja mogu biti znatni. Prednost je smola za izmjenu iona njihov visok učinak uz niža ukupna ulaganja jer treba tretirati samo djelić spremnika. Iako je vinska kiselina i dalje najdjelotvornija organska kiselina za zakiseljavanje, uz nju je teško predvidjeti konačnu razinu kiselosti. Jabučna kiselina pogodna je samo za crna vina prije jabučno-mliječnog vrenja i pridonosi očuvanju mikrobiološke stabilnosti, dok se mliječna kiselina, iako je najjeftinija, rijetko primjenjuje u praksi i smatra se „mekšom“ kiselinom koja je primjerenija profilima crvenih vina<sup>13</sup>.

- *Mikrobiološko zakiseljavanje*

Kvasci koji nisu iz roda *Saccharomyces* i bakterije mliječne kiseline ključni su mikroorganizmi za biološko zakiseljavanje u enologiji. Jednim sveobuhvatnim istraživanjem ispituju se vrste/sojevi s potencijalom za biološko zakiseljavanje mošta i vina<sup>14</sup>. Tradicionalno, divlji kvasci koji nisu iz roda *Saccharomyces* u vrenju povezuju se s visokom razinom octene

kiseline i nepoželjnim okusima i aromama. Međutim, znanstvenici i vinari sada prepoznaju njihov pozitivan učinak na složenost kvalitete vina<sup>15</sup>.

Kvasci tipa *Lachancea thermotolerans* mogu fermentabilni šećer (glukozu i fruktozu) pretvoriti u mliječnu kiselinu, koja ne pogoduje proizvodnji etanola. Ti kvasci dovode do smanjenja proizvodnje etanola (najviše 1% vol.) i zakiseljavanja mliječnom kiselinom. *Lachancea* se općenito primjenjuju 2 ili 3 dana, nakon čega se primjenjuju klasični *Saccharomyces*. Ako se *Lachancea* ostave predugo, proizvode se vrlo visoke razine mliječne kiseline (10 do 15 g/l), što ima prevelik utjecaj na organoleptička svojstva vina.

- **Dealkoholizacija vina**

Tehnike dealkoholizacije dragocjene su u prilagodbi procesa proizvodnje vina usmjerenih na smanjenje razine alkohola, koja se povećava s porastom temperature. Osim osjetilnih prednosti smanjenja topline i neravnoteže koja nastaje zbog visokog udjela alkohola, dealkoholizacijom se ispunjavaju zahtjevi potrošača za proizvodima s niskim udjelom alkohola. Ujedno se ublažavaju financijske poteškoće jer se mogu izbjeći neki porezi na alkoholna pića koji ovise o udjelu alkohola.

Mogu se razmotriti razne tehnike kontrole vrenja radi ograničenja proizvodnje alkohola. IFV je proveo ispitivanja o odabiru kvasaca i procesu isparavanja alkohola.

- **Odabir kvasaca:** Na razine alkohola u vinu može utjecati odabir kvasaca jer utječe na stupanj konverzije u alkohol i metabolizam šećera u nusproizvode kao što su mliječna kiselina i glicerol. Većina kvasaca koji nisu iz roda *Saccharomyces* ne mogu fermentirati sve šećere pa su u ispitivanjima IFV-a primijenjene strategije sekvencijalne inokulacije. Sojevi koji najviše obećavaju, u kombinaciji s postupcima gospodarenja vinogradom, doveli su do većeg smanjenja alkohola. Međutim, u crvenim vinima visoka proizvodnja mliječne kiseline katkad je narušila osjetilnu kvalitetu. Taj pristup ima potencijal, ali ukupno smanjenje alkohola nije bilo sustavno i ostalo je ispod 2% vol.
- **Isparavanje alkohola:** Vino se može djelomično dealkoholizirati jednostavnim prozračivanjem pri sobnoj temperaturi i tlaku. Uz odgovarajuću opremu može se postići smanjenje od 2% vol. u roku od osam sati. Maksimalan učinak postiže se pri vlažnosti od oko 80%, koja ograničava gubitak vode. U procesu se vino hladi, a djelotvornost procesa povećava se s većom površinom kontakta zraka i vina. Nema bitnijeg utjecaja na klasična analitička svojstva vina, osim na gubitak CO<sub>2</sub>. Proces se trenutno ispituje na malim količinama. Potreban je oprez zbog rizika od oksidacije. U većim količinama učinak može biti slabiji jer je omjer površine vina i volumena kace manje pogodan za gubitak alkohola.
- **Uklanjanje alkohola pomoću CO<sub>2</sub> nastalog vrenjem (trenutačno nije odobreno):** CO<sub>2</sub> nastao vrenjem prikuplja se, komprimira i ponovno utiskuje pri dnu kace. Pri tom znatnom otpuštanju CO<sub>2</sub> izlazi i alkohol, koji se zatim kondenzira kompresorom i ponovno utiskuje u kacu ili skladišti pod tlakom za kasniju primjenu.
- **Djelomično isparavanje u vakuumu tijekom alkoholnog vrenja:** Alkohol se ekstrahira djelomičnim isparavanjem u vakuumu tijekom alkoholnog vrenja. Tom se metodom čuvaju aromatski spojevi budućih vina. Naime, kada se alkoholno vrenje nastavi nakon

uklanjanja alkohola, kvasci proizvode nove aromatske spojeve, što nije slučaj kada se ta metoda primjenjuje na gotovo vino. Proces je odobren za gotovo vino, a OIV ga trenutačno istražuje za uporabu tijekom alkoholnog vrenja.

Za smanjenje sadržaja alkohola gotovog vina mogu se upotrebljavati razni postupci:

- **Destilacija:** Unatoč velikom riziku od gubitka aromatskih tvari, destilacija se može kombinirati s reverznom osmozom ili nanofiltracijom kako bi se razdvojili voda, alkohol i mali spojevi kao što su organske kiseline i kalij. Postupkom destilacije dobiva se koncentrirani alkohol (85 – 95 % vol.) i destilerija ga može izravno reciklirati.

*Napomena:* destilaciju smije provoditi samo ovlašteni subjekt.

- **Dealkoholizacija primjenom membranskih procesa:** Proces korekcije alkohola (*alcohol adjustment*, AA), koji je patentirala tvrtka Memstar, uključuje dva uzastopna membranska procesa. U prvoj se fazi nanofiltracijom ekstrahira filtrat koji se sastoji prije svega od vode i alkohola. Membranski sustav za pretvaranje faza (*membrane contactor*), koji se sastoji od hidrofobnih membrana, selektivno izvlači alkohol iz vode u nanofiltracijskom filtratu. Dealkoholizirani filtrat zatim se kontinuirano ponovno ubrizgava u tretirano vino, pazeći da se ne koncentrira nigdje u vinu. Dobiveni izlazni fluid bogat je alkoholom, koji doseže do 10% vol., i čini 10 – 15% volumena tretiranog vina za svaki uklonjeni stupanj. Taj se izlazni fluid smatra otpadnim proizvodom.
- **Djelomično isparavanje u vakuumu — primjer stupa s okretnim stošcima (*spinning cone column*, SCC):** Ovom se tehnologijom korigira razina alkohola, uz očuvanje arome, i omogućuje proizvodnja vina s niskim sadržajem alkohola (0,5% vol.). Njome se uklanja 60 – 80% alkohola, čime se gubitak vode smanjuje na najmanju mjeru. Proces uključuje dva prolaska kroz stup koji rotira: pri prvom prolasku ekstrahiraju se hlapivi spojevi (arome) pri temperaturi od 30°C iz dijela vina, a pri drugom se uklanja alkohol iz dijela za dealkoholizaciju. Ekstrahirani aromatski spojevi ponovno se ubrizgavaju i taj se dio dodaje natrag u vino radi dealkoholizacije. Taj je proces vrlo zanimljiv i čuva organoleptička svojstva vina. Međutim, kada se primjenjuje za jaku dealkoholizaciju (<5% alkohola u gotovom vinu), može dovesti do znatnih promjena u strukturi i ravnoteži vina.

Tehnike dealkoholizacije odgovor su na promjenjivu klimu i rješenje za diversifikaciju sektora nužnu za održavanje tržišnog udjela i uzgojnih površina. Zahvati variraju ovisno o vinovoj lozi i vinu i predmet istraživanja obuhvaća razne metode djelomične dealkoholizacije. Međutim, potpuna dealkoholizacija još uvijek izaziva brojna tehnička i zakonodavna pitanja.

### 1.2.2. Optimizacija procesa radi uštede energije

Budući da klimatske promjene ugrožavaju ekološku i gospodarsku održivost mediteranskih višegodišnjih nasada, optimizacija uporabe energije u lancu opskrbe hranom postala je strateški prioritet. U sektoru proizvodnje vina i maslinarstva energetske intenzivni procesi kao što su vrenje, regulacija temperature i gospodarenje vodom otvaraju znatne mogućnosti poboljšanja. Ova se točka bavi inovacijama kojima se smanjuje energetska otisak prerade



hrane, uključujući energetske učinkovit dizajn vinarije i ponovnu uporabu nusproizvoda kao što su CO<sub>2</sub> nastao vrenjem, komina maslina i otpad iz vinarija. Naglašava se i uporaba alata za praćenje kako bi se utvrdile žarišne točke i optimizirali procesi. Tim se strategijama smanjuje utjecaj na okoliš i istodobno povećava otpornost i konkurentnost u uvjetima promjena klime i fluktuacija na tržištu.

### 1.2.3. Alati za praćenje — primjer iz enologije

Preciznim enološkim alatima povećava se energetska učinkovitost u proizvodnji vina, gdje 90% energije dolazi iz fosilne električne energije, a 10% iz toplinskih procesa kao što je grijanje vode<sup>16</sup>. Integriranjem naprednih tehnologija, analitike podataka i znanstvenog nadzora vinari mogu optimizirati temperaturu, vlažnost i vrenje u svim fazama proizvodnje. Tim digitalnim pristupom povećava se kvaliteta vina i učinkovitost resursa te smanjuju emisije stakleničkih plinova.

#### **Rješenje dostupno na tržištu<sup>1</sup>**

Onafis, francuska tvrtka za tehnologiju vinarstva, razvila je senzor i sustav praćenja temperature, vlage i ključnih parametara u proizvodnji vina spojen na internet. Onafis je u vinariji Bordeaux ugradio 12 senzora Atmos i mjerača sa štipaljkom kojima se prati dozrijevanje vina i potrošnja energije. Optimizacijom uvjeta i upravljanjem hlađenjem (slika 3) sustav je donio uštedu od 6000 eura godišnje (30 % godišnjih troškova) i smanjenje CO<sub>2</sub> za 10 tona. Taj slučaj pokazuje kako precizna enologija potpomognuta alatima kao što je alat tvrtke Onafis može pretvoriti tradicionalne metode u praksu uštede energije uz maksimalno iskorištavanje uvjeta proizvodnje.



Slika 3: Uporaba karte podruma za utvrđivanje mikroklima kojima se optimizira gubitak isparavanja i štedi energija<sup>17</sup>

### 1.2.4. Ponovna uporaba nusproizvoda i sporednih proizvoda

- **Otpad od prerade maslina: primjer biogoriva**

Na mediteranske zemlje otpada 95% svjetske proizvodnje maslinova ulja<sup>18</sup>. Proizvodnja maslinova ulja na mediteranskom području mijenja se zbog klimatskih promjena i pritiska okoliša. U proizvodnji maslinova ulja nastaju znatne količine otpada, osobito koštica i komine, koje su problematične za odlaganje, ali imaju i znatan potencijal u energetskej uporabi. Koštice i komina, čija je kalorijska vrijednost 17 – 20 MJ/kg odnosno 19 – 24 MJ/kg, mogu se upotrebljavati u kotlovima na biomasu ili pretvoriti u visokoučinkovite pelete i time predstavljaju obnovljivu alternativu fosilnim gorivima te smanjuju troškove energije u uljarama<sup>19, 20</sup>. Komina maslina može se sušenjem, prosijavanjem, mljevenjem i kompresijom pretvoriti u brikete i pelete goriva te postati biogorivo za uporabu tijekom proizvodnje maslinova ulja, npr. za grijanje vode tijekom mljevenja, i tako poboljšati energetske otporne kružne sustave prerade<sup>21</sup>.

