

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Zala GAČNIK

**SEZONSKE SPREMEMBE FOTOSINTEZNE
AKTIVNOSTI OLJKE (*Olea europaea* L.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Zala GAČNIK

**SEZONSKE SPREMEMBE FOTOSINTEZNE AKTIVNOSTI OLJKE
(*Olea europaea* L.)**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**SEASONAL CHANGES IN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF
OLIVE (*Olea europaea* L.)**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo - agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za botaniko.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Dominika VODNIKA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Robert VEBERIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Zala GAČNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
- DK UDK 634.63:581.13 (043.2)
- KG sadjarstvo/oljka/fotosinteza/suša/namakanje/vodni potencial
- AV GAČNIK, Zala
- SA VODNIK, Dominik (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2016
- IN SEZONSKE SPREMEMBE FOTOSINTEZNE AKTIVNOSTI OLJKE (*Olea europaea* L.)
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
- OP VII, 29 str., 11 sl., 21 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Oljka (*Olea europaea*) je drevo, dobro poznano po svojih prilagoditvah na sušne razmere in zmožnostih tvorbe kvalitetnih plodov tudi v zelo sušnih razmerah. Kljub anatomskim in fiziološkim prilagoditvam, lahko oljka v poletnem času ob ekstremnem pomanjkanju vode doživi sušni stres. Zaradi globalnega spreminjanja podnebja, so oljke večkrat izpostavljene daljšim poletnim sušam, ki negativno vplivajo na rast, razvoj in pridelek. Zaradi tega postaja namakanje v oljkarstvu smiseln ukrep. V diplomskem delu opisujemo sezonske fiziološke odzive različno namakanih oljčnih dreves. Visoke spomladanske vrednosti fotosinteze so v poletnem času vztrajno padale, kot odziv na zmanjšano razpoložljivost vode. To nižanje asimilatorne aktivnosti je povezano z zaprtjem listnih rež in z upadom vodnega potenciala. Namakanje te negativne učinke močno omili.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dv1
- DC UDC 634.63:581.13 (043.2)
- CX fruit growing/olive/photosynthesis/drought/irrigation/water potential
- AU GAČNIK, Zala
- AA VODNIK, Dominik (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2016
- TI SEASONAL CHANGES IN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF OLIVE (*Olea europaea* L.)
- DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
- NO VII, 29 p., 11 fig., 21 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The olive tree (*Olea europaea*) is well known for its adaptation to dry conditions and able to produce quality fruits even under extreme water-limited environments. Despite anatomical and physiological drought resistance mechanisms olive plants may experience considerable water stress during summer. With global climate change olives are more often exposed to longer summer droughts negatively affecting growth, development and yield. Therefore irrigation of olive orchard is a feasible agronomical measure. In this work we describe physiological performance of differently irrigated olive trees throughout the season. High spring photosynthetic rates were severely reduced in summer due to reduced water availability. A decrease can be related to stomatal closure and corresponds well with the drop of water potential. Irrigation significantly mitigated this negative effect.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
1.1 CILJI	1
1.2 HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 OLJKA	2
2.1.1 Izvor oljke	2
2.1.2 Botanična uvrstitev	2
2.1.3 Morfologija oljke	2
2.1.3.1 Koreninski sistem	2
2.1.3.2 Deblo	3
2.1.3.3 Listi	3
2.2 RASTNE ZAHTEVE	3
2.2.1 Temperatura	3
2.2.2 Padavine	4
2.2.3 Veter	4
2.2.4. Svetloba	5
2.2.5 Tla	5
2.3 SUŠNI STRES PRI OLJKI	5
2.3.1 Vodni status rastline	5
2.3.2 Prilagoditve oljke na sušo	6
2.3.2.1 Anatomske prilagoditve	6
2.3.2.2 Fiziološke prilagoditve	8
2.4 NAMAKANJE V OLJKARSTVU	8
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 OPIS POSKUSA	10
3.2 MATERIAL	11

3.3 METODE	11
3.3.1 Meritve fotosinteze	11
3.3.2 Potek meritev fotosinteze	11
3.3.3 Meritve vodnega potenciala	12
3.3.4 Potek meritev vodnega potenciala	12
3.3.5 Rastne razmere v času poskusa	12
3.3.6 Obdelava podatkov	12
4 REZULTATI	13
4.1 METEOROLOŠKE RAZMERE V ČASU POSKUSA	13
4.2 NETO FOTOSINTEZA	14
4.3 TRANSPIRACIJA	17
4.4 STOMATALNA PREVODNOST	19
4.5 VODNI POTENCIAL	21
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	22
5.1 RAZPRAVA	22
5.2 SKLEPI	24
6 POVZETEK	25
7 VIRI	27

KAZALO SLIK

Slika 1: Prečni prerez lista oljke (<i>Olea europaea</i> L.)	7
Slika 2: Prečni prerez debla oljke (<i>Olea europaea</i> L.)	7
Slika 3: Shema namakalnega poskusa v oljčniku Dekani	10
Slika 4: Količina padavin in povprečna dnevna temperatura v obdobju april-avgust, 2016 za merilno postajo Portorož-letališče.	13
Slika 5: Povprečne vrednosti neto fotosinteze različno namakanih dreves oljke.	14
Slika 6: Povprečne mesečne vrednosti neto fotosinteze različno namakanih dreves oljke.	16
Slika 7: Povprečne vrednosti transpiracije različno namakanih dreves oljke.	17
Slika 8: Povprečne mesečne vrednosti transpiracije različno namakanih dreves oljke.	18
Slika 9: Povprečne vrednosti stomatalne prevodnosti različno namakanih dreves oljke.	19
Slika 10: Povprečne mesečne vrednosti stomatalne prevodnosti različno namakanih dreves oljke.	20
Slika 11: Povprečne vrednosti vodnega potenciala različno namakanih dreves oljke.	21

1 UVOD

Oljka je ena izmed najstarejših gojenih kulturnih rastlin. Zaradi kakovostnih plodov in njihove predelave v oljčno olje, je ta rastlina gojena že zelo dolgo. Poleg kulinarčne in kozmetične uporabe, ima oljčno olje številne zdravilne učinke, tako med drugim tudi blagodejno vpliva na srčno žilni sistem (Vesel in sod., 2009).

Za zagotavljanje visoke kakovosti plodov je priporočljivo natančno poznavanje in opazovanje dreves. Ker je oljka vedno zeleno drevo nam omogoča spremljanje njenega delovanja skozi vse leto. S stališča pridelovalca je to ključnega pomena, saj lahko na ta način s primernimi agrotehničnimi postopki zagotavlja optimalne razmere za rast in razvoj rastlin. Namakanje pomembno vpliva na rast in rodnost oljk, saj lahko ta, kljub zelo dobrim anatomsko-morfološkim in fiziološkim prilagoditvam na pomanjkanje vode v tleh, v poletnem času občuti obdobje suše. Za sušni stres je oljka najbolj občutljiva v fazi razvoja, torej med rastjo poganjkov, razvojem cvetnih brstov, cvetenjem, nastavljanjem plodov, delitvijo in rastjo celic ter med akumulacijo olja. Nadzorovano deficitno namakanje oljk, bo tudi v Sloveniji najverjetneje kmalu postalo nepogrešljiva agronomska praksa, saj se v zadnjem času predel Slovenske Istre vse pogosteje sooča z obdobji suše (Podgornik in Badelj, 2015).

1.1 CILJI

Namen naloge je bil med rastno sezono spremljati fotosintetsko aktivnost različno namakanih dreves oljke. Ovrednotiti smo želeli, kako suša vpliva na prevodnost listnih rež, transpiracijo in neto fotosintezo.

1.2 HIPOTEZE

Predvidevali smo, da je:

Aktivnost fotosinteze je zaradi ugodnih temperatur in zadostne razpoložljivosti vode največja ob prehodu iz pomladi v poletje oz. v zgodnjem poletnem času. Poleti je fotosintetska aktivnost zaradi suše in visokih temperatur v primerjavi s prehodom pomlad-poletje ali poletje-jesen zmanjšana.

Fotosintetska aktivnost nenamakanih ali slabo namakanih dreves je manjša v primerjavi z dobro namakanimi drevesi, saj lahko takšna drevesa lažje uravnavajo vodno bilanco.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OLJKA

2.1.1 Izvor oljke

Izvor oljke ni povsem pojasnjen, pojavljajo se tri različne teorije izvora. Prva trdi, da naj bi bila oljka potomka divje oljke, *Olea sylvestris*, ki jo še vedno lahko najdemo v predelih Afrike, Portugalske, na jugu Francije, Italije ter ob Črnem in Kaspijskem morju. Druga domneva govori, da naj bi bil prednik oljke potomec *Olea chrysophylla*, izvirajoča iz območij Kenije, Ugande in Etiopije. Tretja domneva pa pravi, da naj bi izvirala iz območja Etiopije in Egipta, kjer naj bi oljko tudi najprej kultivirali. Ne glede na vse hipoteze je znano dejstvo, da so oljko uspešno gojili v Mali Aziji, severni Afriki ter na Bližnjem vzhodu, že pred približno šest do sedem tisoč let pred našim štetjem (Vesel in sod., 2009).

2.1.2 Botanična uvrstitev

Po botanični klasifikaciji uvrščamo oljko v red Ligustales, ki zajema le eno družino Oleaceae (oljkovke) (Sancin, 1990).

Po Mali flori Slovenije ločimo dve vrsti rodu *Olea*, in sicer *Olea europea* L. ali divja oljka, značilna za kamnita obmorska območja, ter *Olea sativa* ali navadna oljka, ki je kultivirana ali divje rastoča (Martinčič in sod., 1999). Nekateri avtorji ta taksona obravnavajo kot eno vrsto z dvema podvrstama (*Olea europea sativa* in *Olea europea oleaster*) (Sancin, 1990).

2.1.3 Morfologija oljke

Gojena oljka se od divje oljke razlikuje po manjših plodovih ter listih, pogosto pa tudi po vejah s trni. Raste kot spontana sredozemska rastlina. Zaradi velike sposobnosti obnavljanja, je lahko spontano rastoča oljka stara nekaj stoletij, včasih celo tisočletja. Gojena oblika ima lahko eno ali več debel, višina drevesa je odvisna od okolja, sorte, rezi. V višino zraste od 3 pa tudi do 15 metrov (Bučar–Miklavčič in sod., 1997).

2.1.3.1 Koreninski sistem

Kakšen bo razvoj koreninskega sistema, je odvisno od načina razmnoževanja. Generativno razmnožena drevesa najprej oblikujejo močno primarno korenino, ki ji omogoča prodiranje v globino. Ob nastanku grč pa se prične razvoj sekundarnega koreninskega sistema. Ta je pomaknjen višje pod površje in zato prevzame vlogo glavne korenine. Pri vegetativno razmnoženih dreves do razvoja primarne korenine ne pride, imajo pa takšne rastline površinski preplet, ki se s pomočjo obnovitvenih brstov neprestano obnavlja (Vesel in sod., 2009). Ti dve obliki koreninskih sistemov se med seboj razlikujeta po morfološkem izgledu, globini ter širini razrasti (Sancin, 1990).

Globina in širina razrasti koreninskega sistema je pogojena s sortno bujnostjo ter odvisna od dejavnikov kot sta tip tal ter dostopnost vode. Glavnina korenin je razvita na globini 30 - 60 cm, v zelo sušnih predelih, kakšna korenina prodre tudi globlje (Bučar–Miklavčič in sod., 1997).