Cilj [EU projekta BIOMASUD Plus](#) bio je promicanje održivog tržišta mediteranskih čvrstih biogoriva za uporabu za grijanje stambenih prostora, s glavnim ciljem da se razviju integrirana rješenja za poboljšanje kvalitete i održivosti mediteranskih čvrstih biogoriva. To je uključilo proširenje certifikacije Biomassud® na nova biogoriva i države. Projektom BIOMASUD Plus komercijalizirane su koštice maslina i ostatak maslina nakon istiskivanja maslinova ulja kao biogorivo u Španjolskoj, Grčkoj, Italiji i Turskoj. Ovo drugo bilo je najviše upotrebljavano biogorivo u španjolskoj industriji u 2015. godini. Za razliku od čvrstih biogoriva poput ogrjevnog drva i briketa, određivanje razreda kvalitete koštica maslina nije obuhvaćeno normom ISO 17225:2014. Španjolska je prihvatila izvornu nacionalnu normu (UNE 164003:2014) za određivanje razreda kvalitete koštica maslina za potrebe sagorijevanja. Osim toga, sedam španjolskih i pet talijanskih proizvođača koštica maslina certificirano je prema sustavu kvalitete Biomassud za mediteranska biogoriva. Ispituje se inovativna termokemijska (npr. piroliza, uplinjavanje) i biokemijska pretvorba (npr. bioetanol, bioplin) nusproizvoda maslina, no zasad je uglavnom u fazi istraživanja.

- **Primjeri iz vinarstva: recikliranje otpada iz vinarija i CO<sub>2</sub> nastalog vrenjem**

Projekt [LIFE ZEOWINE](#) prvi je primjer kako se otpad iz vinarija može učinkovito ponovno iskoristiti. Projektom je definirana metoda proizvodnje komposta [ZEOWINE](#), koji se proizvodi od otpada iz sektora proizvodnje vina i zeolita i može se primijeniti u vinogradima radi zaštite tla. U nekoliko talijanskih vinograda više od tri godine primjenjivan je kompost od komine i stabljika grožđa pomiješanih sa zeolitom 0,2 mm do 2 mm. Tlo na eksperimentalnim parcelama procijenjeno je odmah nakon tretmana i ponovno nakon šest i 18 mjeseci te su uočena sljedeća poboljšanja: 30%-tno povećanje organskog ugljika u tlu, 50%-tno povećanje funkcionalnosti mikroorganizama, 38%-tno povećanje bioraznolikosti tla i 40%-tno smanjenje biorasplošiva bakra. Projektni tim procijenio je i kvalitetu grožđa i vina te otkrio bolju ravnotežu šećera i antocijanina i veći sadržaj alkohola. Porastao je prinos i težina grozdova. Osim toga, proces recikliranja imao je povoljan utjecaj na okoliš, npr. smanjena je potrošnja vode zbog boljeg zadržavanja vode u tlu, poboljšano je gospodarenje otpadom zahvaljujući recikliranju ostataka iz vinarije umjesto odlaganja na odlagališta, smanjene su emisije CO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> u usporedbi s konvencionalnim gnojivima te je poboljšana sekvestracija ugljika.

Drugi je primjer recikliranje CO<sub>2</sub> nastalog vrenjem u fazi pretvaranja mošta u vino. Dio plina proizvedenog tijekom vrenja može se oporabiti i pretvoriti u suhi led. Taj se suhi led

upotrebljava tijekom berbe i u punjenju ili crpljenju bijelih i ružičastih (rosé) vina radi zaštite vina inertnim plinom. Primjerice, u proizvodnji 50000 hl bijelog i ružičastog vina može se oporabiti oko 6 tona CO<sub>2</sub> po danu berbe, čime se dobiva ukupno 240 tona CO<sub>2</sub>. Budući da potrošnja CO<sub>2</sub> iznosi oko jedne tone dnevno za tu vrstu proizvodnje, to bi omogućilo samodostatnost tijekom tog razdoblja<sup>22</sup>. Drugi je način recikliranja CO<sub>2</sub> dobivenog vrenjem njegovo utiskivanje u vodu za ispiranje kako bi se zakiselila. Snižavanjem pH vrijednosti može se upola smanjiti vrijeme ispiranja nakon uklanjanja kamenca ili dezinfekcije, čime se smanjuje potrošnja vode.

#### 1.2.5. Projektiranje energetski učinkovitih zgrada i proizvodnih alata

Za rješavanje problema klimatskih promjena, poljoprivredna i prerađivačka infrastruktura za mediteranske višegodišnje nasade mora se promijeniti radi veće energetske učinkovitosti, otpornosti i održivosti. Vinarije, uljare i pogoni za pakiranje znatni su potrošači energije zbog potrebe za grijanjem, hlađenjem i ventilacijom. Uključivanje energetske učinkovitosti već od faze projektiranja kroz pametnu arhitekturu, pasivnu klimatizaciju, sustave obnovljive energije i optimalan raspored prostorija ključno je za smanjenje potrošnje energije i operativnih troškova, čime se smanjuje ekološki otisak prerade hrane.

Projekti na Sredozemlju uključuju uspješan energetski učinkovit dizajn u pogonima za preradu. Na primjer, arhitektura u nekim pogonima uključuje gravitacijski tok, tj. za prijenos grožđa i soka upotrebljava se prirodni nagib, pa se smanjuje primjena crpki. U drugima se upotrebljavaju pasivne tehnike hlađenja, kao što su podzemni podrumi, materijali većeg toplinskog kapaciteta, prirodna ventilacija i zeleni krovovi, kako bi se stabilizirale temperature i smanjila ovisnost o mehaničkom hlađenju. Godine 2021. vinarija Perelada u Španjolskoj priznata je kao prva europska vinarija koja je dobila certifikat LEED® Gold (*Leadership in Energy and Environmental Design* (vodstvo u energetskom i ekološkom dizajnu)) za iznimnu energetsku učinkovitost od izgradnje do rada. Glavne karakteristike uključuju uporabu geotermalne energije, učinkovitu potrošnju vode i električne energije, izbor materijala, održive procese, toplinsku izolaciju i pretežno prirodno svjetlo. Večernja rasvjeta koristi se minimalnom količinom umjetnog svjetla i regulira se naprednim upravljačkim sustavom. U Grčkoj i Italiji uljare se sve više grade s izolacijom, učinkovitim LED rasvjetom i sustavima za povrat topline kojima se energija iz ekstrakcije prenamjenjuje za grijanje vode, ili se oni naknadno ugrađuju.

Osim projektiranja i izvora energije, mogu se prilagoditi i proizvodni alati. U studiji OIV-a utvrđeno je da uporaba pomno odabranih kvasaca i dobro promišljenih planova vrenja može dovesti do znatnih ušteda energije u proizvodnji bijelog vina bez ugrožavanja kvalitete. Osim toga, internetski alati poput IFV-ova pomažu proizvođačima da optimiziraju potrošnju energije procjenom potreba za hlađenjem. Tim se alatom mogu odrediti dimenzije rashladnih postrojenja ili vizualizirati vršne potrebe za hlađenjem tijekom berbe<sup>23</sup>.

## 2. PRILAGODBA LANCA OPSKRBE

*Lanac opskrbe maslinama u Salentu (južna Italija) nakon uvođenja patogena *Xylella fastidiosa* subsp. pauca (XF)*

U regiji Salento u južnoj Italiji poljoprivredni ekosustav maslina postoji već više od 4000 godina. Predstavlja neprocjenjivu lokalnu krajobraznu baštinu s drevnim maslinicima u kojima se uglavnom uzgajaju tradicionalne sorte kao što su Ogliarola Salentina i Cellina di Nardò<sup>24</sup>. Tim se maslinicima u pravilu gospodarilo po režimu s niskom količinom ulaznih resursa prilagođenom suhoj mediteranskoj klimi regije. Obrada tla uključivala je minimalno narušavanje tla, oslanjanje na prirodnu plodnost i rijetko navodnjavanje – samo tijekom ekstremnih suša. Rezidba se provodila svake četiri ili svakih šest (ili više) godina radi očuvanja strukture stabala i pristupačnosti, a berba se uglavnom odvijala ručno s tla ili polustrojno s najviših grana radi optimizacije prinosa i kvalitete ulja.

Epidemija patogena XF 2013. godine prouzročila je široku devastaciju, koja je zahvatila osobito sorte maslina koje prevladavaju u regiji. Taj karantenski patogen doveo je do brzog propadanja i odumiranja stabala, što je uzgajivače prisililo na uništavanje kontaminiranih stoljetnih stabala maslina. Tako je nestao 21 milijun stabala i poremećeni su tradicionalni sustavi proizvodnje maslina. Lokalni lanac opskrbe maslinama reagirao je velikom preobrazbom, prešavši na uzgoj otpornih sorti kao što su Leccino i Favolosa (FS-17), koje su pokazale toleranciju na patogen<sup>25</sup>. Uvođenjem mladih, otpornih nasada praksa uzgoja znatno se izmijenila. Obrada tla postala je proaktivnija: uvedeno je dodavanje organske tvari i duboka obrada kako bi se poboljšao razvoj korijena i porast stabala. Počeli su se široko primjenjivati moderni sustavi navodnjavanja kap po kap kako bi se osigurala stalna dostupnost vode, osobito u sve češćim uvjetima suše uzrokovanim klimatskim promjenama. Promijenile su se i metode rezidbe: dok se drevna stabla održavaju uz minimalne zahvate, mlađi se nasadi svake godine obrezuju kako bi se regulirala struktura krošnje, olakšala uporaba mehanizacije i poboljšalo suzbijanje bolesti. Postupak berbe moderniziran je i potpuno mehaniziran, što je u skladu s ujednačenom strukturom novijih nasada. Te prilagodbe odražavaju širi sustavni prijelaz s tradicionalnog ekstenzivnog maslinarstva na intenzivniji, otporniji i tehnološki opremljeniji model. Iako te promjene podrazumijevaju veće operativne troškove i promjene krajobraza, osiguravaju održiv put za održavanje proizvodnje maslinova ulja u Salentu u kontekstu bioloških i ekoloških izazova. U Salentu su poduzete brojne društvene akcije za potporu poljoprivredi i poljoprivrednicima koji žele obnoviti maslinike, npr. akcije udruge [OLIVAMI](#).

## 3. STRATEGIJE DIVERSIFIKACIJE I PRILAGODBE NA RAZINI POLJOPRIVREDNOG GOSPODARSTVA

Prilagodba procesa u lancu hrane bitna je za reakciju na neposredne posljedice klimatskih promjena, no za istinsku otpornost potreban je širi i sustavni pristup. Strategije diversifikacije i prilagodbe na razini poljoprivrednoga gospodarstva ključne su za izgradnju snažnijih poljoprivrednih sustava sposobnih izdržati dugotrajnu promjenjivost klime. Integriranjem tih strategija proizvođači mogu ne samo ublažiti rizike već i povećati održivost i ekonomsku isplativost sustava mediteranskih višegodišnjih nasada.

### 3.1. Diversifikacija usjeva za ekonomsku i ekološku otpornost

Diversifikacija usjeva bitna je za mediteranske poljoprivrednike jer pomaže ublažiti učinke klimatskih promjena, uz istodobno povećanje zdravlja tla i gospodarske otpornosti. Za razliku od monokultura, diversificirani sustavi smanjuju osjetljivost na ekstremne vremenske uvjete i fluktuacije na tržištu raspoređivanjem rizika na razne vrste i sorte<sup>26, 27</sup>.

Diversifikacija može uključiti strategije koje se odnose na pojedinu vrstu, npr. odabir sorti otpornih na sušu ili vrućinu kao što su masline Koroneiki, Arbequina, Lechin de Sevilla i Picholine Marocaine. Sorte koje dozrijevaju rano manje su podložne stresu koji uzrokuje niska vlažnost tla. Sustavi koji uključuju više od jedne vrste, tj. komplementarne usjeve kao što su badem, smokva i nar, povećavaju otpornost i optimiziraju uporabu resursa<sup>28</sup>. Ti sustavi smanjuju unos kemikalija zahvaljujući prirodnom suzbijanju štetnika i poboljšanju mikroklima<sup>29</sup>.

Uvođenjem ljekovitog i aromatičnog bilja kao međuusjeva uz višegodišnja stabla u mediteranskom bazenu može se povećati prinos, suzbiti štetnici/patogeni i korov te povećati zdravlje tla<sup>30</sup>. U južnoj Španjolskoj pokazalo se uspješnim aromatično bilje poput lavande, majčine dušice i ružmarina kao međuusjev u maslinicima jer privlači oparašivače i osigurava sekundarni prihod od eteričnih ulja i sušenog lišća<sup>31</sup>.