2.1.3.2 Deblo

Navadno iz osnovnega debla poženejo novi poganjki, zaradi česar rastlina dobi grmasto obliko. Gojene rastline gojimo tako, da oblikujemo le eno deblo. Pri starejših drevesih se pojavijo rebra, ki korenino neposredno povezujejo z ogrodno vejo. Notranjost starega debla sčasoma propade, okoli njega pa poženejo novi poganjki. Tudi zaradi tega oljki pripisujejo veliko trdoživost. Zelo stara drevesa so v notranjosti votla (Vesel in sod, 2009).

Značilnost oljke je, da se deblo ne debeli enakomerno, zato letnice ob prerezu niso najbolj jasne. Nagubanost je posledica neenakomernega debeljenja, ki je najhitrejše spomladi, čez poletje se ustavi in se nato jeseni zopet hitro debeli (Sancin, 1990).

2.1.3.3 Listi

Oljka je vedno zeleno drevo, katerega listi so sposobni asimilirati tri leta, nato odpadejo. Rast listov je značilna za obdobje od spomladi do jeseni, ko le-ti postajajo vedno bolj čvrsti. Na spodnjo stran lista so nameščene reže, ki omogočajo izmenjavo plinov ob transpiraciji in fotosintezi. Listi so preprosti, razporejeni nasprotno, bolj ali manj simetrični, eliptične podolgovate oblike s kratkim pecljem (Bučar–Miklavčič s sod., 1997). Zgornja listna ploskev je temnozeleno barve in povoščena, spodnja pa svetlejša srebrnobelega barve. Listni rob je blago zakrivljen navzdol. Mlado listje ima svetlejšo barvo kot starejše. Oblika, velikost in barva listov variirajo glede na sorto. Na bujnih poganjkih so listi sorazmerno majhni glede na velikost tistih, ki se razvijajo na rodnih vejicah. Tudi pri mladih rastlinah so listi manjši kot pri starejših. Za oljčne liste so značilne nežne sivobelega dlačice, na spodnji strani listne ploskve in so sestavljene iz več celic (Sancin, 1990).

Zgradba listov odraža skleromorfno naravo oljke. Skleromorfne rastline so vedno zelene lesnate vrste, prilagojene na zmerno, vso letno asimilatorno aktivnost pod sezonsko močno spremenljivimi klimatskimi vplivi. Za mediteranske grme je najbolj aktivna rast značilna v času po večjih količinah spomladanskih padavin in v začetku poletne sezone, ko so v tleh še zadostne količine vode. Kasneje je presnovna aktivnost dreves omejena s pomanjkanjem vode, zato se rast ustavi (Larcher, 2003).

2.2 RASTNE ZAHTEVE

2.2.1 Temperatura

Največji vpliv na razširjenost oljke v svetu ima temperatura. Oljko najuspešneje gojimo v zmerno toplih vremenskih razmerah, z milimi zimami in ne pretoplimi poletji (Sancin,

1990). Območja s prenizkimi zimskimi temperaturami niso primerna zaradi nevarnosti pozeb. Prav tako niso primerna območja sajenja, kjer so temperature previsoke. Na območjih, kjer je premalo nizkih temperatur, oljka ni sposobna diferenciacije cvetnih brstov, zaradi česar posledično ne obrodijo in ni pridelka, čeprav je rast praktično neomejena (Bučar–Miklavčič in sod., 1997).

Temperaturni optimum za gojenje oljke se razteza med 20 in 30 °C, vendar lahko preživi tudi temperaturne razmere med 40 in 50 °C. V zimskem času oljka prenaša tudi temperature pod -5 °C, vendar le za krajši čas, pri čemer se poškoduje samo enoletni rodni les. Kadar pa nastopijo dlje trajajoče nizke temperature pod -10 °C, lahko privedejo do trajnejših poškodb, kjer pozebejo veje ali celo deblo. V času cvetenja (zadnja dekada maja) več ni nevarnosti pozeb, lahko pa je problem izsušena plodnica (Štampar in sod., 2014).

Oljka je veliko bolj občutljiva v času vegetacije, ko so lahko usodne že temperature od -2 °C do -3 °C. Za rastlino so nevarne predvsem zgodnje spomladanske otoplitve, katerim sledijo hitre in močne ohladitve, ko se v rastlini že odvijajo asimilacijski procesi (Sancin, 1990).

Kot vednozeleno drevo, ima oljka razpon fotosintezne aktivnosti postavljen malce višje kot ostala drevesa, in sicer od 28 do 32 °C. Ob preseganju tega temperaturnega praga, pride do pojava, ko je dihanje rastline večje kot fotosintetska aktivnost, zaradi česar se v rastlini zmanjša količina ogljikovih hidratov. Zaradi vpliva močnih vetrov in pomanjkanja razpoložljive vode, se zmanjša sprejem CO₂ v liste, zaradi zaprtja listnih rež. Ob napredujoči suši lahko pride do pojava defoliacije in s tem zmanjšanja asimilacijske površine (Štampar in sod., 2014).

Glede na raziskave avtorjev Connor in Fereres (2005), v kateri so preverjali odzivnost štirih različnih sort oljk, na različne temperaturne razrede, se izkazalo, da je optimalna temperatura za rast in razvoj 28 °C.

2.2.2 Padavine

Na vodno talno bilanco na eni strani pozitivno vpliva količina padavin med letom in na drugi strani negativen vpliv zaradi črpanja rastlin, premeščanja vode v spodnje plasti tal ter izhlapevanja. Izgubo vlage v tleh pospešujejo predvsem suhi vetrovi, prepustnost tal, načini obdelave tal itd. Odpornost oljke kot kserofitne rastline na sušo je zares velika, saj brez težav prenaša obdobja pomanjkanja vode. Oljka dobro uspeva tudi v območjih s samo 400 mm padavin letno. Drevo brez težav prenaša tudi večje količine padavin, kadar tla niso nepropustna in pretežka. V času cvetenja je deževno vreme lahko škodljivo, saj prašnice ne morejo sproščati peloda, plodnica pa nima zagotovljenih pogojev za prejemanje pelodnih zrn (Sancin, 1990).

2.2.3 Veter

Zaradi vpliva stalnih vetrov je vzdrževanje gojitvene oblike malce oteženo, saj se krošnje konstantno spreminjajo. Posledica močnih vetrov je lahko lomljenje vej, izruvanje sadik s

slabo oporo, pride do trebljenja plodičev, hkrati pa se izsušijo cvetovi. Vetrovi pospešijo evapotranspiracijo, ki poleti še dodatno pospeši izsuševanje tal in rastlin. Rahel veter v obdobju cvetenja pozitivno vplivajo na raznašanje pelodnih zrn in zagotavljajo dobo oploditev (Bučar–Miklavčič in sod., 1997).

2.2.4. Svetloba

Oljka je izrazito heliofilna rastlina, lahko bi rekli, da je rastlina sonca. Za zagotovljeno uspešno rast in razvoj potrebuje obilico svetlobe, zato moramo skrbno izbrati primerno lego, gojitveno obliko ter sadilne razdalje. Z dobro osvetljenostjo omogočimo primerne razmere za rast in razvoj plodov. Dobro osvetljeno drevo daje večje pridelke, enakomerno dozorevanje plodov, zaradi česar lažje pridelamo olje, ki je primerne kakovosti. V nasadih z veliko gostoto, se lahko zgodi, da spodnji del ne prejema dovolj svetlobe, zaradi česar se posledično novi poganjki in rodnost selijo v višje predele, kjer je svetlobe dovolj za normalno rast in razvoj (Bučar–Miklavčič in sod., 1997).

2.2.5 Tla

Glede tal je oljka razmeroma nezahtevna in ima visok razpon prilagodljivosti, kar lahko dokazujejo ne maloštevilni nasadi na golem skalovju in na tleh, kjer ne uspeva več niti vinska trta. Najdemo jo lahko v težkih glinenih in prav tako v sušnih peščenih tleh. Lastnost oljke je, da lahko s koreninskim sistemom prodirajo globoko v tla. Za doseganje čim večjih proizvodnih rezultatov, pazimo, da oljko sadimo v tla s primerno vlažnostjo in ne previsoko podtalnico (Sancin, 1990).

Oljka najuspešneje deluje na rahlih in prepustnih tleh, ki so dobro zračna. Optimalna pH vrednost za gojenje je slabo kislja do nevtralna. Za dobro rast morajo biti tla založena z različnimi mineralnimi hranili, ter vsebovati odstotek do dva organske snovi. Ker je oljka obligatorno kalcifilna rastlina morajo tla vsebovati zadostno količino kalcijevega karbonata, kateremu nekateri pripisujejo lastnosti za izboljšanje tolerantnosti oljke na pozebo (Štampar in sod., 2014).

2.3 SUŠNI STRES PRI OLJKI

2.3.1 Vodni status rastline

Voda, kot pri ostalih organizmih, tudi pri rastlinah predstavlja največji delež celičnega volumna in je hkrati tudi najbolj pogosto omejujoči vir za rast. Kar okoli 97 % vode, ki jo privzamejo rastline, je izgubljene nazaj v atmosfero, v največji meri zaradi transpiracije. Približno 2 % privzete vode rastlina porabi za večanje volumna, celično rast. Le odstotek vode pa je porabljen za metabolne procese, v največji meri za potrebe fotosinteze (Taiz in Zeiger, 2010).

Razpoložljivost vode opišemo z vodnim potencialom (Ψ , enota MPa). V tleh, zasičenih z vodo, vodni potencial tal dosega vrednosti okoli ničle. Napredujoče sušenje tal lahko zniža vrednosti vodnega potenciala pod vrednost -1.5 MPa, ki je po literaturi določena kot točka

venenja. Večina rastlin pri takšnem vodne potencialu tal ne more več učinkovito uravnati vodne bilance. Manjšanje količine vode v tleh vpliva na večanje koncentracije soli v talni raztopini, kar se kasneje odraža na nižanju osmotske komponente vodnega potenciala tal, kar lahko pripelje pri rastlini do pojava osmotskega stresa (Taiz in Zeiger, 2010; Larcher, 2003).

V rastlinske celici k razpoložljivosti vode prispevata tlačna in osmotska komponenta vodnega potenciala. Tlačno komponento imenujemo turgor in je ključen za normalno delovanje rastlinskih tkiv (Taiz in Zeiger, 2010). Vodni deficit lahko spremeni presnovo rastline, razporejanje asimilatov in presnovljenost, mobilnost hranil. Kot odgovor povečane koncentracije sinteze abscizinske kisline, se listne reže zaprejo, zaradi česar se zmanjša izhlapevanje vode z listne površine ali transpiracija posledično pa to zmanjša tudi fotosintetsko aktivnost rastline. Ob zmanjšani transpiraciji, se posledično zniža tudi privzem mineralnih hranil v korenine, kar vodi do različnih motenj procesov v rastlini, kot so, upočasnjena rast in diferenciacija rodnih brstov, plodovi pa ostanejo majhni in nekakovostni (Štampar in sod., 2014).

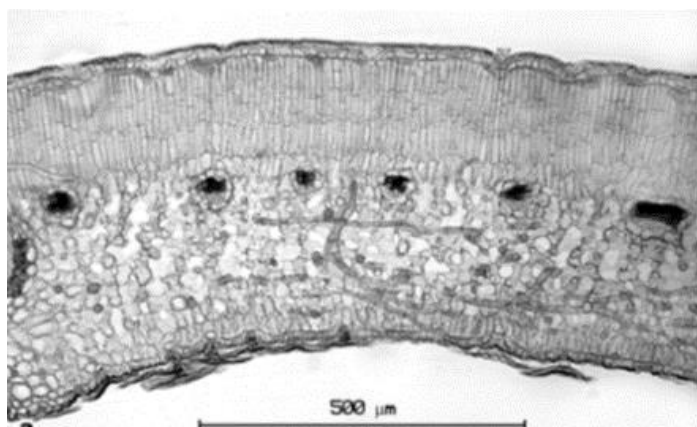
Poleg vsebnosti vode v tleh, vodni status določa tudi relativna zračna vlažnost. Relativna zračna vlaga določa deficit tlaka vodne pare med listnimi režami in atmosfero, kar je gonilna sila za transpiracijske izgube vode. Nizka relativna zračna vlaga povzroča velik gradient tlaka vodne pare, kar lahko vodi do pomanjkanja vode v rastlini, kljub temu, da jo je v tleh dovolj dostopne (Taiz in Zeiger, 2010).

2.3.2 Prilagoditve oljke na sušo

Oljka se je morfološko anatomsko ter fiziološko prilagodila na rastne razmere Mediterana, za katerega so značilna vroča in suha poletja, ter hladne in vlažne zime. Poleg srednje do pozno spomladanskega cvetenja, ki je za rastlino značilen, da se izogne spomladanskim pozebam, je oljka razvila tudi druge številne mehanizme, s katerimi se uspešno izogiba ali vsaj delno tolerira daljša sušna obdobja (Connor, 2005).

2.3.2.1 Anatomske prilagoditve

Glavno evolucijsko prilagoditev oljke na sušo predstavljajo listi (slika 1). V izogib suši, je oljka razvila vertikalno razporejene liste z majhno površino in visoko odbojnostjo povrhnjice, kar zminimalizira absorpcijo sevanja. Kombinacije teh morfoloških prilagoditev omejujejo povišanje temperature lista z majhno letetno plinsko izmenjavo, kadar je transpiracija omejena z zmanjšano stomatalno prevodnostjo (Connor in Fereres, 2005). Listi oljke so prav tako anatomsko prilagojeni, da lahko prenašajo zelo majhne vrednosti vodnega potenciala (Giorio in sod., 1999).

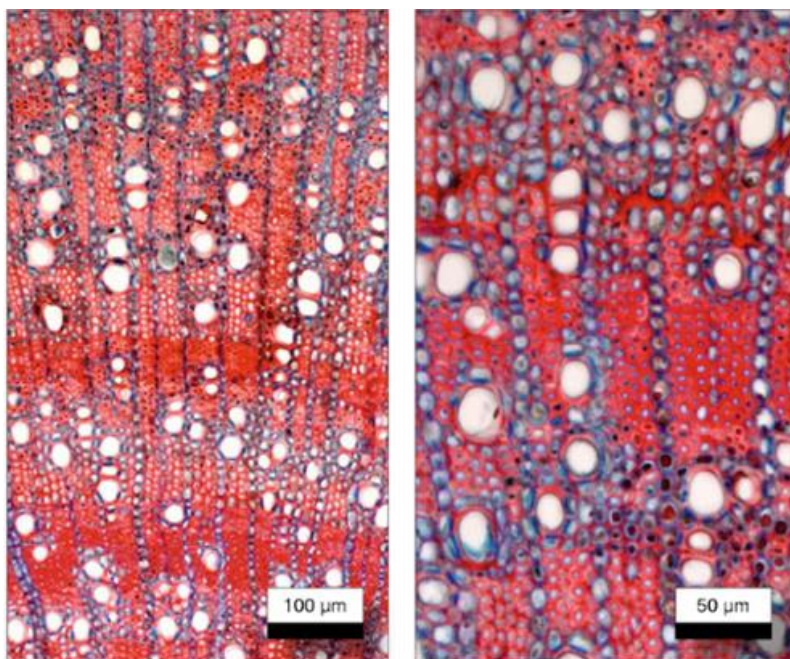


Slika 1: Prečni prerez lista oljke (*Olea europaea* L.) (Rotondi in sod., 2003)

Listne reže so majhne in gosto razporejene ($400\text{-}600\text{ mm}^2$) po spodnji strani lista, kar omogoča boljšo stomatalno kontrolo transpiracije. Listi, ki se razvijejo v času suše, so sposobni boljše uravnave transpiracije, saj so listi še manjši in tanjši ter imajo gostejše in manjše listne reže (Connor, 2005).

Za čim večjo absorpcijsko površino vode, je oljka razvila široko razraščene korenine, značilne predvsem za nenamakane nasade. Le-te najbolj aktivno rastejo v zimsko-spomladanskem času, ko je v tleh zadostna količina vode (Connor, 2005).

Les oljke je, kot je značilno tudi za druge sklerofilne mediteranske vrste, difuzno porozen, mikroporen (slika 2). Ksilemske žile so zgrajene iz zelo ozkih trahej, ki lahko vzdržijo zelo majhne vrednosti ksilemskega potenciala, ob tem pa je manj nevarnosti za pojav kavitacije (pretrganje vodnega stolpca) (Larcher, 2001).



Slika 2: Prečni prerez debla oljke (*Olea europaea* L.) (Crivellaro in Schweingruber, 2013)

2.3.2.2 Fiziološke prilagoditve

Oljka spada med hidrostabilne vrste, ki so bolj tolerantne na nihanja razpoložljive vode, kar jim omogoča, da kasneje omejijo njeno porabo. Za skleromorfne rastline, ki so značilni tudi za oljko, je v splošnem značilno, da listne reže ostanejo dlje časa odprte pri senčnih listih, kot pri sončnih listih. Kakšna so nihanja med vsebnostjo vode in vodnim potencialom ni odvisno le od odzivnosti listnih rež, temveč predvsem od razvitosti koreninskega sistema (Connor, 2005).

Pri večini skleromorfnih mediteranskih grmih lahko vodni potencial doseže vrednosti od -3 do -4 MPa, v ekstremnih primerih pa tudi od -5 do -8 MPa, odvisno od vrste in lokacije gojenja. Tognetti in sod. (2007) poročajo, da lahko pri oljki daljše obdobje padanja vrednosti vodnega potenciala ob napredujoči suši namakana in nemamakana drevesa vseeno privede so sušnega stresa. Oljka po besedah Connorja (2005) prenaša vrednosti vodnega potenciala tudi pod -8 MPa. Ob upadu vodnega potenciala je pomembno, da rastlinske celice ohranijo primeren turgor. Pri oljki k temu prispevajo osmotske prilagoditve celic (Connor, 2005).

Tognetti in sod. (2007) navajajo, da je glavni fiziološki mehanizem odgovora na sušne razmere, kontrola odpiranja in zapiranja listnih rež, s čimer se rastlina izogiba ksilemski kavitaciji in minimalizira evapotranspiracijo. Zapiranje listnih rež ob visokih vrednostih vodnega potenciala, je pomemben odziv rastline na ohranjanje vode v razmerah, ko je evapotranspiracija visoka in s tem izboljšanje transpiracijske učinkovitosti. Ob pojavu stresa rastline listne reže odpirajo vsako jutro bolj zgodaj, ko je deficit tlaka vodne pare najmanjši, in ostajajo odprte krajši čas. Transpiracijska učinkovitost je ob jutrih štiri krat večja kot kasneje tekom dneva (Connor, 2005). Zmanjšanje prevodnosti rež v sušnem obdobju pa prispeva k majhni aktivnosti fotosinteze, kar omejuje rast in končni pridelek rastline (Giorio in sod, 1999).

Sposobnost listnih tkiv oljke za toleriranje nizkih vrednosti vodnega potenciala zahteva tudi presnovne prilagoditve, ki zmanjšujejo škodljive vplive presežne energije svetlobe in s tem preprečujejo fotoinhibicijo (Connor, 2005). Trajno fotoinhibicijo oljk so zaznali le pri drevesih pod ekstremnimi sušnimi razmerami (Angelopoulos in sod., 1996).

Kljub vsem zgoraj naštetim anatomskim, morfološkim in fiziološkim prilagoditvam oljke, imajo daljša sušna obdobja posledice, ki se odražajo na majhni ter izmenični rodnosti. Kadar se sušni stres pojavi v času, ko so potrebe rastline po vodi največje, to negativno vpliva na metabolne procese, privzem hranil, asimilacijo in razvoj generativnih delov, povzroča venenje listov in manjša količino in kakovost pridelka (Podgdornik in Bandelj, 2015). Tudi Lawlor (2002) ugotavlja, da mnogi prilagoditveni mehanizmi vplivajo na zmanjšanje fotosintezne aktivnosti.

2.4 NAMAKANJE V OLJKARSTVU

V oljčniku se voda izgublja s transpiracijo oljk in travne ruše ali plevelov ter prek evaporacije iz tal, kar s skupnim imenom imenujemo evapotranspiracija. Voda in njena enakomerna razporeditev omogočata boljšo rast in razvoj mladih oljk ter zgodnejši začetek rodnosti, pri odraslem drevesu pa rodnost, ki je lahko od 30 % do 100 % večja. Oljka ima velike potrebe

po vodi v obdobju od marca do septembra glede na pomembne fenološke faze rastline (Vesel in sod., 2009).

V Sloveniji se po navedbah Podgornikove in Badljeve (2015) po podatkih registra kmetijskih gospodarstev (RKG) namaka 19 ha oljčnikov. Namakanje v večini poteka po načelu "kriznega namakanja", ki pa ni časovno in količinsko natančno določeno. Uporaba "optimalnega namakanja" se v oljkarstvu ne priporoča.

Kot navaja Pintarjeva in sod. (2012), so zaradi želje po določitvi optimalnega namakalnega obroka oljke, izvajali poskus v istem oljčniku v Dekanah, kjer so ugotovili, da lahko z optimalnim namakanjem, torej namakanje, ki v 100 % pokrije evapotranspiracijo, dosegamo za 47 % večje pridelke. Deficitno namakanje je povečalo pridelek za 22 - 26 %. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da vodni stres stimulira zgodnejše dozorevanje plodov, ki vsebujejo večje količine olja in ima ugoden vpliv na rast in razvoj dreves. Dokazali so tudi, da nenamakana drevesa lahko v roku enega leta povečajo svoj obseg za polovico vrednosti, ki jo dosežejo namakana drevesa.

Z raziskavami so dokazali, da namakanje, nad vrednostjo količine padavin, v času upočasnjene rasti in deficitno namakanje, v obdobju ko se debeli koščica, veča pridelek oljke (Tognetti in sod. 2007).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS POSKUSA

Meritve smo opravljali v oljčniku, katerega lastnik je g. Angel Hlaj, v Dekanih, kjer smo na dvajsetih, različno namakanih drevesih merili fotosintezo. Drevesa so razvrščena v pet skupin glede na količino namakanja, in sicer tako, da pokrivajo različne deleže evapotranspiracije, ovrednotene, kot razlagata Podgornik in Bandelj (2015).