Agrošumarstvo i mješoviti uzgoj, u kojima su među stablima poput rogača i pistacije zasijane mahunarke ili žitarice, potiču kruženje dušika i diversificiraju prihode<sup>32</sup>. Vremenskom diversifikacijom, npr. plodoredom i vremenski razmaknutim berbama (npr. rane marelice, breskve u sredini sezone, kasni nar), podupire se zdravlje tla i gospodarska stabilnost tijekom cijele godine.

Dok globalno zatopljenje i gospodarska kriza ugrožavaju mediteransku proizvodnju hortikulturnih i ukrasnih usjeva, pojavljuju se novi izazovi i prilike. Pitaja ili zmajevo voće ima velik potencijal kao novi usjev jer zahtijeva minimalnu količinu vode i dobro uspijeva pri visokim temperaturama. Budući da raste potražnja potrošača za egzotičnim voćem, pitaja je globalno prepoznata kao supervoće<sup>33</sup>.

### 3.2. Diversifikacija prihoda i razvoj tržišta

Kako bi se povećala otpornost na klimatske promjene, mediteranski uzgajivači mogu proširiti izvore prihoda izvan poljoprivrede. Djelatnosti agroturizma kao što su boravak na farmi, berba uz vodiča i degustacije osiguravaju izvansezonske prihode i promiču lokalnu baštinu<sup>34</sup>. Primjer su obilasci vinograda i degustacije vina u Toskani, radionice kušanja maslinova ulja u Andaluziji, šetnje nasadima agrumima na Siciliji i festivali bademova cvijeta na Mallorci. U Istri i Dalmaciji (Hrvatska) naglasak je na agroturizmu s prešanjem maslinova ulja, sušenjem smokava i lokalnim degustacijama. Te aktivnosti povezuju posjetitelje s tradicionalnim krajolicima, a ujedno potiču prodaju na poljoprivrednim gospodarstvima.

Proizvodnjom proizvoda s dodanom vrijednošću iz višegodišnjih nasada povećava se profitabilnost poljoprivrednih gospodarstava i smanjuje ovisnost o nestabilnim tržištima. Grožđe može postati vino, sok, groždice ili ulje sjemenki grožđa, privlačno raznim segmentima



potrošača<sup>35</sup>. Maslinari mogu proizvesti ekstradjevičansko maslinovo ulje, aromatizirana ulja, namaze od maslina (tapenada) i kozmetiku<sup>36</sup>. Iz agruma se proizvode eterična ulja, marmelade, kandirana kora i sušene kriške za čajeve i koktele, koji su vrijedan izvor bioaktivnih spojeva za prehrambenu, farmaceutsku i biomedicinsku namjenu<sup>37, 38</sup>. Od mediteranskih orašastih plodova radi se biljno brašno, pića i visokoproteinske grickalice, koji zadovoljavaju potražnju za održivom zdravom hranom.

Ostale strategije diversifikacije prihoda uključuju *wellness* boravke te poljoprivredno-zanatske radionice na kojima posjetitelji uče raditi sir, peći kruh ili upotrebljavati prirodne boje od biljaka s poljoprivrednoga gospodarstva. Joga u vinogradu, tečajevi mediteranske kuhinje i šetnje kroz nasade začinskog bilja mogu privući raznolike turiste koji traže autentična iskustva povezana s prirodom. Ti pothvati zahtijevaju početno ulaganje, ali osiguravaju dugoročnu stabilnost i nove marketinške kanale.

Načela kružnoga gospodarstva mogu podržati održivost. Na primjer, komina grožđa iz vinarstva može se ponovno upotrijebiti kao kompost, hrana za životinje ili prirodna boja<sup>39, 40</sup>, koštice maslina preraditi u biogorivo ili bioplastiku, a kore agruma upotrijebiti u proizvodima za čišćenje ili eteričnim uljima. Tim se postupcima smanjuje otpad, snižuju troškovi i stvaraju novi prihodi od nusproizvoda poljoprivrede.

Suradnjom s lokalnim turističkim zajednicama, putničkim agencijama za održiva putovanja i kulturnim mrežama može se povećati vidljivost i približavanje kupcima. Spajanjem prerade uz dodanu vrijednost s agroturizmom i kružnom praksom mediteranski poljoprivrednici mogu smanjiti klimatske rizike, povećati sigurnost prihoda i pridonijeti dinamičnom ruralnom gospodarstvu koje se temelji na baštini i inovacijama.

### 3.3. Unaprjeđenje vještina osoblja: primjer vinarije

Projektom [GreenVineyards](#) unaprjeđuju se vještine radnika u sektoru proizvodnje vina s ciljem rješavanja problema klimatskih promjena. Usavršavanje osoblja u vinarijama bitno je za otpornost i održivost, stvaranje pozitivnog ekološkog otiska, pripremu radnika za „zelena“ radna mjesta i sprječavanje manjka radnika, što pomaže vinarijama da ostanu konkurentne i odgovorne. Tečaj, koji se sastoji od 13 modula, usmjeren je na deficitarne vještine u djelatnosti kako bi se potaknula održivost sektora proizvodnje vina, a težište mu je na sljedećem:

- Vinogradarstvo otporno na klimatske promjene – naglašava se odabir grožđa otpornog na sušu te optimizirano navodnjavanje i obrada tla usmjereni na produktivnost unatoč promjenljivoj klimi.
- Održiva proizvodnja vina – osoblje se osposobljava za energetske učinkovite prakse, ekološku poljoprivredu i uporabu obnovljive energije s ciljem smanjenja ugljikova otiska.
- Tehnološki napredak zahtijeva digitalne vještine. Osposobljavanje u području klimatskih senzora, analitike umjetne inteligencije i digitalne sljedivosti pomaže vinarijama u optimizaciji upravljanja i lanaca opskrbe.

- Učenjem o alternativnim sortama grožđa, održivoj ambalaži i ekološkoj distribuciji povećava se sposobnost osoblja da ispuni zahtjeve tržišta i klimatskih promjena.
- Poznavanje klimatske politike i certificiranja održivosti pridonosi usklađenosti s propisima i konkurentnosti. Osposobljavanjem u ekološkoj, biodinamičkoj i ugljično neutralnoj proizvodnji te sudjelovanjem u programima ugljičnih kredita, tj. bonusa ugljikovih jedinica jačaju se mjere zaštite klime.
- Ulaganjem u kontinuirano učenje povećava se otpornost i održivost vinarija.

Kvalificirano osoblje ključno je za prilagodbu klimatskim promjenama i osiguravanje prosperitetne budućnosti proizvodnje vina.

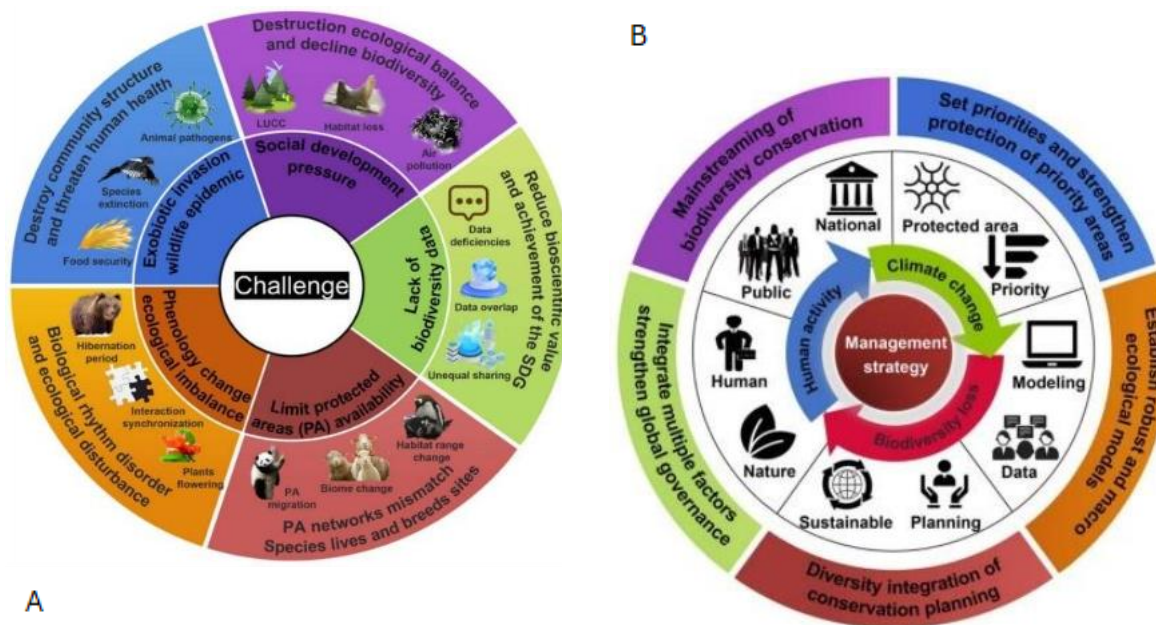
**PODTEMA 5**  
**OČUVANJE**  
**BIORAZNOLIKOSTI**  
**U MEDITERANSKOM**  
**PODRUČJU RADI VEĆE**  
**OTPORNOSTI NA KLIMATSKE**  
**PROMJENE**

The background of the page is a solid green color. Overlaid on this background are several large, stylized, semi-transparent green shapes that resemble leaves or organic forms. These shapes are arranged in a way that they partially overlap each other, creating a layered effect. The shapes are primarily located in the lower half of the page, with some extending towards the center. The overall aesthetic is clean and modern, with a focus on natural elements.

## PODTEMA 5

### Očuvanje bioraznolikosti u mediteranskom području radi veće otpornosti na klimatske promjene

Gubitak bioraznolikosti i klimatske promjene veliki su problemi povezani s okolišem jer intenzivna poljoprivreda znatno utječe na degradaciju ekosustava. Rasprostranjena uporaba sintetskih poljoprivrednih kemikalija i homogenizacija poljoprivrednih krajobrazu pridonijele su brzom opadanju populacija flore i faune. Prema Izveštaju WWF-a o stanju planeta za 2022. godinu<sup>1</sup>, u proteklih 50 godina populacije divljih vrsta smanjile su se prosječno za 69 %. Iako je prenamjena zemljišta i dalje ključni čimbenik, klimatske promjene postat će do sredine stoljeća glavni pokretač gubitka bioraznolikosti<sup>2</sup>. Očuvanje bioraznolikosti u mediteranskom području ključno je za otpornost ekosustava, održivu poljoprivredu i sigurnost opskrbe hranom. Međutim, neodrživa poljoprivreda dovodi do gubitka bioraznolikosti. Inicijative kao što su [Strategija EU-a za bioraznolikost do 2030.](#) (zaštita 30 % kopna i mora), Akcijski plan FAO-a 2024. – 2027. (održivo gospodarenje zemljištem i vodama) i nacionalne strategije za bioraznolikost promiču obnovu staništa i održivu uporabu resursa. Koordinacija globalnih, regionalnih i lokalnih strategija ključna je za uključivanje očuvanja bioraznolikosti u mjere prilagodbe klimatskim promjenama, osiguravajući dugoročnu stabilnost ekosustava i održivost poljoprivrede.



Slika 1: Očuvanje bioraznolikosti u kontekstu klimatskih promjena: A) izazovi; B) strategije upravljanja<sup>3</sup>

U mediteranskoj regiji uvode se inovativne agroekološke prakse kako bi se očuvala bioraznolikost i pristupilo rješavanju problema (slika 1A). Prema Strategiji za bioraznolikost do

2030., za uspješno uvođenje nužno je zajedničko planiranje očuvanja među znanstvenicima i kreatorima politika. Strategije upravljanja za očuvanje bioraznolikosti u kontekstu klimatskih promjena prikazane su na slici 1B.

U ovom pregledu navodi se dio primjera prakse iz projekta Climed-Fruit i nekoliko drugih inicijativa koje pomažu očuvati i poboljšati bioraznolikost u mediteranskim višegodišnjim nasadima na razini biljke, poljoprivredne površine, poljoprivrednoga gospodarstva i krajobraza.

## 1. OČUVANJE RAZNOLIKOSTI USJEVA

Klimatske promjene jedan su od ključnih pokretača gubitka bioraznolikosti i ugrožavaju opstanak strateškog rezervoara genetskih izvora usjeva potrebnih za prilagodbu proizvodnih sustava budućim izazovima. Međutim, moderni poljoprivredni sustavi često se oslanjaju na usku genetsku bazu, povećavajući rizik od genetske erozije i smanjujući sposobnost sektora da odgovori na buduće izazove.