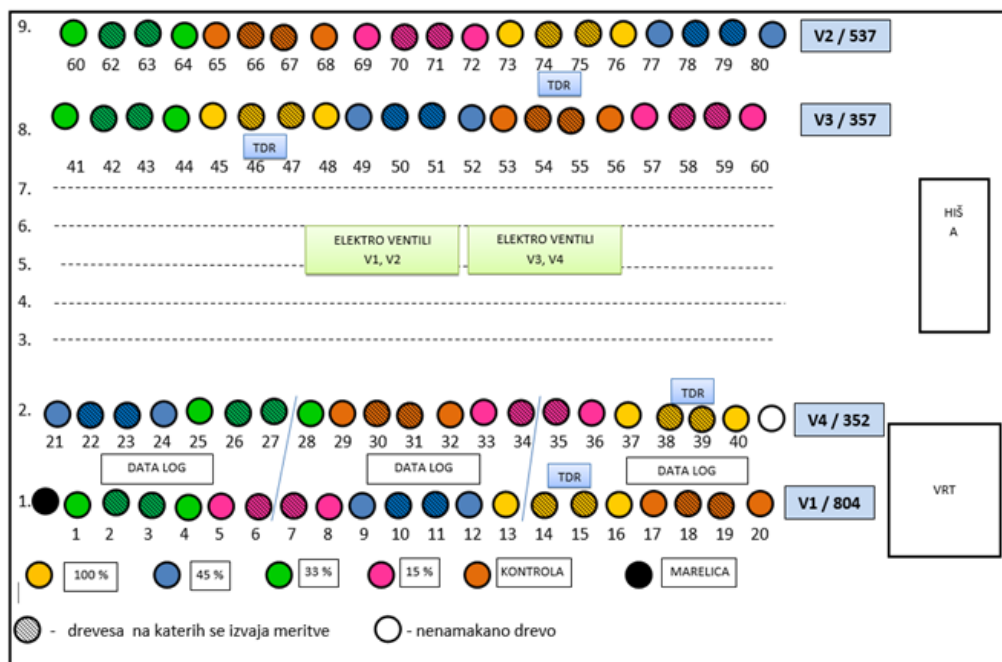
Te skupine so:

- I_0, kjer drevesa niso namakana,
- I_15, kjer so drevesa namakana s tolikšno količino vode, da pokrije 15 % izmerjene evapotranspiracije,
- I_33, kjer je namakanje tolikšno, da se pokrije 33 % evapotranspiracije,
- I_40, kjer je namakanje tolikšno, da se pokrije 40 % evapotranspiracije ter
- I_100, kjer se namaka s tolikšno količino, kolikšna je evapotranspiracija, torej so drevesa optimalno namakana.

Drevesa so sajena na razdalji 5 m x 6 m in na gostoto sajenja 300 dreves/ha.

Meritve so bile opravljene v drugi vrsti, torej drevesa oštevilčena od 21 do 40 (slika 3). Pokritost evapotranspiracije je bila izračunana glede na predhodne meritve v sistemu. Pretok vode, določen za posamezno skupino dreves je bil uravnavan s številom šob na namakalni cevi okoli dreves.

Ob meritvah fotosinteze se je meril tudi vodni potencial rastlin, s tlačno Scholanderjevo komoro.



Slika 3: Shema namakalnega poskusa v oljčniku Dekani

3.2 MATERIAL

Poskus smo izvajali na oljki, sorte 'Istrska belica'.

Je sorta katere izvor ni najbolj jasen; nekateri viri navajajo, da naj bi izhajala iz območja Trsta (Sancin, 1990), drugi navajajo, da je v te kraje prišla po pozebi leta 1929 (Vesel in sod., 2009). Drevo raste bujno ter razvije čvrsto in zelo gosto krošnjo. Je samooplodna sorta, ki daje reden in dober pridelek. Plodovi dozoriijo v od druge polovice novembra do sredine decembra, so srednje debeli in ob obiranju svetlo zelene barve, ki se kasneje postopoma barvajo iz temno rdeče do konce, črne barve. Olje teh plodov je zelo svežega in grenkega okusa z majhno pikantnostjo (Štampar in sod., 2014). Zato je primerno za mešanje z olji bolj blagih sort. Za sorto 'Istrska belica' je značilno dobro prenašanje nizkih temperatur, vendar je občutljiva na oljčno muho ter pavje oko, bolezen značilna za vlažnejše predele (Bučar-Miklavčič in sod., 1997).

3.3 METODE

3.3.1 Meritve fotosinteze

Meritve fotosinteze smo izvajali s prenosnim merilnikom Li 6400xt (LiCor, Lincoln, NE, ZDA), ki deluje kot odprt diferencialni sistem z dvema infrardečima plinskima analizatorjema.

V komoro z listom z določeno hitrostjo toka dovajamo zrak z znano koncentracijo CO₂ in vlažnostjo. Zaradi fotosintezne aktivnosti in dihanja, list spremeni koncentracijo CO₂ v komori, zaradi transpiracije pa se poveča koncentracija vodne pare. To spremembo po določenem času, ko se v komori vzpostavi ravnotežno stanje, odčitamo. Iz razlike lahko izračunamo fotosintezo, transpiracijo in prevodnost listnih rež. Ob meritvah spremljamo oz. po potrebi tudi uravnavamo nekatere abiotične dejavnike, ki pomembno vplivajo na hitrost fotosinteze, npr. jakost fotosintetsko aktivnega sevanja, zračno vlago, temperaturo (Vodnik, 2012).

3.3.2 Potek meritev fotosinteze

Fotosintezo smo merili na šestem do devetem polno razvitem in nepoškodovanem listu dreves v drugi vrsti namakalnega poskusa (slika 3), ki je bil izpostavljen polnemu soncu, tako da bi zagotovili čim enakomernejše okoljske dejavnike. Meritve so se vsakič izvajale v času od 11h do 13h, v dveh ponovitvah (dva lista na vsako drevo).

Meritve smo izvajali v obdobju od aprila do avgusta, in sicer 21.04., 30.05., 24.06., 27.07. ter 09.08.

Ob meritvah smo v merilno komoro dovajali zrak z uravnavano količino CO₂ (referenčna koncentracija CO₂: 400 μmol CO₂ mol⁻¹), list smo osvetljevali s svetlobo, ki je imela gostoto toka fotosintetsko aktivnega sevanja 1500 μmol fotonov m⁻² s⁻¹, temperature in vlage pa med meritvijo nismo uravnavali. Podatke meritev smo pregledali in iz dveh ponovitev izbrali

sklenjeno obdobje, v katerem so bile spremembe deficita tlaka vodne pare (VpdL) najmanjše.

3.3.3 Meritve vodnega potenciala

Sočasno, z meritvami fotosinteze, smo merili tudi vodni potencial oljk s tlačno Scholanderjevo komoro. Ta temelji na principu, kjer predpostavimo, da je vodni potencial lista v vsem listu enak. Ko list odrežemo z rastline voda izgine s površja listnega peclja, saj prekinemo potencial tlaka, ki naraste do vrednosti nič, voda pa zaradi bolj negativnega vodnega potenciala izgine v sosednje celice. Odrezan list vstavimo v komoro, kjer povečujemo tlak do te mere, da se voda zopet pokaže na površju. Tlak, ki je za to potreben je enak potencialu tlaka, ki je bil prej vzpostavljen v listu. S tlačno komoro torej merimo ksilemski potencial. Predvidevamo, da je vrednost ksilemskega vodnega potenciala blizu vrednosti vodnega potenciala za cel organ.

Zaradi spremenljivosti vodni potencial najpogosteje merimo pred zoro ali opoldne, ko dosega svoje maksimalno oz. minimalno vrednost v 24-urnem ciklu (Vodnik, 2012).

3.3.4 Potek meritev vodnega potenciala

Meritve smo opravljali točno opoldne, drevesa smo izbirali naključno, prav tako v drugi vrsti nasada. Odrezan list smo do komore prenesli v plastični vrečki, da bi bile izgube vode najmanjše in rezultati čim bolj objektivni. List smo nato zaprli v komoro in večali tlak do te mere, da se je voda spet pokazala na površju peclja. Nato smo odčitali tlak in ga zabeležili.

3.3.5 Rastne razmere v času poskusa

Sočasno ob meritvah fotosinteze, transpiracije in stomatalne prevodnosti, smo merili tudi abiotske parametre, ki vplivajo na fotosintetsko aktivnost.

Podatke o rastnih razmerah (povprečne temperature, padavine, relativna zračna vlažnost...) smo dobili tudi z vremenskega Agrometeorološkega portala ARSO, za kraj Portorož.

3.3.6 Obdelava podatkov

Za analizo in prikaz podatkov smo uporabili program Microsoft Excel. Z posamezne parametre smo izračunali povprečja ter standardno deviacijo kot mero variabilnosti.

4 REZULTATI

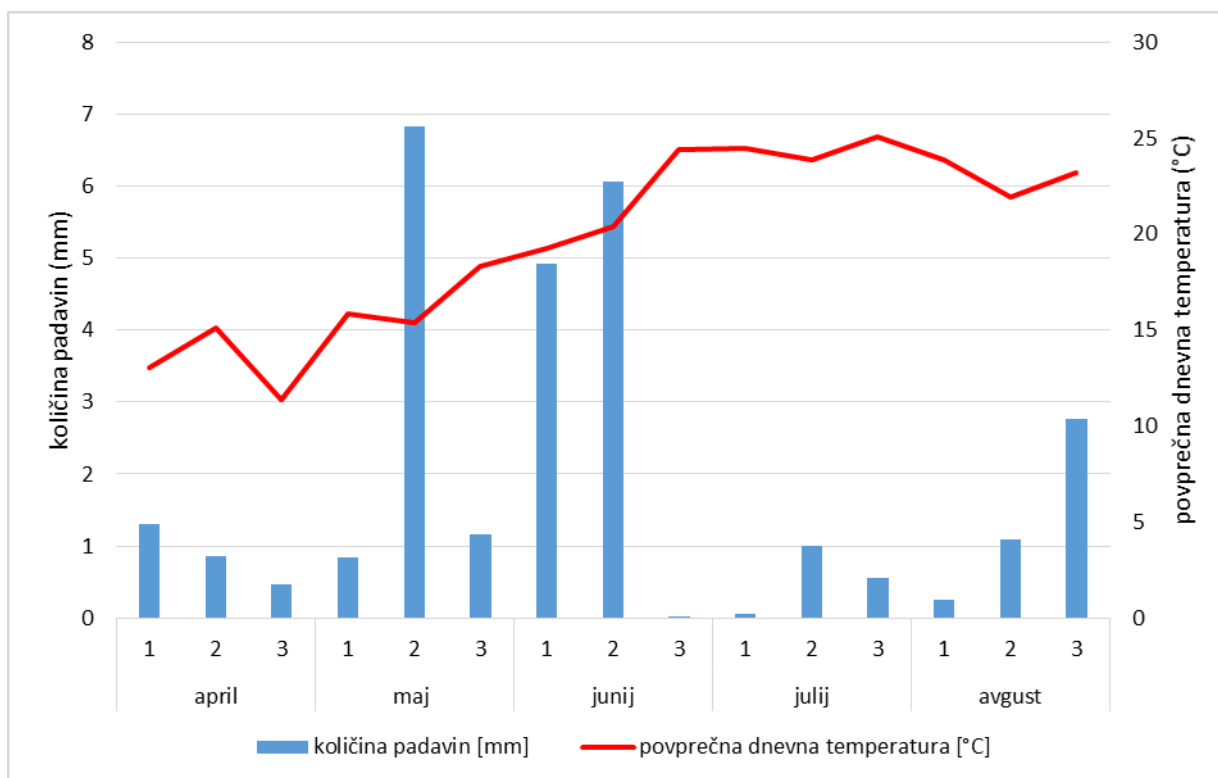
4.1 METEOROLOŠKE RAZMERE V ČASU POSKUSA

Slika 4 prikazuje povprečne dnevne temperature ter povprečno količino padavin v času meritev za najbližjo meteorološko postajo Portorož-letališče. Podatki so pridobljeni z Agrometeorološkega vremenskega portala (ARSO, 2016).

Najnižje temperature so bile izmerjene v zadnji dekadi aprila, čas naših prvih meritev, od takrat pa so le-te samo še naraščale do prve dekade avgusta. V času naših četrth, predzadnjih meritev (27. 07.) je bila izmerjena najvišja povprečna temperatura.

Največja količina padavin za to območje je bila v času od druge polovice maja do prve polovice junija. Nato so bile količine padavin najmanjše v času trajanja naših meritev. Že na prvi pogled lahko z grafa razberemo, da je bilo v prvi polovici naših meritev v tleh na voljo več vode, kot v drugi polovici, temperature pa so bile nižje.

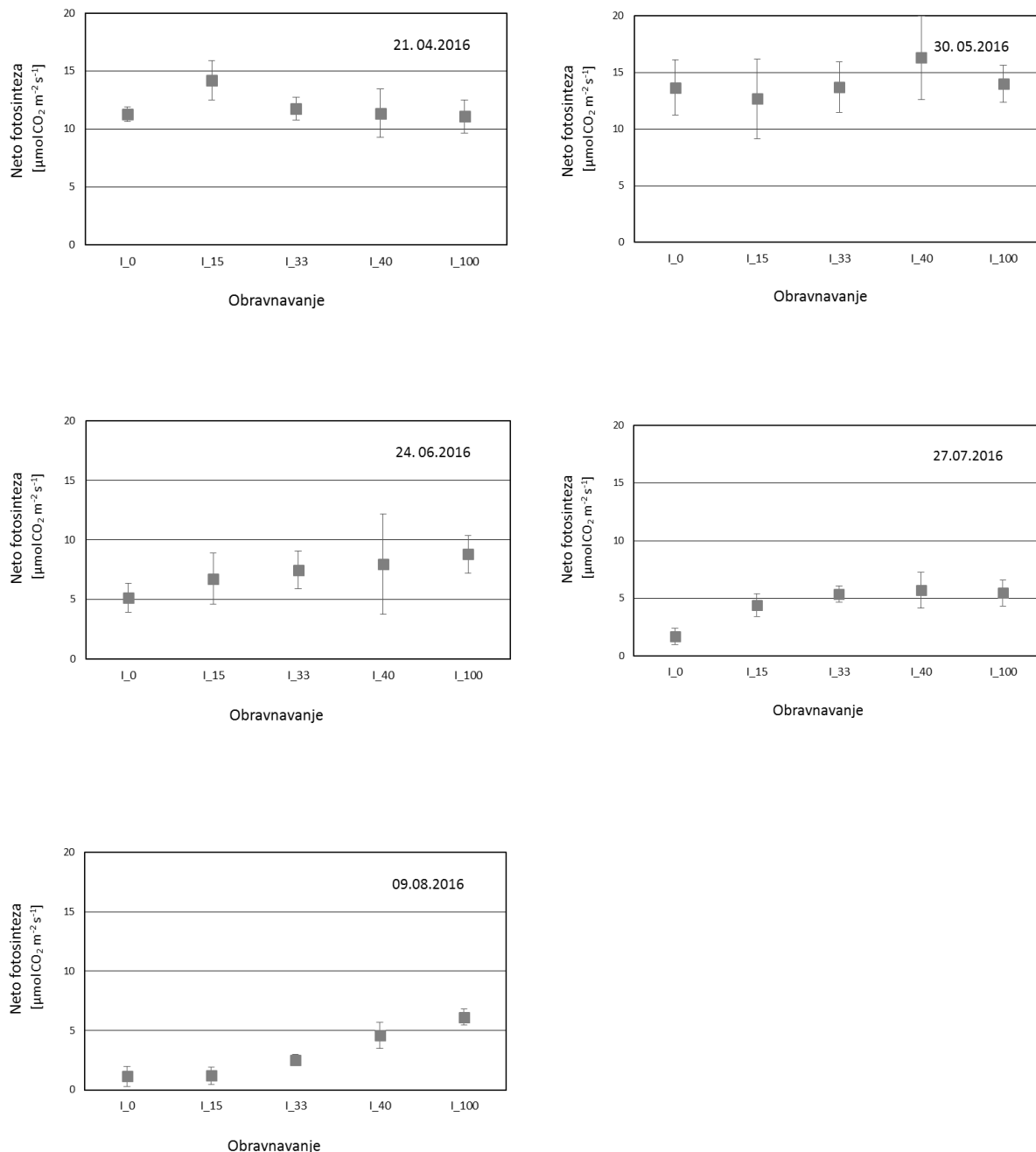
Mesečna odstopanja količin padavin glede na dolgoletna povprečja za kraj Portorož – Letališče so v aprilu pokazala za skoraj polovico manjše vrednosti glede na povprečja za ta mesec. Maja in julija pa je bila ta količina nekoliko višja, v julijskem času pa je zopet padla za več kot polovico od povprečja (ARSO, 2016).



Slika 4: Količina padavin in povprečna dnevna temperatura v obdobju april-avgust, 2016 za merilno postajo Portorož-letališče (ARSO, 2016).

4.2 NETO FOTOSINTEZA

Slika 5 prikazuje izmerjene povprečne meritve neto fotosinteze v času trajanja poskusa.



Slika 5: Povprečne vrednosti neto fotosinteze različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8. Ročaji: \pm standardna deviacija.

Največje vrednosti neto fotosinteze smo izmerili v spomladanskem času, ko so bile temperature za normalen razvoj še optimalne. Temperature so dne 21. 04. segale od 23,1 °C do 27,8 °C, v času od 12.00h do 13.40h. Relativna zračna vlaga je bila izmerjena med 32,7 ter najvišja, 42,3 % ob začetku meritev.

V tem času je bila najbolj fotosintetsko aktivna skupina dreves I_15 z vrednostjo 14,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Druga največja vrednost fotosinteze je bila izmerjena pri obravnavanju I_33, in sicer 11,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nato sta sledili skupini I_40 ter I_0, z rezultati 11,4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ter 11,3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Proti pričakovanjem, so bile najmanjše vrednosti fotosinteze izmerjene pri skupini dreves s 100 % pokritostjo evapotranspiracije, ki so dosegle povprečno vrednost 11,1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

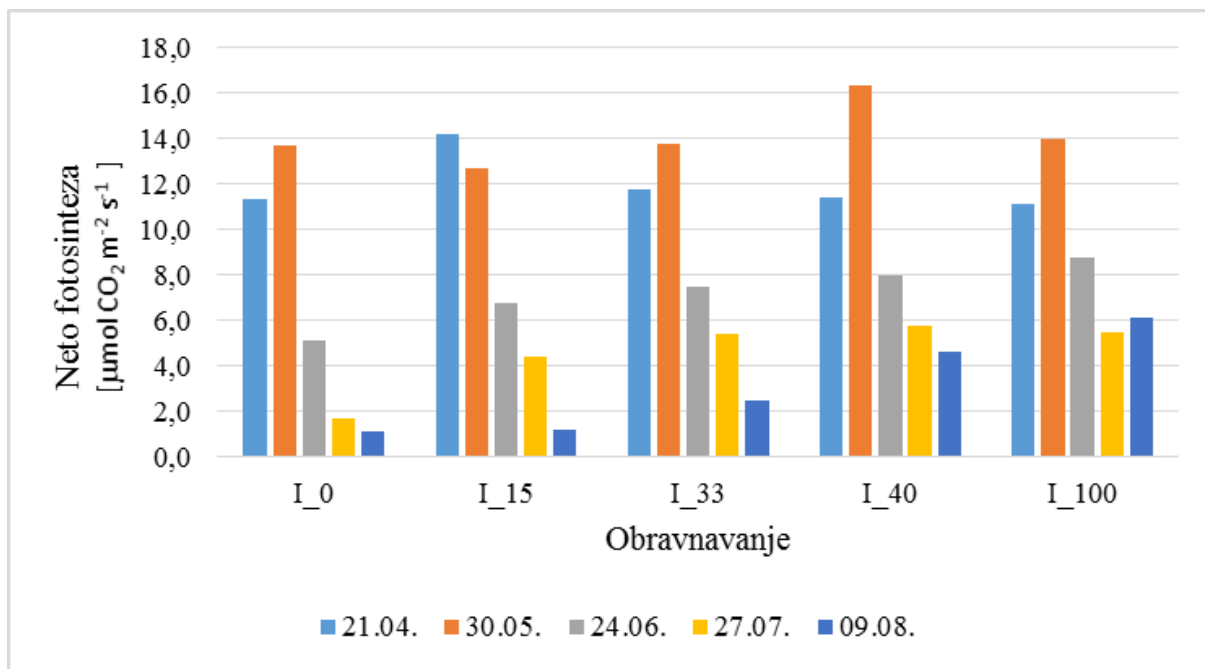
V času drugega obravnavanja 30. 05. so drevesa dosegala večje vrednosti neto fotosinteze. V času od 13.40h do 15.45h so temperature nihale med 24,2 °C ter 25,8 °C. Relativna zračna vlaga pa je segala od 46 % do 60 %. Največje vrednosti fotosinteze so bile izmerjene pri I_40, in sicer 16,3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ki je bila hkrati tudi največja povprečna vrednost naših meritev. Najmanjše pa ravno obratno kot pri prejšnjem merjenju, I_15, in sicer 12,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Pri tretjem merjenju, 24. 06. pa se že močno poznajo abiotični dejavniki, ki vplivajo na fotosintetsko aktivnost rastline. Temperature so v času meritev dosegale od 35,5 °C do 40,3 °C v oljčniku. Relativna zračna vlaga je segala od 43 do 52 %. Vrednosti neto fotosinteze so se gibale od največje 8,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pri I_100, nato skupina I_40, s povprečno vrednostjo 7,9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Drevesa namakana s 33 % pokritostjo so dosegle vrednost 7,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, drevesa namakana s 15 % pokritostjo 6,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ter I_0 z vrednostjo 5,14 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Pri tem obravnavanju se je izkazalo, da večja kot je pokritost izgubljene vode, večje vrednosti fotosintetske aktivnosti so drevesa dosegla.

V času četrtil meritev, 27. 07., so temperature v nasadu znašale od 30,7 °C do 38,1 °C. Relativna zračna vlaga je znašala 51 do 57 %. Na ta dan je bilo vreme malce oblačno, vse do druge ponovitve meritev, in sicer pri drevesu številka 30 se je zopet prikazalo polno sonce, zato so bile zadnje meritve nekoliko višje od prejšnjih. Najvišje povprečne vrednosti neto fotosinteze so znašale od 5,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, pri skupini dreves s 40 % pokritostjo evapotranspiracije, do najnižje vrednosti 1,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pri skupini dreves, ki niso bila namakana.