U ovoj se točki istražuju razne strategije za očuvanje i uporabu genetskih izvora usjeva, od očuvanja tradicionalnih sorti do uzgoja novih. Naglašava se važnost *ex situ* i *in situ* čuvanja, ponovnog otkrivanja starih sorti i divljih srodnika te razvoja novih otpornih sorti, kao što su sorte grožđa PIWI, čiji je cilj smanjenje unosa kemikalija uz osiguravanje dugoročne održivosti.

### 1.1. Izbjegavanje rizika genske erozije

Genska raznolikost ključna je za poticanje otpornih usjeva, osobito u pogledu klimatskih promjena. Agrobioraznolikost, koja uključuje razne vrste usjeva i domaće sorte, vrijedan je izvor koji pruža genski fond za prilagodbu klimatskim promjenama i otpornost na bolesti. Osim toga, divlji srodnici i domaće vrste usjeva predstavljaju ključan, ali nedovoljno iskorišten izvor genske raznolikosti za uzgoj sorti otpornih na vrućinu i sušu te za poboljšanje otpornosti na bolesti i štetnike.

#### 1.1.1. Gubitak genske raznolikosti višegodišnjih nasada u mediteranskoj regiji

U mediteranskim višegodišnjim usjevima kao što su masline, grožđe i voćke genska raznolikost u prošlosti je omogućila prilagodbu širokom rasponu uvjeta okoliša, štetnika i bolesti. Međutim, moderne poljoprivredne prakse, potaknute zahtjevom za visokim prinosima i zahtjevima tržišta, znatno su smanjile broj uzgajanih vrsta i sorti. Tim se trendom povećava osjetljivost tih sustava na promjenjivost klime, nove bolesti i degradaciju tla, zbog čega je ključno očuvati i promicati gensku raznolikost u sustavima uzgoja višegodišnjih usjeva. Na primjer, iako je diljem Sredozemlja identificirano 139 sorti maslina<sup>4</sup> (IOC, 2000.)<sup>5</sup>, u suvremenim je maslinicima zasađeno samo nekoliko sorti. U Španjolskoj (koja je najveći proizvođač maslina) na samo tri sorte (Picual, Arbequina i Hojiblanca) otpada više od 90 % nasada i one dominiraju proizvodnjom. U uvjetima klimatskih promjena problematičnom se može pokazati i rasprostranjena uporaba iznimno gustih nasada maslina koji zahtijevaju velike količine ulaznih resursa, npr. vode za navodnjavanje, i temelje se na ograničenom broju klonova malog broja sorti.



### 1.1.2. Glavne mjere za oporavak i očuvanje genskih izvora višegodišnjih usjeva u mediteranskoj regiji

- *Oporavak i očuvanje genskih izvora višegodišnjih usjeva u Španjolskoj*

Očuvanje genskih izvora biljaka tradicionalno se oslanja na metode *ex situ*, npr. banke gena, kod kojih se biljke čuvaju izvan prirodnog staništa. Istaknuti su primjeri kolekcija vinograda El Encín u Madridu (3000 primki vinove loze) i banka germplazme maslina Alameda del Obispo u Córdoba (više od 800 sorti maslina). Međutim, klimatske su promjene istaknule potrebu za komplementarnim pristupom koji bi objedinio *in situ* čuvanje i očuvanje biljaka u njihovu prirodnom okruženju. To uključuje genske rezerve (praćenje divljih populacija) i očuvanje na poljoprivrednom gospodarstvu, gdje poljoprivrednici upravljaju raznolikošću uzgajanih biljaka. U nacionalnim programima sve se više usvaja taj pristup održavanju prilagodljivosti usjeva.

- *Oporavak i očuvanje genskih izvora višegodišnjih usjeva u Francuskoj*

Francuska ima bogatu baštinu vinove loze koja uključuje stare sorte, moderne križance i mutacije. U kolekcijama je dokumentirano oko 550 sorti<sup>6</sup>, od kojih je 377 službeno odobreno za uzgoj u francuskom službenom nacionalnom katalogu sorti vinove loze. Mjere očuvanja, kroz staklenike (konzervatorije) koji su predmet agronomskih procjena, imaju ključnu ulogu u sprječavanju genske erozije. Svake se godine na popis dodaju nove sorte – tradicionalne francuske i strane sorte vinove loze ili moderni uzgojni odabiri – čime se obogaćuje vinogradarska raznolikost Francuske.

- *Oporavak i očuvanje genskih izvora višegodišnjih usjeva u Italiji*

Baza podataka o sredozemnoj germplazmi [Mediterranean Germplasm Database](#) (MGD) referentna je baza podataka za kolekciju germplazme biljaka poljoprivredno-prehrambene namjene pohranjena u Institutu za bioznanosti i bioizvore (IBBR) talijanskog Nacionalnog istraživačkog vijeća (*National Research Council*, CNR) u Bariju, Italija. Kolekcija sadrži otprilike 220 primki agruma velike agronomske, povijesne i ukrasne vrijednosti, više od 200 primki pitomih i divljih maslina te otprilike 480 primki vinove loze. Sorte pripadaju uglavnom mediteranskim sustavima poljoprivredno-prehrambene proizvodnje i neke od njih imaju veliku gospodarsku važnost. Glavni cilj spremišta germplazme višegodišnjih biljaka *Perennial Plants Germplasm Repository* (PPGR) zaštita je genskih izvora višegodišnjih biljaka koje su od interesa za talijansku i mediteransku poljoprivredu.

Osim toga, u Centru za istraživanje, pokuse i obuku u poljoprivredi Basile Caramia (CRSFA) u Locorotondi (južna Italija) nalazi se regionalni centar za *ex situ* čuvanje izvornih sorti voćaka, vinove loze i maslina. Polja za čuvanje germplazme smještena su na raznim lokacijama kako bi se ispunili različiti zahtjevi pojedinih vrsta biljaka u pogledu tla i klimatskih uvjeta. U okolici Locorotonde smješteno je približno 2500 primki koje pripadaju 540 različitih sorti vinove loze (regionalna, nacionalna i međunarodna germplazma). U operativnoj sekciji Ferragnano u Locorotondi proširit će se polja za prikupljanje germplazme vinove loze, a postojeća kolekcija proširit će se novim primkama. U Palagianu, na području Conca d'Oro, uspostavljeno je novo polje za čuvanje sanitarno poboljšane germplazme, gdje se nalazi i oko 220 primki 62 različite

sorte maslina (regionalna i izvanregionalna germplazma). Na lokaciji se nalaze i 93 primke naranče, klementine, mandarine, limuna, limete i srodnih hibrida i podloga. Osim toga, u okolici Locorotonde raste oko 1000 sorti voćaka: 210 stabala badema, 215 stabala smokve, 193 stabla krušaka, 80 stabala trešnje, 70 stabala breskve, 64 stabla marelice, 52 stabla šljive, 32 stabla jabuke i 60 stabala manjih voćaka.

### 1.2. Istraživanje starih ili divljih sorti koje bi se mogle pokazati zanimljivima u kontekstu klimatskih promjena

U mediteranskom se području ponovno otkrivaju lokalne sorte usjeva zbog njihove otpornosti na ekstremne uvjete i njihova doprinosa prehranbenoj raznolikosti<sup>7,8</sup>. Te su se sorte prilagodile okolišu s ograničenim resursima i mogu poslužiti kao alternativa suvremenim usjevima visokog prinosa koji su zbog intenzivnog uzgoja izgubili otpornost na čimbenike stresa<sup>9</sup>.

Nastavimo s primjerom iz vinogradarstva i spomenimo divlje izvore podvrste *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* (divlja vinova loza). Oni su kritično ugroženi: primjerice, u Francuskoj je zabilježeno samo nekoliko stotina jedinki, često izoliranih ili u malim populacijama, bez prirodne regeneracije i sa sve manjim brojem jedinki svake godine. Neke od tih divljih vinovih loza čuvaju se u nacionalnoj javnoj ampelografskoj zbirci ([INRAE Domaine de vassal](#), Francuska) ili regionalnim staklenicima/konzervatorijima (npr. u jugozapadnoj Francuskoj, Charentes). Istraživački partneri provode brojne studije za karakterizaciju raznolikosti. Neke sorte možda pokazuju obilježja bolje prilagođena klimatskim promjenama (razdoblje dozrijevanja, razina kiselosti, struktura krošnje itd.), a dodatna promatranja uključuju analizu aromatskih prekursora, procjene stresa zbog nedostatka vode i istraživanje otpornosti na bolesti. Primjerice, tijekom više od tri godine u [Projektu Valovitis](#) proučavano je više od 60 zaboravljenih sorti grožđa podrijetlom s područja Pireneja (jugozapadna Francuska i sjeverna Španjolska). Zabilježena su njihova agronomska i enološka obilježja te je izrađen [katalog](#). Slično se provodi i u Španjolskoj ([Projekt VITISAD](#)) i Italiji.

### 1.3. Genska raznolikost kao sredstvo u suzbijanju bolesti

S obzirom na sve veći pritisak bolesti pojačan zbog klimatskih promjena, genska raznolikost ključna je za osiguravanje otpornosti i održivosti mediteranskih višegodišnjih nasada. Uzgajivači i znanstvenici mogu ublažiti učinak glavnih patogena, zadržavajući produktivnost ako iskoriste raznolikost na različitim razinama: podloge, sorti i uzgojnih programa. Od odabira otpornih podloga u maslinama i agrumima do uzgoja sorti vinove loze otpornih na bolesti: bioraznolikost je ključna za smanjenje ovisnosti o kemikalijama i poboljšanje dugoročne prilagodbe usjeva. U ovoj se točki istražuju razne strategije s primjerima koji pokazuju kako genska raznolikost pridonosi suzbijanju bolesti u višegodišnjim sustavima, s naglaskom na studije slučaja maslina, agruma i vinove loze.

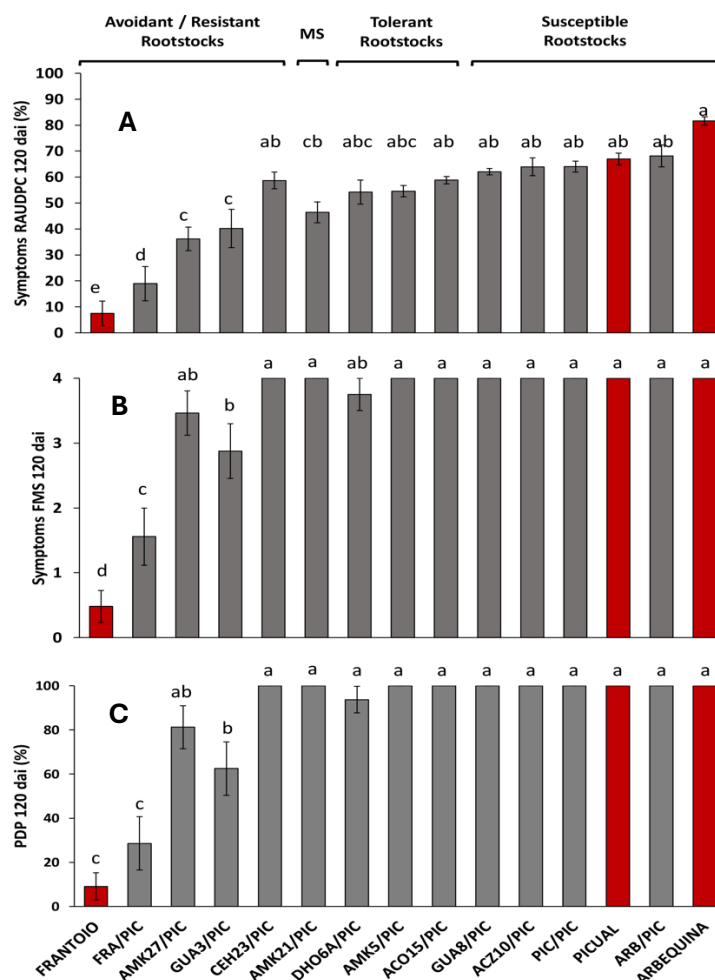
#### 1.3.1. Stvaranje novih sorti: primjer PIWI-ja

Za raznolikost usjeva bitna je i selekcija u uzgoju biljaka. Razvoj sorti vinove loze otpornih na gljivične bolesti („PIWI“) ubrzao se u posljednjih 15 godina. To je dio strategije vinarske

industrije za smanjenje uporabe sredstava za zaštitu bilja, što je jedan od najvećih izazova te djelatnosti. Prihvaćenost među potrošačima i kvaliteta vina proizvedenih iz sorti PIWI ključna su pitanja povezana s prihvaćanjem tih sorti, a ujedno i neka od pitanja koja se istražuju projektom [SUWIR](#) provedenim u Južnom Tirolu. Najnovije istraživanje u Francuskoj dovelo je do stvaranja takozvanih sorti ResDur (od francuskog „*resistances durable*“, tj. „dugotrajna otpornost“) koje objedinjuju nekoliko čimbenika otpornosti prema načelu slaganja gena („genske piramide“). Od početka programa provedene su tri serije križanja. Godine 2018. u francuskom službenom nacionalnom katalogu sorti vinove loze registrirane su i razvrstane četiri sorte ResDur 1: Artaban N, Vidoc N, Floreal B i Voltis B. Godine 2022. u lepezu novih sorti iz programa ResDur u službenom nacionalnom katalogu dodano je pet novih sorti: Koliris N, Lilaro N, Sirano N, Selenor B i Opalor B.