Zadnje meritve smo izvedli 09.08., ko so temperature dosegale od 37,0 °C do 40,5 °C. Relativna zračna vlaga je znašala od 8 do 20 %. Izmerjene povprečne vrednosti so dosegale precej nizke rezultate, predvsem v času druge ponovitve meritev, ko smo pri nenamakanih drevesih št. 31 in 32 dosegli negativne vrednosti neto fotosinteze, kar kaže na to, da je drevo bolj dihala, kot fotosintetiziralo. Po pričakovanjih, je največje vrednosti dosegla skupina dreves, s 100 % pokritostjo evapotranspiracije in sicer 6,1 60 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Skupina dreves s 40 % pokritostjo je dosegla vrednost 4,6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, skupina s 33 % pokritostjo, 2,5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ter 15 % in ne namakana drevesa vrednosti 1,1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

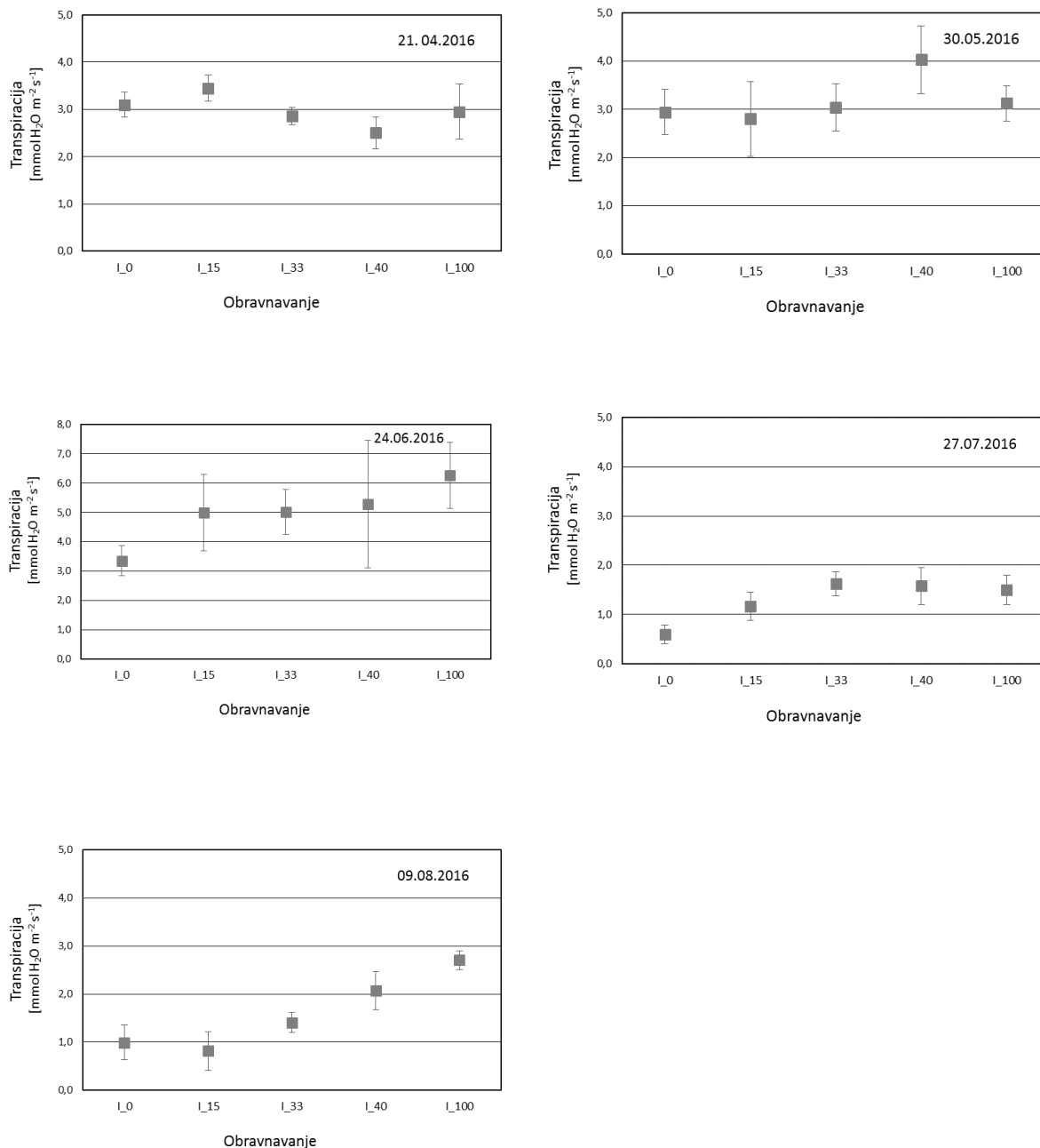
Slika 6 prikazuje vrednosti povprečne neto fotosinteze glede na obravnavanje, skozi potek meritev. Največja fotosintetska aktivnost se je pokazala pri najbolj namakanih drevesih, torej drevesa iz skupin obravnave I_40 ter I_100. Najslabše vrednosti pa so po pričakovanjih dosegla drevesa, ki so najmanj namakana oz. sploh niso namakana, torej drevesa obravnavanj I_0 ter I_15. Največja fotosintezna aktivnost je bila izmerjena v mesecu maju in aprilu, najslabša pa v mesecu avgustu in juliju.



Slika 6: Povprečne mesečne vrednosti neto fotosinteze različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8

4.3 TRANSPIRACIJA

Slika 7 prikazuje izmerjene povprečne vrednosti transpiracije skozi čas meritev.



Slika 7: Povprečne vrednosti transpiracije različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8. Ročaji: ± standardna deviacija.

Transpiracija je v času prvih meritev, 21.04. dosegala vrednosti od 2,5 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ pri skupini dreves s 40 % pokritostjo evapotranspiracije, do 3,4 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ pri drevesih s 15 % pokritostjo.

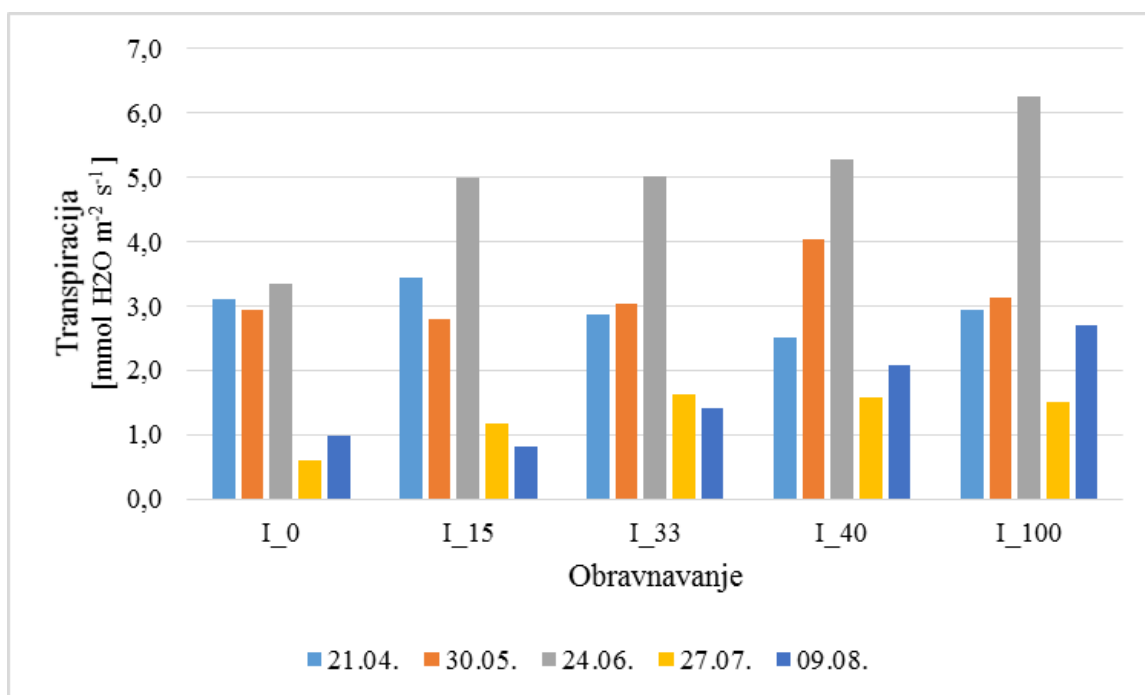
Meritve meseca maja so pokazale, da so ob danih okoljskih razmerah najbolj transpirirala drevesa skupine s 40 % pokritostjo evapotranspiracije, in sicer $4,0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nato so jim sledila drevesa iz skupine I_100, z $3,1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, nato I_33 z $3,0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, I_0 z $2,94 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ter I_40 z $2,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Junija so najbolj transpirirala drevesa obravnavanj I_100, pri vrednosti $6,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ter I_40 z vrednostjo $5,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Najmanj so transpirirala drevesa ki niso bila zalita, pri vrednosti $3,4 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Julija so največje transpiracijske vrednosti dosegla drevesa s 33 % namakanjem glede na evapotranspiracijo, $1,6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, nato je sledila skupina dreves I_40 z vrednostjo $1,6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ in šele na tretjem mestu skupina I_100, z vrednostjo $1,5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. V času julijskih meritev so prav tako najmanj transpirirala nenamakana drevesa, z vrednostjo $0,6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

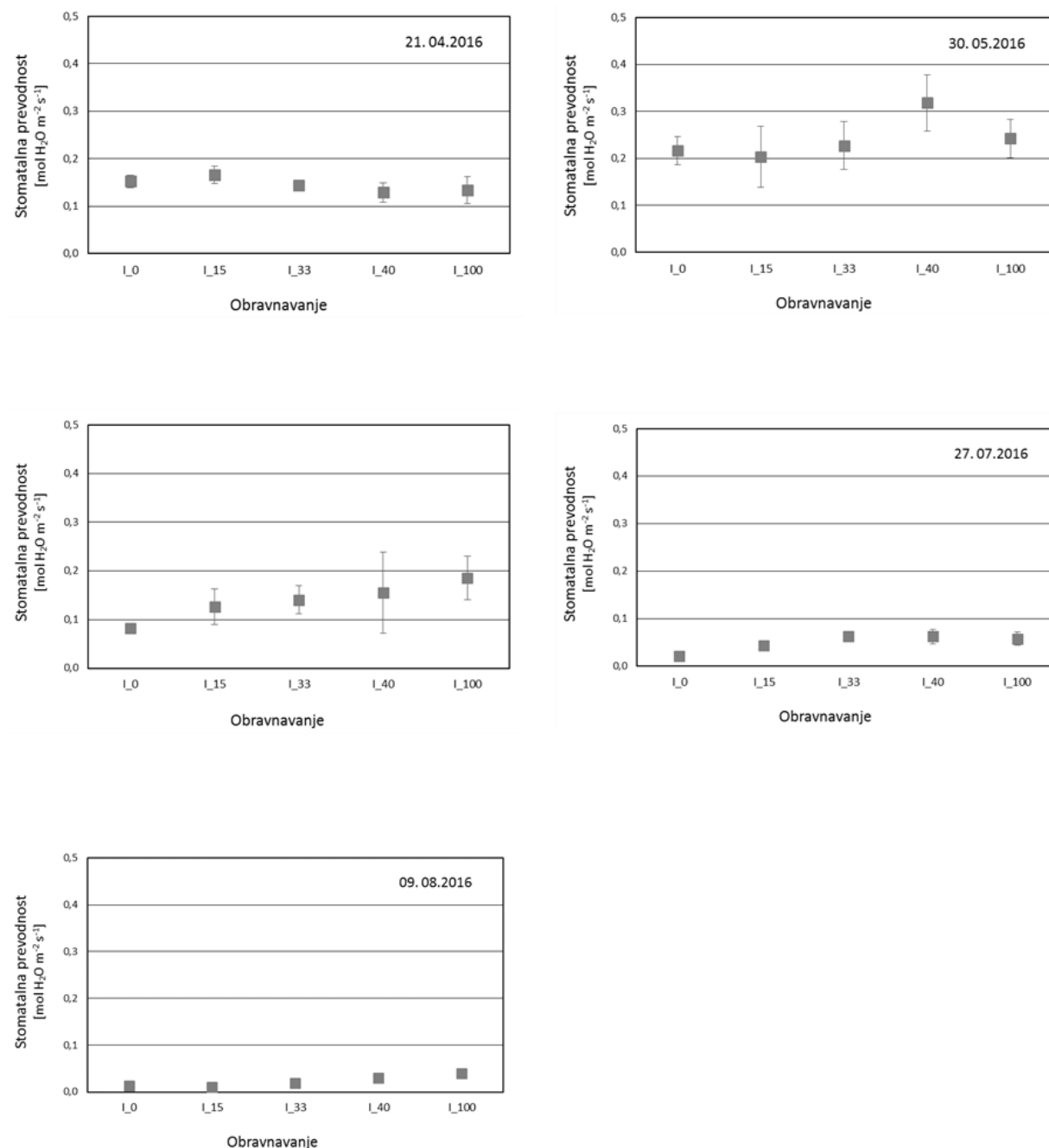
Avgusta, ko so bili okoljski parametri najbolj neugodni za drevesa, so najbolj transpirirala najbolj zalita drevesa, s povprečno vrednostjo $2,7 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sledila so jim drevesa skupine I_40 z $2,0 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, nato I_33 s transpiracijsko vrednostjo $1,4 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Najmanjšo transpiracijo so avgusta imela drevesa obravnavanj I_15, ki so dosegla povprečno vrednost $0,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nenamakana drevesa so dosegla večje vrednosti, kot I_15, in sicer $0,99 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Slika 8 prikazuje povprečne vrednosti transpiracije, glede na obravnavanje v času meritev. Torej, kot pričakovano glede na rezultate neto fotosinteze so najbolj transpirirala drevesa, ki so bila najbolj namakana, torej drevesa obravnavanj I_40 ter I_100, ter najmanj drevesa obravnavanj I_0 in I_15. Največja vrednost transpiracije je bila izmerjena meseca junija in maja, najmanjša pa julija in avgusta. Ob napredujočem pomanjkanju vode, se kaže vedno bolj pozitiven odnos med neto fotosintezo ter transpiracijo.