### 1.3.2. Selekcija podloga kao strategija suzbijanja bolesti

U maslinarstvu je najopasnija gljivična bolest verticilioza (*Verticillium dahliae*) koja dovodi do visoke smrtnosti stabala i gubitka prinosa, osobito u mediteranskoj regiji. Na osjetljivost stabala maslina na *V. dahliae* utječe virulencija patogena i genetska pozadina biljke domaćina. Istraživanja u Španjolskoj pokazala da su u smanjenju osjetljivosti cijepljene biljke na *V. dahliae* djelotvornije podloge koje se koriste strategijom izbjegavanja ili otporne podloge nego tolerantne podloge<sup>10</sup>. Sorta „Picual“ cijepljena na GUA3, AMK27 i osobito na sortu „Frantoio“ pokazala je manje simptoma i odgodu u razvoju bolesti te nisko relativno područje ispod krivulje progresije bolesti (RAUDPC), umjerenu konačnu srednju težinu (FMS) simptoma i nizak postotak uvenulih biljaka (PDP) (slika 2).



Slika 2: RAUDPC (A), FMS (B) i PDP (C) sorte „Picual“ cijepljene na različite podloge masline inokulirane izolatima *Verticillium dahliae* koji izaziva defolijaciju VD117, 120 dana nakon inokulacije (dai). Crvene trake odgovaraju referentnim necijepljenim sortama: otpornoj sorti „Frantoio“, umjereno osjetljivoj sorti „Arbequina“ i iznimno osjetljivoj sorti „Picual“, prema razinama otpornosti koje su opisali López-Escudero et al. (2007.)

Proteklih godina Citrus tristeza virus (CTV) imao je razoran utjecaj na proizvodnju agruma: doveo je do gubitka gotovo 100 milijuna biljaka, uključujući naranče, mandarine i grejp, cijepljenih na gorku naranču (*C. aurantium*), povijesno dominantnu podlogu u mediteranskom bazenu. Malo se genotipova pokazalo obećavajućim kao podloga otporna na CTV koja bi objedinila visoke prinose, kvalitetu voća i otpornost na abiotičke (mraz, salinitet) i biotičke uzročnike stresa (*Phytophthora* spp., viroide *citrus exocortis* i kržljivosti hmelja). Među njima se kao održiva alternativa ističu limun Volkamer (*C. volkameriana*), križanac limuna i naranče („citrango“, „limunaranča“) Carrizo (*C. sinensis* × *Poncirus trifoliata*) i Forner-Alcaide br. 5 (*C. reshni* × *P. trifoliata*)<sup>11</sup>. Teška oštećenja na usjevima agruma na Floridi, u Brazilu i Kaliforniji trenutačno uzrokuje nova bolest: HLB, uzrokovana bakterijom *Candidatus liberibacter*. Za nju ne postoji lijek i vjeruje se da će se njezino suzbijanje temeljiti na uporabi podloga koje su otporne ili tolerantne na rast bakterije. Takve se podloge trenutačno istražuju na sveučilištima diljem svijeta.

### 1.3.3. Selekcija tolerantnih/otpornih sorti kao strategija suzbijanja bolesti

*Xylella fastidiosa subsp. pauca* (Xfp) bakterijski je patogen koji uzrokuje znatne gospodarske gubitke i štete za okoliš u maslinama u južnoj Europi, osobito u Italiji, gdje su zakonodavne mjere ([Provedbena odluka Komisije \(EU\) 2017/2352](#)) ograničile uspostavu novih nasada u zaraženim područjima na otporne sorte. U Salentu (južna Italija) na terenu je potvrđena otpornost sorte Leccino u usporedbi sa sortom Ogliarola salentina<sup>12</sup>. Dodatna obilježja otpornosti utvrđena su u patentiranoj sorti FS17® (Favolosa®), za koju je karakteristična mala veličina populacije bakterija i ograničeno sušenje<sup>13</sup>. U terenskom istraživanju u općini Cassano delle Murgeu (Bari) te su sorte vrednovane u sustavu super visoke gustoće (SHD). FS17® je pokazao visoku prilagodljivost i potencijal visokog prinosa. Nasuprot tomu, Leccino i ostale tradicionalne sorte pokazale su se manje pogodnima za intenzivnu proizvodnju<sup>14</sup>.

## 2. POVEĆANJE BIORAZNOLIKOSTI NA RAZINI PARCELE I POLJOPRIVREDNOGA GOSPODARSTVA

Za povećanje bioraznolikosti na razini parcele i poljoprivrednoga gospodarstva mogu se primjenjivati brojne prakse. Poticanje prisutnosti zelene infrastrukture početna je metoda koja se pokazala vrijednom jer zelena infrastruktura ima važnu ulogu u zdravlju tla, biološkom suzbijanju štetnika i oprašivanju. Ta se infrastruktura često smatra mrežom višefunkcionalnih prirodnih i poluprirodnih površina koje su projektirane ili očuvane i kojima se upravlja radi potpore uslugama ekosustava i očuvanju bioraznolikosti.

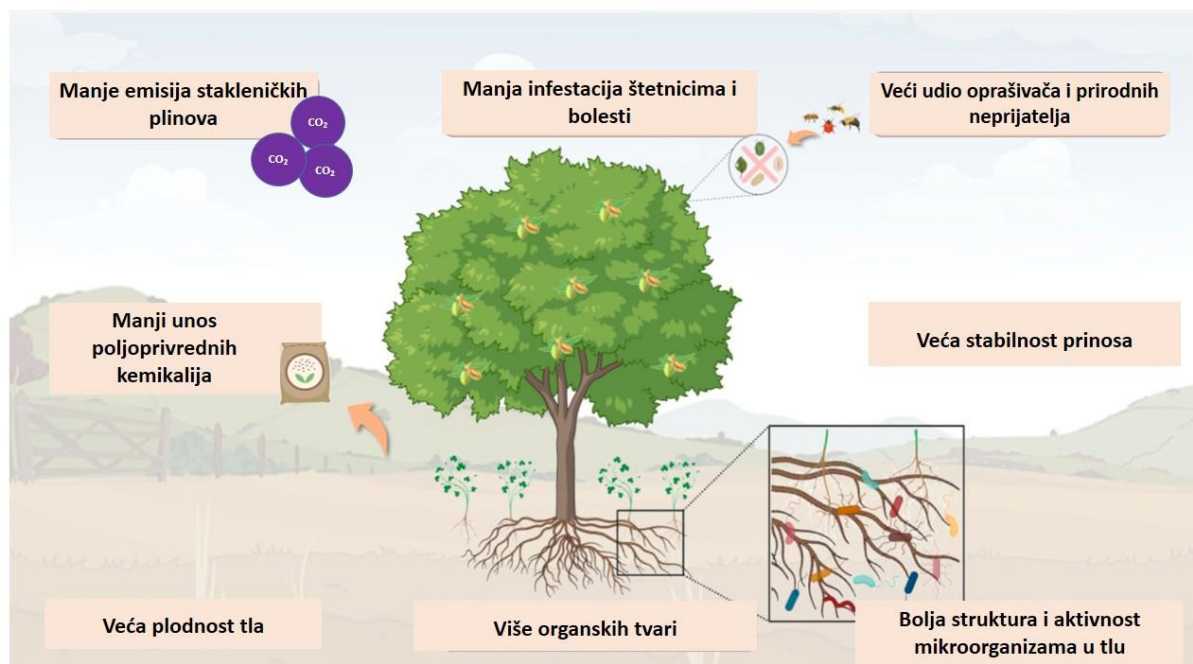
Na tom se projektu temelji Projekt [LIFE IGIC](#) u kojem se uspostavljaju razni oblici zelene infrastrukture unutar maslinika. To je uključilo stvaranje mikrostaništa poput kamenih skloništa, hrpi grana i jezeraca koja pružaju dragocjeno mjesto gniježđenja i sklonište za životinjski svijet. Projekt uključuje sadnju raznolikih vrsta, uključujući aromatično i ljekovito bilje, grmlje i drveće, koje se mogu upotrebljavati kao pokrovni usjevi i živice te za povećanje bioraznolikosti.

Mnoge poljoprivredne prakse mogu se primijeniti za stvaranje dodatne zelene infrastrukture ili poboljšanje postojeće. U sljedećoj točki opisane su neke od glavnih.

### 2.1. Međuusjevi

Sadnja različitih usjeva zajedno radi povećanja bioraznolikosti, poznata kao međuusjev, poseban je oblik uzgoja u kojem se na istom polju u istoj godini uzgajaju dva ili više usjeva kako bi uzgoj bio održiviji i isplativiji. Međuusjevima se stvara nekoliko prednosti za poljoprivredni ekosustav, npr. bolja iskorištenost prirodnih resursa kao što su voda i hranjive tvari, veće očuvanje resursa i promicanje bioraznolikosti tla<sup>15</sup>. Dodatne koristi uključuju bolje suzbijanje štetnika i bolesti, veću populaciju oprašivača i prirodnih neprijatelja zahvaljujući cvjetnim međuusjevima i veću stabilnost prinosa u usporedbi s monokulturama (slika 3).





Slika 3: Koristi koje nastaju zbog interspecifičnog odnosa među usjevima u sustavu međuusjeva<sup>16</sup>

Ubacivanjem pokrovnih usjeva, mahunarki ili aromatičnih biljaka između redova glavnih usjeva povećava se raznolikost biljaka i izravno se utječe na ukupnu bioraznolikost ekosustava. Osim toga, zahvaljujući različitim visinama biljaka, korijenskim sustavima i obrascima rasta nastaju mikrostaništa koja podržavaju razne organizme. Mješoviti usjevi povećavaju populaciju različitih člankonožaca, kukaca i ptica<sup>17</sup>. Pokazalo se da mješoviti uzgoj aromatičnog i ljekovitog bilja sa stablima oraha u integriranim sustavima gospodarenja ima znatan potencijal za povećanje prinosa, suzbijanje štetnika/patogena i korova te poboljšanje zdravlja tla i kvalitete komercijalnih usjeva<sup>18</sup>. Mješoviti usjevi mogu privući korisne kukce koji pak mogu držati populaciju štetnika ispod praga štetnosti.

## 2.2. Pokrov tla

### 2.2.1. Prirodni pokrov: prirodni saveznik u poticanju bioraznolikosti u višegodišnjim nasadima

Nedavne studije o bioraznolikosti provedene u nasadima krušaka i vinogradima<sup>19,20</sup> pokazale su da prirodni pokrov podržava prirodne neprijatelje i osobito povećava populaciju opnokrilaca (*Hymenoptera*) (86 %), cvjetnih buba iz porodice *Anthocoridae* (80 %), pauka (40 %), grinja i resičara ili tripsa (100 %). U sličnoj studiji koju je u Španjolskoj provela operativna skupina [OG CARBOCERT](#) ispitana je uporaba trajnog pokrova s prirodnom vegetacijom u trakama, u redovima i na padinama nasada badema. Nalazi su pokazali znatno povećanje bioraznolikosti, procijenjeno na 76 %, naglašavajući ekološke koristi tog pristupa.



Slika 4: Prirodni pokrov sušnog područja (lijevo) i prirodni biljni pokrov koji se održava košnjom (desno)  
(fotografije: IRTA)

Slični rezultati vidljivi su i u maslinicima i drugim višegodišnjim nasadima<sup>21</sup>. Utvrđeno je da se košnjom prirodne vegetacije umjesto oranja povećava bioraznolikost i ona se može iskoristiti za povoljan utjecaj na sveukupni parazitizam antofagne generacije maslinova moljca *Prays oleae*<sup>22</sup>. Također se povećalo bogatstvo i raznolikost biljnih vrsta te travnati i slamnati pokrov.