Slika 8: Povprečne mesečne vrednosti transpiracije različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8.

4.4 STOMATALNA PREVODNOST



Slika 9: Povprečne vrednosti stomatalne prevodnosti različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8. Ročaji: \pm standardna deviacija.

Slika 9 že na prvi pogled delujejo podobno kot pri prejšnjih dveh rezultatih neto fotosinteze in transpiracije, kar kaže na njihovo medsebojno povezanost.

Meseca aprila se kažejo majhne razlike v stomatalni prevodnosti, pri čemer je bil pretok listnih rež najmanjši pri obravnavanju I_40. Največje razlike v stomatalni prevodnosti med

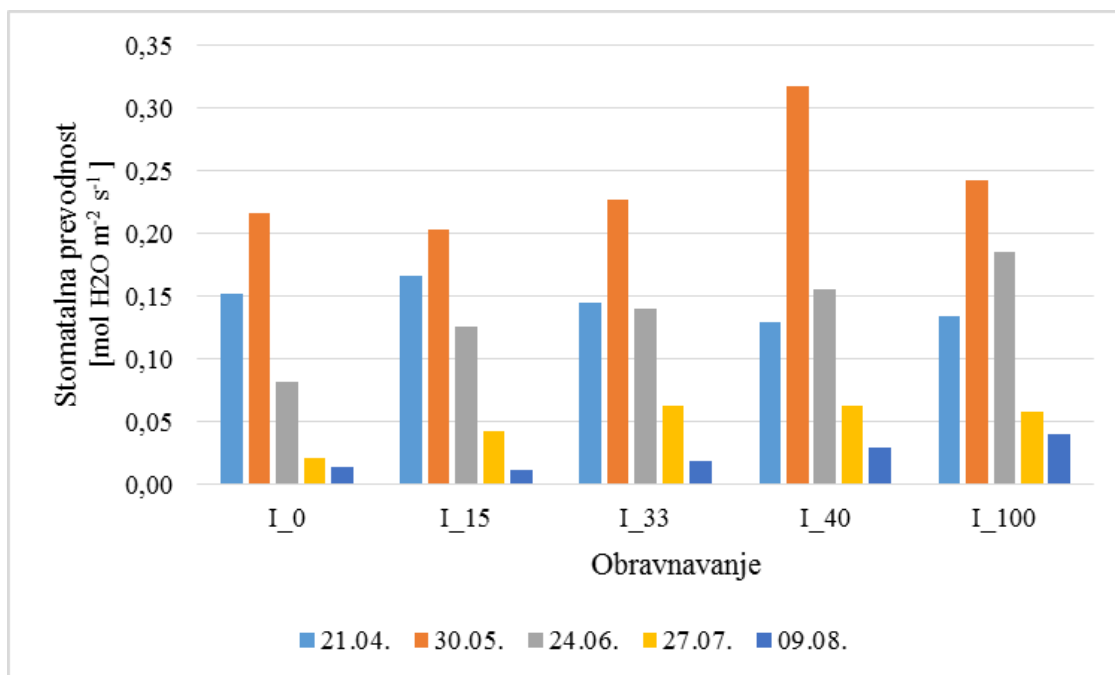
posameznimi obravnavanji se kažejo v maju, ko so bila najbolj aktivna drevesa ravno obratno kot v aprilu, I_40. Prav tako so bile v maju izmerjene tudi najvišje vrednosti stomatalne prevodnosti. Od maja naprej se je prevodnost listnih rež pri vse obravnavanjih še samo manjšala.

Junija so bile vrednosti razporejene glede na količine namakanja, tako so največjo stomatalno prevodnost dosegala najbolj zalivana drevesa I_100, nezalivana drevesa pa so pokazala najnižje vrednosti, $0,02 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Julijske meritve so pokazale drugi padec prevodnosti listnih rež, kjer nobeno obravnavanje ni več presegalo vrednosti $0,1 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Tako je bila največja izmerjena vrednost $0,062 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ pri drevesih I_33, obravnavanje I_100 je doseglo $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, nezalivana drevesa pa $0,02 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

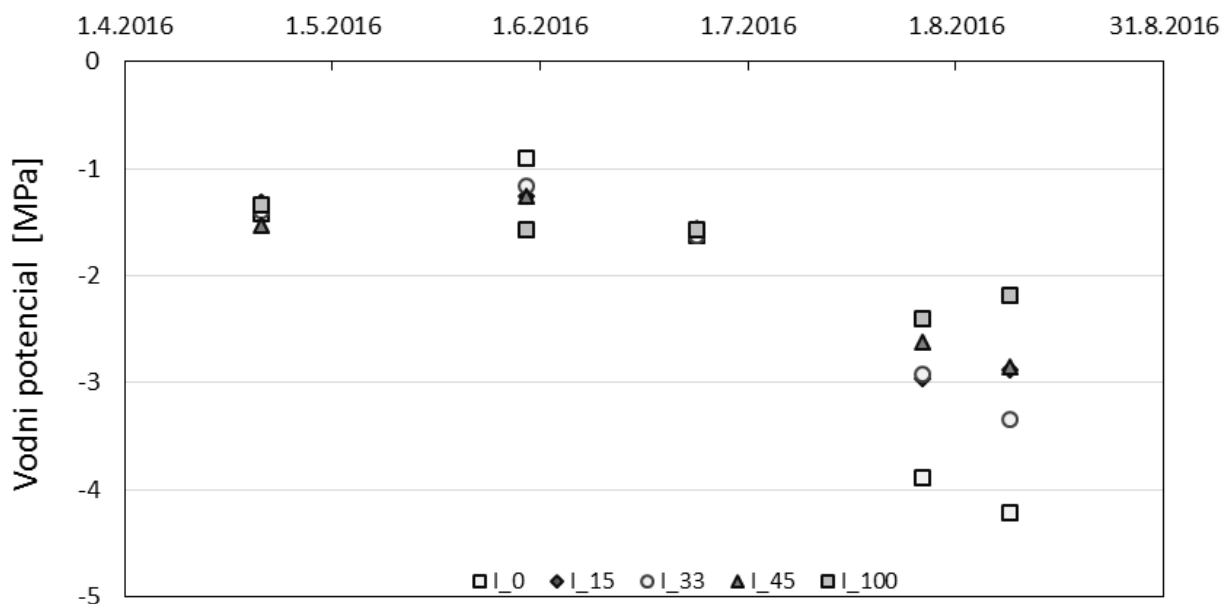
Najmanjša stomatalna prevodnost je bila izmerjena pri vseh drevesih avgusta. Najmanjše vrednosti so dosegala drevesa prvih treh obravnavanj, torej I_0, I_15, $0,011 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in I_33, med katerimi ni bilo bistvenih razlik. Najboljše rezultate v tem času visokih temperatur in majhne količine razpoložljive vode, so dosegala najbolj namakana drevesa, I_40 in I_100 z vrednostjo $0,039 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Slika 10 prikazuje povprečne mesečne vrednosti stomatalne prevodnosti glede na količine namakanja. Največja stomatalna prevodnost je bila v času vseh meritev izmerjena pri obravnavanju I_40 in I_100, najmanjša pa pri nezalivanih drevesih in obravnavanju I_15. Največja stomatalna prevodnost je bila izmerjena v mesecu maju in aprilu, najmanjša pa avgusta in julija. Največja nihanja stomatalne prevodnosti so bila izmerjena pri obravnavanju I_40 in I_100.



Slika 10: Povprečne mesečne vrednosti stomatalne prevodnosti različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8. Ročaji: \pm standardna deviacija.

4.5 VODNI POTENCIAL



Slika 11: Povprečne vrednosti vodnega potenciala različno namakanih dreves oljke, Dekani, 2016. N = 4-8. Ročaji: \pm standardna deviacija.

Največja nihanja v vrednosti vodnega potenciala (slika 11) so pokazala drevesa, ki niso bila zalivana. Ta se je med sezono gibal od -0,9 pa vse do maksimalne vrednosti -4,2 MPa v avgustovskem času, ko je bilo razpoložljive vode, zaradi majhne količine padavin v juliju, v tleh najmanj glede na trajanje poskusa.

Ravno obratno, so najbolj zalivana drevesa, torej obravnavanje I_100, najmanj nihala med vrednostmi vodnega potenciala, ki je med sezono meril od -1,3 do -2,4 MPa. Najmanjše vrednosti vodnega potenciala teh dreves je bilo moč zaznati v julijskem času, ko je bilo tudi najmanj padavin. Nenamakana drevesa so dosegala najpozitivnejše vrednosti vodnega potenciala. Med obravnavanji I_15 ter I_33 ni bilo bistvenih razlik v doseganju vrednosti vodnega potenciala, tako da so drevesa teh obravnavanj imela zelo podobno amplitudo. Prav tako, so se podobno gibale vrednosti vodnih potencialov dreves obravnavanj I_40, tako da med njimi ni prišlo do statistično pomembnih razlik.

V času aprilskih in junijskih meritev so vsa drevesa dosegala približno enake vrednosti vodnega potenciala, kar lahko razlagamo z zadostno količino padavin v tem času, saj so tla vsebovala dovolj vode in tako ni prišlo do razlik med namakanostjo rastlin. Najbolj izrazite spremembe v vrednostih vodnega potenciala glede na namakanost rastlin, so se pokazale avgusta, kar je posledica najmanjše količine padavin v julijskem času. Tako se je vodni potencial med namakanimi in nenamakanimi drevesi gibal od -2,1 do -4,2 MPa.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Oljka (*Olea europaea* L.) je vedno zeleno drevo, tradicionalno za Mediteran. Je dobro znana tudi po tem, da je dobro adaptirana na sušna obdobja. Posledice teh adaptacij se kažejo na zmanjšani asimilacijski aktivnosti, ki omejuje rast in končni produkt. Pravilno usmerjeno namakanje lahko pripomore k boljšemu pridelku (Giorio in sod., 1999).