#### 2.2.2. Pokrovni usjevi: ključ za povećanje zdravlja tla i bioraznolikosti

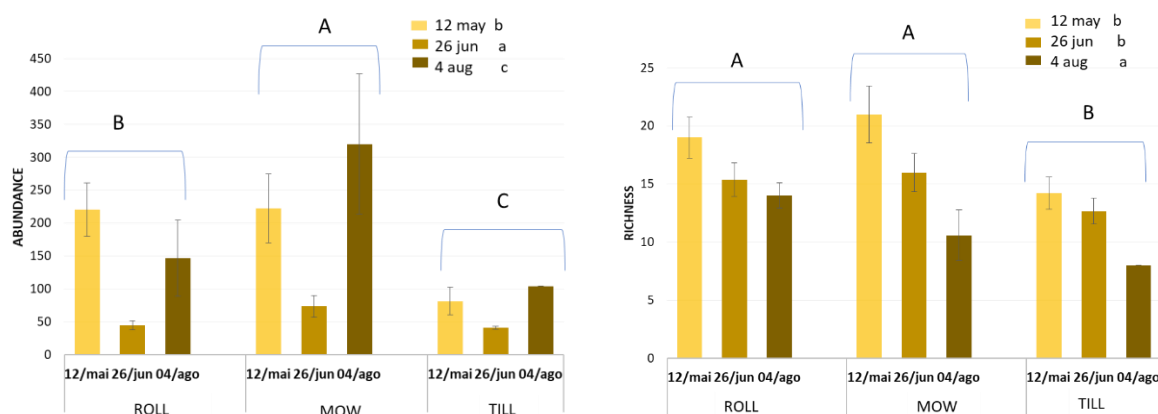
Pokrovni usjevi biljke su koje se uzgajaju prije svega radi zaštite i poboljšanja zdravlja tla, a ne radi žetve/berbe (za razliku od međuusjeva u kojima se žanju/beru svi usjevi). Oni su održivo rješenje za ublažavanje problema erozije tla, smanjenja plodnosti tla i gubitka bioraznolikosti, povećanje kapaciteta zadržavanja vode i druge promjene ekosustava zbog ekstremnih klimatskih prilika.

U studiji koju je proveo Centar za istraživanje i tehnologiju agroekoloških i bioloških znanosti (CITAB)<sup>23</sup> u vinogradima koji se navodnjavaju samo oborinama u označenoj regiji Douro (sjeveroistočni Portugal) procijenjen je utjecaj upravljanja pokrovom tla na funkcionalnu bioraznolikost tla, uspijevanje vinove loze i kvalitetu grožđa. Primijenjena su tri različita agrotehnička postupka između redova (oranje, valjanje i košnja) (slika 5) te je procijenjeno nekoliko parametara povezanih s bioraznolikošću (biljni svijet, člankonošci na tlu, razgradnja biljnog materijala u tlu i hranidbena aktivnost mikrofaune i mezofaune).



Slika 5: A) TILL – uzorano tlo; B) MOW – košena vegetacija; C) ROLL – valjana vegetacija<sup>23</sup>

Rezultati upućuju na to da je načinima pokrivanja tla (valjanjem i košnjom) potaknuta funkcionalnija bioraznolikost. Pokrovnim usjevima povećan je broj nadzemnih člankonožaca za 344 % u usporedbi s oranjem. Broj predatora (*Aranea*, *Carabidae*) povećan je za 77 %. Pokrovni usjevi pozitivno su utjecali na brojnost i bogatstvo člankonožaca koji žive u tlu, koje uglavnom predstavljaju *Acari* i *Collembola*, povećavši ih za približno 100 % odnosno 77 % (slika 6). Pokrivači tla pozitivno su utjecali i na indeks biološke kvalitete tla (QBS-ar) koji se dobiva na temelju podataka o člankonošcima koji žive u tlu (povećanje za oko 62 %).



Slika 6: Učinak različitih agrotehničkih postupaka na brojnost i bogatstvo člankonožaca<sup>23</sup>

U drugoj studiji provedenoj u okviru projekta [GASCOGN'INNOV](#) u Gasconji u južnoj Francuskoj procijenjen je utjecaj različitih vinogradarskih praksi na biologiju tla na 23 testne parcele s različitim tipovima tla. Studija je bila usmjerena na zelenu gnojdbu, pokrovni usjev bogat mahunarkama koji poboljšava plodnost i strukturu tla proizvodnjom biomase koja se vraća u tlo. Rezultati su pokazali da se zelenom gnojidbom i smanjenim narušavanjem strukture tla bioraznolikost povećala za približno 29 – 45 %, s pozitivnim utjecajem na brojnost i aktivnost gujavica, povećanjem mikrobne biomase i biološke aktivnosti tla te podržavanjem populacije

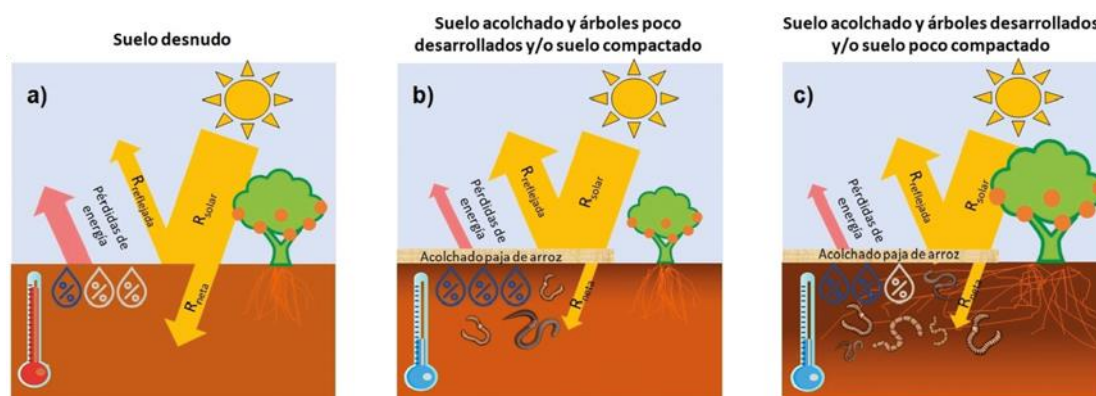


člankonožaca i mikročlankonožaca malčiranjem bez negativnog utjecaja na mikrobnu biomasu. Slični su rezultati uočeni i u okviru operativne skupine [OG New Practices in Rainfed Olive Groves](#) (Nova praksa u maslinicima koji se navodnjavaju samo oborinama) u Portugalu, koja je procijenila utjecaj mahunarki kao pokrovnog usjeva kratkih ophodnji koji se prirodno sam zasijava na bioraznolikost i zaključila da poboljšanje iznosi 45 %. Uz to, smanjenjem intenziteta oranja i produljenjem trajanja biljnog pokrova povećana je brojnost gujavica, nematoda, bakterija i gljivica, iako nije nužno povećana njihova raznolikost<sup>24,25</sup>.

### 2.2.3. Malčiranje: recikliranje koje pogoduje bioraznolikosti

Malčiranje u višegodišnjim nasadima uključuje prekrivanje površine tla organskim (npr. slamom, iverjem, kompostom) ili anorganskim materijalima (npr. plastičnim folijama) radi zadržavanja vlage, suzbijanja korova, reguliranja temperature tla i poboljšanja zdravlja tla. Njime se također povećava bioraznolikost jer se potiče život mikroorganizama u tlu i smanjuje erozija.

Operativna skupina [GO CITRICS](#) primijenila je u nasadu agruma malč dobiven recikliranjem rižine slame radi prilagodbe ekstremnim vrućinama i sušnim uvjetima. Rižina slama ima brojne koristi: osim uštede vode, boljeg nadzora nad korovom, snižavanja temperature tla i poboljšanja strukture i plodnosti tla, povećava bioraznolikost povezanu s mikroorganizmima i gujavicama u tlu za 15 % (procjena) (slika 7).



Slika 7: Energetska ravnoteža tla kod različitih tretmana i nasada: A) nepokriveno tlo; B) malčirano tlo i nedovoljno razvijena stabla i/ili zbijeno tlo u Paiporti; C) malčirano tlo i razvijena stabla i/ili slabo zbijeno tlo u Sueci<sup>26</sup>

[Projektom Vitimulch](#) na jugu Francuske ispitane su različite vrste malča ispod trsova vinove loze. Svaka vrsta malča, nastala kao rezultat pristupa utemeljenog na kružnom gospodarstvu, postavljena je na visinu od oko 15 – 20 cm i širinu od 60 cm. Primjena malča pozitivno je utjecala na broj gujavica u usporedbi s redovima plijevljenim kemijskim sredstvima (za više informacija vidi podtemu 1).

### 2.3. Agrošumarski sustavi, tampon-trake s raslinjem i živice

Agrošumarstvo, koje se sastoji od istodobnog uzgoja drvenastih kultura (drveća i grmlja), poljoprivrednih usjeva i životinja, postalo je praksa kojom se poljoprivrednici diljem svijeta koriste zbog stalne dostupnosti hrane, plodova, drvne građe, stočne hrane i drva za ogrjev, osiguravajući održivost sredstava za život.

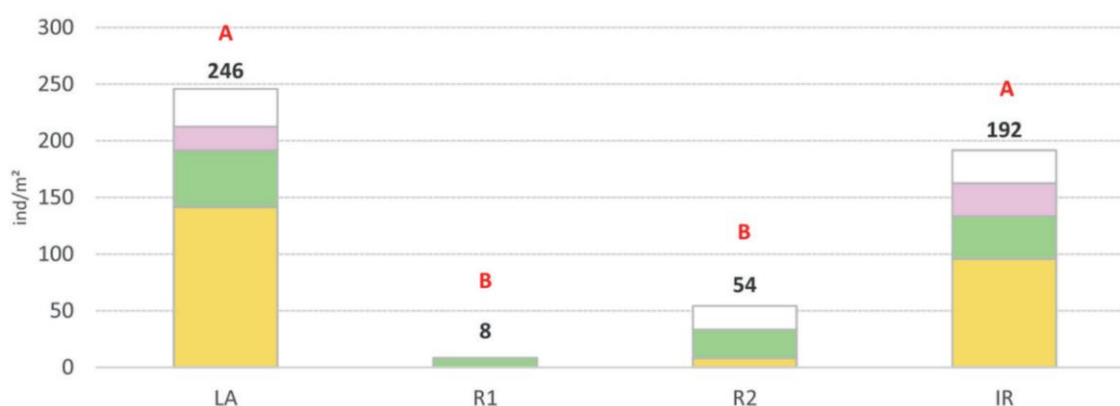
Kratkoročno do srednjoročno, uvođenje stabala u agroekosustav donosi krajobraznu raznolikost i varijabilnost vegetacijskih slojeva, a time i nove ekološke niše. Stablo i sve njegove komponente (grane, listovi, cvjetovi, plodovi, pukotine u deblu, korijenje) pružaju „mješavinu“ staništa, utočišta, prehrambenih resursa i područja za lov, razmnožavanje i prezimljavanje. U teoriji, drveće pomaže da se održi širok raspon vrsta (kukaca, pauka, sisavaca, ptica, gmazova itd.). Dugoročno, razvoj stabala dovodi do prisutnosti visokog sloja drveća unutar parcela i pojave šupljina i pukotina, a sve su to mikrostaništa pogodna za određene vrste (šišmiše, ptice gnjezdarice i dr.).

### 2.3.1. Utjecaj na bioraznolikost u zraku

Uvođenjem drveća u poljoprivredne sustave mogu se osigurati dodatni resursi i skloništa za korisne organizme kao što su predatorske grinje, paučnjaci, mrežokrilci i parazitoide, što se pokazalo i u vinogradarstvu (npr. u [Projektu PIRAT](#) u Francuskoj). Međutim, u [Projektu Vitiforest](#) provedenom u mladim vinogradima (osam godina starosti) u južnoj Francuskoj nije uočen bitan utjecaj drveća na štetnike ili korisne vrste. Kompleksne interakcije unutar prehrambenih mreža, na koje utječu čimbenici kao što su biljne i životinjske vrste, klima i fiziologija vinove loze, otežavaju generaliziranje rezultata. Stoga bi uključivanje drveća trebalo biti dio šireg ekološkog pristupa, uključujući upravljanje rubnim dijelovima poljoprivredne parcele kasnom košnjom, sadnjom živica i smanjenjem fitosanitarnih mjera.

### 2.3.2. Utjecaj na gujavice

Gujavice su i indikatori i čimbenici kvalitete tla. Otkrivaju stanje i uporabu tla jer su blisko povezane s njegovim sastavnicama i reagiraju na promjene. Gujavice su osjetljive na mnoge aspekte moderne poljoprivrede: fitosanitarne mjere, zbijenost tla i oranje kojim se uništavaju slojevi i zakopava organska tvar i skupine gujavica koje žive na površini. S druge strane, svaka radnja kojom se povećava količina organske tvari u tlu pozitivno utječe na gujavice.



Slika 8: Broj gujavica u agrošumarskom francuskom vinogradu (šest redova vinove loze uokvireno s dva reda stabala, zasađenih 3,25 m od prvog reda vinove loze, sa stablima na međusobnom razmaku od 10 m)

Ukupna srednja vrijednost anecičnih gujavica iz roda *Aporrectodea*/m<sup>2</sup> (žuto), endogejskih gujavica/m<sup>2</sup> (ljubičasto), crvenih kalifornijskih anecičnih gujavica/m<sup>2</sup> (zeleno) i neutvrđenih gujavica (bijelo), na granici drveća (LA), ispod trsova vinove loze 6 m od granice drveća (R1), ispod trsova vinove loze 8,25 m od granice drveća (R2), u međurednom prostoru (IR)

Ispitivanja provedena u vinogradima u Francuskoj u okviru [Projekta Vitiforest](#) pokazala su da prisutnost drveća ima bitan utjecaj na rasprostranjenost gujavica (slika 8). Osim na jednoj parceli,



u zoni drveća pronađeno je više anecičnih i endogenih gujavica. Gradijent smanjenja učestalosti je zabilježen pomicanjem od zone drveća. Također je uočeno da na uzoranim površinama (između redova ili ispod trsova vinove loze) ima znatno manje jedinki nego na površinama s trajnim travnatim pokrovom.

### 2.3.3. Utjecaj na mikrobiologiju tla

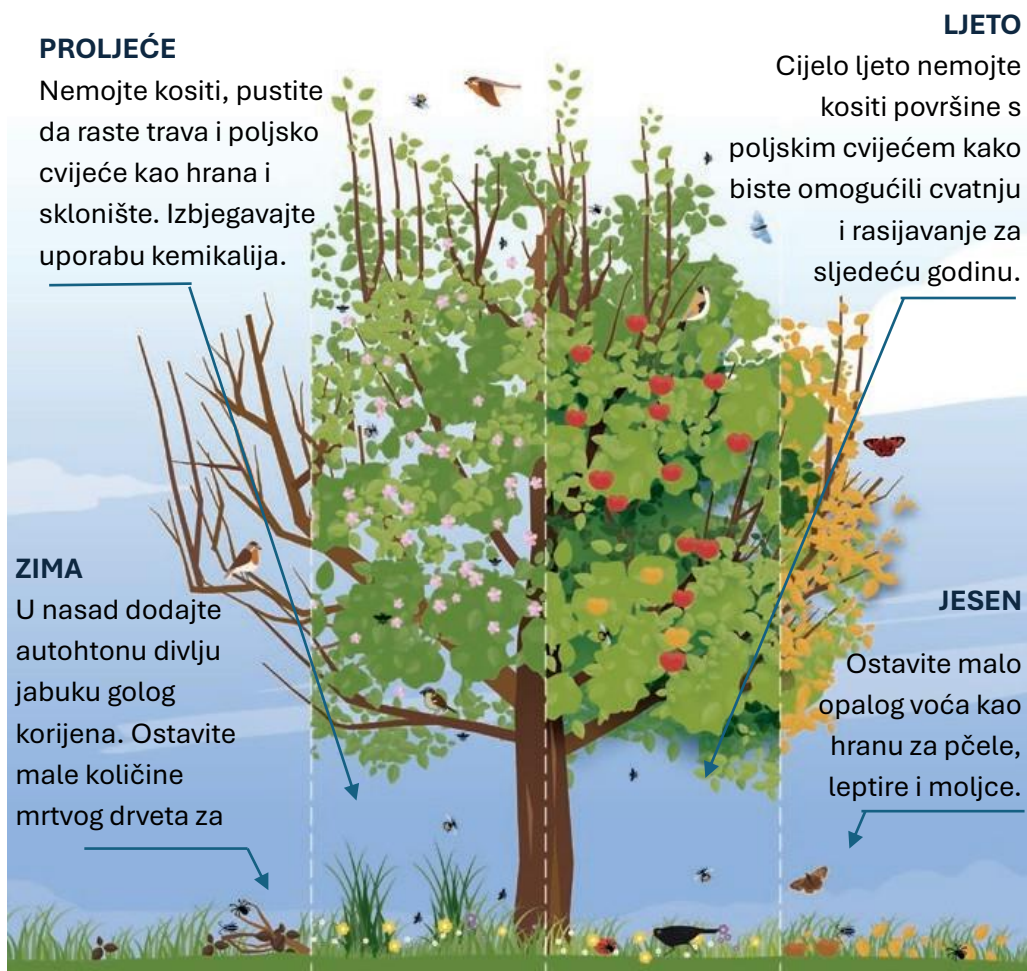
Prisutnost drveća na poljoprivrednim parcelama može povećati raznolikost mikroorganizama jer uvodi ekološku heterogenost (biljni pokrov i mikroklima), stvara ekološke niše, osigurava hranjive tvari kroz rizosferu i otpadnu organsku tvar te smanjuje onečišćenje tla fitosanitarnim tretmanima. Studijom u okviru [Projekta Vitiforest](#) u agrošumarskom vinogradu starom 7 – 8 godina otkrivena je dobra ukupna mikrobiološka kvaliteta, ali ne i bitan utjecaj na brojnost i raznolikost mikroorganizama na različitim udaljenostima od drveća, vjerojatno zbog njegove mlade dobi i ograničene razvijenosti korijena. Međutim, drveće je utjecalo na sastav mikrobnih zajednica, pogodujući taksonima povezanim s razgradnjom organskih tvari i stimulirajući rast mikoriznih gljiva.

## 3. POTICANJE PRISUTNOSTI OPRAŠIVAČA

Očuvanjem bioraznolikosti oprašivača i predatora povećava se otpornost ekosustava i poljoprivredna produktivnost jer ona podupire bitne ekološke funkcije. Ključne strategije uključuju sadnju raznih cvjetnica, očuvanje područja divljine, smanjenje uporabe pesticida i usvajanje integriranog suzbijanja štetnika i organskog uzgoja. Plodored, pokrovni usjevi i osiguravanje mjesta za gniježđenje oprašivača i ptica dodatno podržavaju bioraznolikost i prirodno suzbijanje štetnika te smanjuju gubitke prinosa<sup>27, 28</sup>. Nasadi voćaka zbog svoje višegodišnje strukture privlače i oprašivače i prirodne neprijatelje štetnika<sup>29</sup>. [Revidiranom inicijativom EU-a za oprašivače za 2030.](#) prioritet se daje očuvanju vrsta, obnovi staništa, smanjenju utjecaja pesticida, jačanju urbanih staništa oprašivača i rješavanju problema klimatskih promjena radi sprječavanja smanjenja broja oprašivača.

### 3.1. Obnova i poboljšanje staništa oprašivača

Ključno je povećati bioraznolikost oprašivača praksama koje pogoduju oprašivačima (slika 9) u nasadima voćaka jer oprašivanje insektima potiče produktivnost i kvalitetu plodova. Često je najbolji pristup pustiti prirodu da ide svojim tokom i da šume oprašivačima služe kao skloništa. U intenzivnom uzgoju oprašivači se podupiru agroekološkom infrastrukturu – trakama s poljskim cvijećem, živicama, područjima bogatima mahunarkama i tampon-zonama. Trakama s cvijećem u rotaciji povećava se raznolikost oprašivača, što koristi i čestim i rijetkim vrstama. Živice od grmlja pružaju hranu, mjesta za gniježđenje i povezanost staništa, dok živice od stabala i grmlja u cvatu produljuju razdoblje cvatnje. Travnjaci, vegetacija bogata mahunarkama na ugaru i pokrovni usjevi u nasadima voćaka osiguravaju hranu u jesen i rano proljeće. U vinogradima oprašivači podupiru usluge ekosustava, a pokrovni usjevi potiču bioraznolikost. Solitarne pčele, često učinkovitije od medonosnih pčela, trebaju gnijezda kao što su „hoteli“ za pčele ili neobrađeno tlo. Upute za stvaranje staništa mogu se naći u materijalima skupina poput [Društva Xerces](#).



Slika 9: Postupci u nasadu voćaka koji pogoduju oprašivačima

Izvor: All-Ireland Pollinator Plan, <https://pollinators.ie/orchards-for-pollinators-a-new-free-flyer/>



Slika 10: Staništa za solitarne pčele koje se gnijezde u šupljinama (slijeva nadesno: snop šupljih stabljika, rupe izbušene u drvu, gotove kutije za pčele s kombinacijom šupljih stabljika i šupljina u glini)

Rezultat [Projekta BIOFRUITNET](#), usmjerenog na organski uzgoj jezgričavog, koštičavog voća i agruma, preporuke su o prikladnom cvatućem drveću, grmlju i lukovicama te broju, smještaju i dimenzijama kutija i čahura za solitarne pčele, osobito za pčele zidarice, kao što su europska

pčela zidarica *Osmia cornuta* i crvena pčela zidarica *Osmia bicornis*. Obje pčele zidarice lete unutar perimetra od 50 do 200 metara tako da je potrebno na odgovarajući način prilagoditi broj i smještaj kutija (slika 11). Za oprašivanje nasada voćaka od 1 ha s grmolikim ili stupastim voćkama potrebno je oko 2000 čahura (2 – 3 kutije).



Slika 11: Kutija za pčele zidarice (lijevo); pčele zidarice za gniježđenje trebaju rupe (desno)

U studiji provedenoj u dva nasada trešnje u Sefrou, Maroko<sup>30</sup>, istraženo je koliko su hoteli za pčele privlačni solitarnim pčelama. Na svakoj su lokaciji postavljene, na međusobnoj udaljenosti od 30 metara i okrenute na jugoistok, dvije vrste hotela za pčele (slika 12) – gnijezdo s drvenim trupcima i dva mala gnijezda s drvenim pliticama. Promatranja su pokazala da su glavni posjetitelji cvjetova trešnje bile pčele iz roda *Andrena*, *Bombus*, *Lasioglossum* i *Osmia*, pri čemu su cvjetovi trešnje najviše privlačili pčele iz roda *Bombus*, a one iz roda *Andrena* i *Lasioglossum* više su posjećivale okolni krajolik.

Pčele iz roda *Osmia* uglavnom su zauzele umjetna gnijezda. U pogledu brojnosti pčela iz pojedinih rodova nije utvrđena bitna razlika između gnijezda s drvenim trupcima i onih s drvenim pliticama. Međutim, gnijezda s drvenim trupcima, iako su skuplja (26,66 USD godišnje) i teže ih je sagraditi, imaju dulji životni vijek (najmanje pet godina), zahtijevaju minimalno održavanje i omogućuju jednostavno čišćenje i uklanjanje čahura s parazitima. Brojnost oprašivača bila je znatno veća u nasadu 1, koji je bio okružen borovom šumom i neobrađenim zemljištem, nego u nasadu 2, koji je uglavnom bio okružen obrađenim zemljištem.





Slika 12: Gnijezdo s drvenim trupcima (lijevo); gnijezdo s drvenim pliticama (desno)

U istraživanjima provedenim u pokrajini Alicante u jugoistočnoj Španjolskoj istraženo je koji bi uvjeti okoliša mogli potaknuti reproduktivni uspjeh pčela iz roda *Osmia* u kamufliranim gnijezdima smještenim u blizini nasada badema<sup>31</sup>. Utvrđeno je da na stopu nastanjanja gnijezda, produktivnost legla i stopu parazitizma utječu i lokalni (uski) klimatski uvjeti i obilježja krajobrazza (npr. raznolika vegetacija, razina urbanizacije) te da će pčelama iz roda *Osmia* u blizini nasada badema na području južnog Sredozemlja pogodovati postavljanje kamufliranih gnijezda na dobro osunčanim, toplim i vlažnim mjestima s raznolikom vegetacijom.

#### 4. POTICANJE PRISUTNOSTI PRIRODNIH NEPRIJATELJA ŠTETNIKA

Integrirano suzbijanje štetnika temelji se na ekološki prihvatljivim strategijama za reguliranje populacija štetnika uz minimalnu uporabu kemijskih pesticida. Jedan je od najdjelotvornijih pristupa poticanje prisutnosti prirodnih neprijatelja koji pomažu da se održi ekološka ravnoteža u poljoprivrednim sustavima. To se može postići uzgojnim praksama kojima se stvaraju povoljna staništa za korisne organizme i biološkim metodama suzbijanja koje potiču prirodne predatore, parazitoide i entomopatogene mikroorganizme. U ovoj se točki istražuje kako se te dvije komplementarne strategije – upravljanje staništima i suzbijanje biološkim metodama – mogu djelotvorno provesti radi uspješnijeg suzbijanja štetnika u nasadima agruma i drugim sustavima uzgoja višegodišnjih usjeva.

##### 4.1. Prakse uzgoja za suzbijanje štetnika: primjer uloge pokrovnih usjeva

U nasadima agruma u regiji Valencia u istočnoj Španjolskoj ~66 % pokrivača tla bile su trave (*Poaceae*), a ostatak uglavnom *Malva* sp. (13 %), *Oxalis* sp. (5 %) i *Sonchus* sp. (2 %). U travama (*Poaceae*) i cecelju *Oxalis* sp. našle su sklonište stenofagne uši odnosno uši *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Hemiptera: Aphididae) koje su se u sustavu pojavile ranije nego uši agruma.

Te uši mogu poslužiti kao zamjenski plijen ili domaćin za prirodne neprijatelje i tako pojačati biološko suzbijanje uši *Aphis spiraecola*, glavne štetne uši na agrumima. Nasuprot tomu, *Malva* sp. i *Sonchus* sp. udomili su potencijalnog štetnika na agrumima *Aphis gossypii* Glover i druge uši koje se pojavljuju istodobno s uši *A. spiraecola*. Privlačenjem tih ušiju u pokrovnu vegetaciju *Malva* sp. i *Sonchus* sp. mogu odvratiti prirodne neprijatelje od uši *A. spiraecola* u krošnji, pa bi uš *A. spiraecola* mogla biti manje izložena predatorima ili parazitizmu u krošnji. Iako te samonikle biljke mogu djelovati kao rezervoari za uš *A. spiraecola* i druge vrste ušiju koje mogu poremetiti biološko suzbijanje prirodnim neprijateljima, sve u svemu, zasijani pokrov bio je djelotvoran u biološkom suzbijanju uši *A. spiraecola* u krošnji agruma. Potaknuo je ranu prisutnost predatora u krošnjama agruma, ali nije potaknuo ranu prisutnost parazitoidea. Predatori su napali kolonije uši *A. spiraecola* prije eksponencijalnog porasta. Ti su napadi rezultirali zadovoljavajućim suzbijanjem ušiju: nasadi agruma s pokrivačem tla nikada nisu prešli ekonomski prag štetnosti ušiju<sup>32, 33</sup>.

#### 4.2. Biološko suzbijanje: korištenje prirodom u suzbijanju štetnika

Prirodne metode suzbijanja mogu se upotrebljavati za zaštitu usjeva od štetnika u okviru integriranog pristupa suzbijanju štetnika, čime se pridonosi smanjenju ovisnosti o štetnim pesticidima i promicanju održivih poljoprivrednih praksi.

Te metode uključuju uporabu korisnih organizama / prirodnih neprijatelja – živih organizama, predatora i parazitoidea – koji mogu ograničiti širenje raznih štetnika na usjevima. Postoji nekoliko vrsta biološkog suzbijanja:

- ✓ biološko suzbijanje očuvanjem, pri kojem se okolišem upravlja tako da se optimizira regulacija štetnika pomoću prirodnih korisnih organizama
- ✓ biološko suzbijanje povećanjem, pri čemu se u usjeve periodično uvode prirodni neprijatelji kojih je u početku bilo premalo
- ✓ biološko suzbijanje inokulacijom ili aklimatizacijom, pri kojem se uvodi agent koji je stran i kojeg izvorno nije bilo, a cilj je trajno ga uspostaviti kako bi se ograničila populacija invazivnog štetnika.

##### 4.2.1. Primjeri biološkog suzbijanja u agrumima

- ❖ Parazitoidi za suzbijanje *narančina trnovitog štitastog moljca (OSW) (Aleurocanthus spiniferus)*

*Eretmocerus sp. gr. serius* mogao bi predstavljati obećavajuće rješenje za biološko suzbijanje narančina trnovitog štitastog moljca (OSW) u Italiji koji se tamo proširio posljednjih godina, a širi se i drugdje u Europi, osobito prema sjeveru. OSW je nova ozbiljna prijetnja stablima agruma na cijelom mediteranskom području. Napada biljke domaćine usisavanjem njihova soka. Uzrokuje i neizravnu štetu jer izlučuje medljiku i tako potiče rast plijesni, koja dovodi do smanjenja prinosa i kvalitete plodova. Važnost *E. sp. gr. serius* u prvom je redu u tome što se nalazi na područjima Italije koja OSW zahvaća (slika 13). Stoga, za razliku od drugih alohtonih parazitoidea, za njegovo uvođenje ne bi trebala biti potrebna brojna i dubinska istraživanja<sup>34</sup>. Prema sadašnjim propisima, uvođenje prirodnog neprijatelja dugotrajno je i naporno, što usporava izgleda za brzo suzbijanje i tako omogućuje populacijama štetnika da se šire, nanose štetu i prelaze na nove biljke domaćine.





Slika 13: Parazitska osa (*Encarsia* spp.) koja izlazi iz plijena – mrtvog leptira.  
Fotografija: Arbico Organics

❖ Parazitoidi za suzbijanje uši *Aphis gossypii*

Uš *Aphis gossypii* učinkovit je i čest vektor Citrus tristeza virusa (CTV) koji dovodi do skupih pandemija koje su preoblikovale svijet agruma. Za zaštitu europskih agruma od CTV-a obvezno je suzbijanje ušiju. Ono se može provoditi pomoću i) korisnih insekata, uključujući parazitoid *Aphidius colemani* i larve / odrasle jedinice predatorske bubamare *Coccinella septempunctata* (slika 14, A i B), i ii) biopesticida djelatnih protiv ušiju koje prenose gljivične patogene (slika 14C) kao što su *Verticillium lecanii* (Zimmerman), *Bauveria bassiana* (Bals. – Criv.) i *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize). Ti su biopesticidi bezopasni za korisne insekte i mogu se upotrebljavati zajedno radi povećanja učinkovitosti suzbijanja. Korisne insekte i gljivične patogene treba uvesti nekoliko puta tijekom sezone rasta, osobito u proljeće i početkom ljeta, ako su stope infestacije visoke.



Slika 14: Agensi djelotvorni u biološkom suzbijanju ušiju; (A) parazitoid *A. colemani*, (B) i odrasla jedinka bubamare; (C) entomopatogena gljiva *Pandora neoaphidis*. Fotografije: insectosutiles.es, mygarden.com odnosno Shutterstock

❖ Kukac predator *Cryptolaemus montrouzieri* u suzbijanju uši *Delottococcus aberiae*

Južnoafrička uš *Delottococcus aberiae* napada plodove i dovodi do znatnih gubitaka u prinosu. U autohtonoj fauni nema djelotvornih prirodnih neprijatelja. Jedno je od glavnih rješenja uvođenje kukca *Cryptolaemus montrouzieri* kao predatora. Poljoprivrednici ga mogu uzgojiti uz pomoć lokalnih savjetodavnih službi<sup>35</sup>. Kukac *Cryptolaemus montrouzieri* treba uvesti u krošnju agruma od ožujka nadalje u fazi ličinke (doza 3/10 po stablu, tj. 1200 – 4000 odraslih jedinki/ha) kako bi se smanjila razina štetnika u vrijeme najveće osjetljivosti plodova. Kako bi se smanjila razina štetnika

u sljedećoj godini, uvođenjem odraslih jedinki ljeti u dozi od 3/10 po stablu smanjuje se populacija koja prezimljuje.

#### 4.2.2. Primjeri biološkog suzbijanja u nasadima koštičavog voća

##### ❖ *Predatorska grinja Typhlodromus pyri u suzbijanju štetnika koji sišu sokove*

Štetnici koji sišu sokove, npr. crveni pauk (grinje), kruškina grinja i grinja hrđe šljive, često napadaju voćke i uzrokuju veliku štetu na plodovima. Predatorska grinja *Typhlodromus pyri* može biti uspješno rješenje za biološko suzbijanje tih štetnika. Predatorsku grinju *Typhlodromus pyri* (slika 15A) treba uvesti u sve (koštičave) voćke pomoću traka od filca, na kojima ta predatorska grinja prezimljuje (slika 15B). Treba nanijeti jednu traku s deset jedinki predatorske grinje po stablu i grinje će se početi razmnožavati i hraniti jajima i ličinkama štetnika. Bolji rezultati očekuju se u drugoj godini nakon uvođenja, kada se predatorska grinja već dovoljno razmnožila. Grinja *Typhlodromus pyri* uvodi se u nasad samo jednom jer ostaje na stablima desetljećima i suzbija štetnike tijekom cijelog životnog vijeka voćke.



Slika 15: A) Predatorska grinja *Typhlodromus pyri*; B) trake od filca s jedinkama *T. pyri* koje su prezimile; C) grane voćke početkom proljeća. Fotografije: Martina Novotná (Biocont Laboratory) odnosno Radek Vávra (VSUO)

#### 4.2.3. Primjeri biološkog suzbijanja u vinovoj lozi

##### ❖ *Predatori fitofagnih grinja*

Grinje u vinovoj lozi mogu biti i štetnici i pomagači, ovisno o vrsti. Grinje iz porodice Phytoseiidae hrane se drugim grinjama (fitofagnim grinjama). Uvođenje populacija vrste *Typhlodromus pyri* pokazalo je dobre rezultate u biološkom suzbijanju u vinogradima, iako nije bilo potpuno djelotvorno i ponovljivo. U vinogradima kojima se racionalno gospodari primijećeno je da se populacija grinja iz porodice Phytoseiidae često oporavlja. Naprimjer, u bazi podataka o 58 parcela kojima se gospodarilo primjenom integriranog suzbijanja štetnika, postotak parcela u kojima je broj *T. pyri* prikladan povećan je s 30 % na 90 % u razdoblju od šest godina<sup>36</sup>. *T. pyri* važna je vrsta u sjevernim vinogradima.

##### ❖ *Biološko suzbijanje cvrčka Empoasca vitis*

Nekoliko vrsta parazitoidea može nastaniti jaja cvrčka *Empoasca vitis*. Uvjerljivo dominira vrsta *Anagrus atomus*, na koju otpada 72 % do 100 % parazitizma na tom cvrčku, a ostale vrste samo su zamijećene. Međutim, stopa parazitizma nije jednaka od godine do godine, zasigurno zbog promjena klimatskih uvjeta. Nadalje, postotak parazitiziranih jaja od oko 40 % možda neće biti

dovoljan za održavanje populacija ličinki ispod praga za tretman i za regulaciju populacija *Empoasca vitis*<sup>36</sup>.

❖ *Učinak šišmiša Pipistrellus spp. na biološko suzbijanje pepeljastog grozdova moljca Lobesia botrana*

Pepeljasti grozdov moljac (*Lobesia botrana*) važan je štetnik u vinogradarstvu diljem svijeta. Učinkovito se suzbija feromonima, no to je skup postupak (100 – 300 eura/ha, ovisno o dozi) i isplativ je samo ako je vinograd veći od 5 ha. Šišmiši su najprikladniji predatori za povećanje biološkog suzbijanja pepeljastog grozdova moljca: jedan šišmiš (*Pipistrellus* spp.) može pojesti između 1000 i 3000 kukaca u jednoj noći. Postavljanje kutija za šišmiše posebno je zanimljivo za mediteransko vinogradarstvo. Institut za bioraznolikost i evolucijsku biologiju Cavanilles (IBIBE) u Valenciji (Španjolska) proveo je projekt „[Očuvanje šišmiša u vinogradima radi suzbijanja pepeljastog grozdova moljca](#)“. Glavno je postignuće projekta stalan rast populacije šišmiša od postavljanja kutija za šišmiše, uz postotak nastanjenosti od 80 %. Aktivnost šišmiša bila je znatno veća u vinogradima opremljenim kutijama za šišmiše: premašila je 300 prolazaka pokraj uređaja za snimanje po jednoj noći, a njihovo se područje lova protezalo i do 500 metara od kutija. Šišmiši pridonose suzbijanju štetnika tako što hvataju, osim pepeljastog grozdova moljca (*Lobesia botrana*), štetnike kao što su maslinina muha (*Bactrocera oleae*), maslinov moljac (*Prays oleae*) i jabučni savijač (*Cydia pomonella*). Važno je napomenuti da u njihovoj prehrani nisu pronađeni parazitoidi ni oprašivači, što potvrđuje njihovu ulogu ciljanih regulatora štetnika.