Namakanje oljke se uveljavlja tudi v slovenskem prostoru, ki je vse bolj ranljiv za pojave suše. Do teh ne prihaja zaradi premajhne količine padavin, ki je v Sloveniji zadostna, temveč zaradi njihove neenakomerne razporeditve. To se kot problem že kaže v jugozahodnem predelu Slovenije, kjer so naravni viri vode že tako omejeni. Glede na meritve, naj bi se v zadnjih 25 letih na vsaka tri leta pojavila sušna obdobja, kar pa niso obetavni podatki za prihodnost kmetijske pridelave. S številnimi raziskavami je bilo dokazano da izvajanje deficitnega namakanja na območjih, kjer so vodni viri zelo omejeni, pozitivno vpliva na povečanje rodnosti in s tem večji količini pridelka, ob manjši porabi vode, hkrati pa s tem ukrepom pripomoremo k trajnostni rabi vode (Podgornik in Bandelj, 2015).

Meritve fotosintezne aktivnosti oljke smo izvajali v oljčniku v Dekanih, na sorti 'Istrska belica'. Meritve so bile opravljene v petih terminih od aprila do avgusta, torej smo zajeli sezonski prehod pomlad-poletje ter poletni čas letnega cikla oljke. Drevesa so bila namakana po principu deficitnega namakanja. Štiri drevesa skupaj so predstavljala eno obravnavanje, ki je pomenilo količino namakanja dreves, glede na evapotranspiracijske izračune. I_0, I_15, I_33, I_40 ter I_100, je tako predstavljalo pet obravnavanj poskusa. Želeli smo preveriti kakšna so sezonska gibanja fotosinteze v nasadu količinsko različno namakanih dreves.

Rezultati so pokazali, da postavljena hipoteza, in sicer, da je fotosintezna aktivnost največja v prehodnem času pomlad-poletje, saj so okoljski dejavniki v optimalnem razponu, da lahko rastlina normalno deluje, drži. Tognetti in sod. (2007) so z meritvami prišli do rezultatov, ki kažejo največjo asimilatorno aktivnost optimalno namakanih dreves v času prehoda pomlad-poletje oz. v zgodnje poletnem času. Poleti so vrednosti padale, v jesenskem času pa so drevesa zopet pričela bolj aktivno asimilirati. Pri deficitno namakanih drevesih se je izkazalo da so najboljše asimilirala ravno v času konca julija, nato pa so vrednosti za skoraj polovico padle do začetka jeseni, ko so se že lahko primerjale s pozno spomladanskimi. Nenamakana drevesa so imela podobno amplitudo gibanja kot optimalno namakana, le pri nižjih vrednostih in s to razliko, da so v jesenskem času te vrednosti najmočnejše padle. Skozi ves potek meritev, razen pri prvi, se je izkazalo, da najvišje vrednosti asimilacijske aktivnosti dosegajo dobro namakana drevesa obravnavanj I_40 ter I_100. Pri prvih meritvah bi lahko komentirali rezultate v povezavi s spomladanskimi vremenskimi razmerami. Te so pokazale najmanjše vrednosti ravno pri I_100 ter I_0, najboljše pa pri deficitno namakanih drevesih.

Zaradi največje stomatalne prevodnosti v mesecu maju, je posledično tudi fotosintezna aktivnost dosegala najvišje vrednosti. Kar je neposredno povezano tudi z vodnim potencialom listov, ki je bil takrat najbližje ničli za vsa obravnavanja, razen I_100. Zaradi najvišjih temperatur in najmanjše količine padavin v juliju in avgustu, glede na celoten čas meritev, je pričakovana posledica zmanjšana aktivnost fotosinteze, do katere pride zaradi

negativnejših vrednosti vodnega potenciala, saj je bilo v sistemu prisotne vse manj vode. Vzrok za nižje julijske vrednosti lahko delno pripišemo tudi rahli oblačnosti, ki je bila prisotna skozi večino časa meritev.

Connor (2005) navaja, da so drevesa, izpostavljena sušnemu stresu pričela zjutraj prej odpirati listne reže ter dosegati tudi do štiri krat večje vrednosti transpiracije in fotosinteze kot opoldne. Temperatura in količina razpoložljive vode se je v naših meritvah v poletnem času pokazala kot inhibitor asimilacije, saj je bila rastlina tako izpostavljena razmeram, kjer je opravljala le procese nujne za ohranjanje. To se je najbolj izkazalo pri nenamakanih drevesih in I_15. Višja kot je bila temperatura, večje razlike v neto fotosintezi so se pokazale glede na obravnavanja oz. največji razpon med rezultati nenamakanih dreves in dreves obravnavanj I_100.

V spomladanskem času, ko je sistem bolj zapolnjen z vodo, torej je tudi za rastlino na razpolago več vode in so okoljski parametri še v območju fotosintetskega optimuma, lahko opazimo, da so razlike v fotosintetski aktivnosti med posameznimi obravnavanji manjše. V poletnih mesecih, ko sta temperatura in svetlobna jakost začeli naraščati, relativna zračna vlaga in razpoložljivost vode pa sta se manjšali, je moč opaziti večje razlike netofotosinteze med nenamakanimi drevesi ter drevesi obravnavanj I_100.

Glede na povprečne mesečne rezultate, se je pokazal pozitiven odnos med vodnim potencialom, stomatalno prevodnostjo in fotosintezo, kot so to že dokazali s predhodnimi raziskavami (Tognetti in sod., 2006). Torej, bližje ničli, kot so bile vrednosti vodnega potenciala, večja je bila stomatalna prevodnost, ki je dopuščala fiksacijo večjih količin CO₂ substrata. Pri vrednosti transpiracijskega gibanja, sej je izkazalo, da ni v tako zelo tesni povezavi z zgoraj naštetimi procesi, seveda pa to ne zanika dejstva o pozitivni medsebojni odvisnosti.

Meritve vodnega potenciala se nakazujejo, da je v pozitivni korelaciji s količino padavin. Manjša kot je količina padavin, in s tem na voljo manj vode, bolj negativen potencial bodo dosegli listi. Kar se najbolj pozna pri nenamakanih drevesih. Takrat se poznajo tudi največje razlike v vodnem potencialu med obravnavanji. Podobno kot Fernandez (1997, cit. po Tognetti in sod. 2002), tudi mi ugotovljamo, da so najmanjše razlike med vrednostmi vodnega potenciala med obravnavanji, kadar je bilo v tleh zadosti vode in drevesa niso bila izpostavljena stresu.

Zadostno namakanje rastlin, glede na rastlinske potrebe, ki je posledica dobrega poznavanja soodvisnosti zunanjih in notranjih procesov, je tako nujno potrebno za doseg najboljših rezultatov, tudi kasneje na pridelku. Podgornikovi in Bandljevi (2015) rezultati raziskave pokazali, da deficitno namakanje pripomore k boljši rodnosti, večji vegetativni rasti in pridelku, kljub zmanjšani porabi vode. To predstavlja pozitiven ekonomski vidik ob sočasnem dobrem gospodarjenju z vodnimi viri.

Zanimivo bi bilo še nadaljnje izvajanje meritev, ki bi pripomoglo k bolj celostni podobi aktivnosti rastline skozi vse leto. To bi lahko pokazalo še bolj jasno sliko, kako so procesi medsebojno povezani. Ob takšnem večletnem spremljanju bi lahko določili kolikšno količino vode je najbolje da dovajamo rastlinam in kdaj je za to najprimernejši čas.

5.2 SKLEPI

Na podlagi opravljenih meritev smo ugotovili:

- Drevesa so fotosintezno najbolj aktivna v spomladanskem času oz. ob prehodu pomladanskega na poletni čas, ko okoljski dejavniki še ne ovirajo normalne asimilacije.
- Nenamakana drevesa so bistveno manj fotosintetsko aktivna, kot tista, ki imajo na voljo dovolj vode in lahko lažje uravnavajo vodno bilanco.
- Ni bistvenih razlik v fotosintetski aktivnosti dreves obravnavanj I_40 in I_100, ter I_0 in I_15.
- Že majhna količina dovajane vode rastlini omogoči, da v primerjavi z nenamakanimi drevesi bolj odpre listne reže in posledično poveča stomatalno prevodnost kar vodi v večje vrednosti fotosintezne aktivnosti.
- Nenamakana drevesa lahko ob visokih poletnih temperaturah in nizki zračni vlagi dosegajo tudi negativne vrednosti fotosinteze, kar pomeni, da drevesa le dihajo in opravljajo le najnujnejše procese, ki rastlini omogočajo preživetje takšnega obdobja in ohranjanje pozitivne vodne bilance.
- Stomatalna prevodnost ter neto fotosinteza sta medsebojno močno povezani in odvisni od okoljskih parametrov.
- Vodni potencial nenamakanih dreves je v času majhnih količin padavin bistveno bolj negativen, kot pri namakanih drevesih. Kadar pa so tla zasičena z vodo, pa ne glede na količino namakanja vsa drevesa dosegajo približno enake vrednosti vodnega potenciala.

6 POVZETEK

Z meritvami smo želeli preveriti kako deficitno namakanje poleg ostalih okoljskih parametrov vpliva na sezonsko aktivnost fotosinteze oljke.

V nasadu, ki je v lasti g. Anglea Hlaja smo od meseca aprila do avgusta merili fotosintezo na sorti oljke 'Istrska belica'. Meritve smo vsakič opravili v dveh ponovitvah. Drevesa so bila razvrščena v pet obravnavanj, glede na količino namakanja so tvorila skupine I_0, so predstavljala nenamakana drevesa, I_15, I_33, I_40 in I_100, ki so predstavljala drevesa ki so bila optimalno namakana. Poleg fotosinteze smo merili tudi vodni potencial listov.

Rezultati so pokazali, da je asimilacija najaktivnejša ob zadostni količini vode v tleh, saj to viša vrednost vodnega potenciala tal, kar pozitivno vpliva na stomatalno prevodnost. Ob povečani stomatalni prevodnosti smo izmerili tudi višje vrednosti neto fotosinteze. Največjo povprečno vrednost neto fotosinteze so imela drevesa obravnavanja I_40, $16,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, v mesecu maju, ko so tudi ostala drevesa dosegala najvišje vrednosti neto fotosinteze. Skozi sezono so imela največjo fotosintezo drevesa obravnavanja I_40 ali pa obravnavanja I_100, ki je najvišjo vrednost dosegla prav tako v mesecu maju, $13,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Pri tem nismo opazili bistvenih razlik med obravnavanji I_40 in I_100, saj so bili rezultati vseskozi zelo podobni, razen v mesecu maju, ko je bila razlika med njima skoraj $3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Tako smo prišli do ugotovitve, da lahko s primernim zmanjšanim odmerkom vode zagotovimo podobno asimilatorno aktivnost kot z 'luksuznim' namakanjem. S slednjim ne dosegamo bistveno boljših rezultatov.

Razlike v fotosintetski aktivnosti dreves oljke lahko v veliki meri povežemo s prevodnostjo listnih rež. Skozi sezono je ta kazala podobno gibanje vrednosti kot neto fotosinteza, je bila najvišja izmerjena, prav tako v mesecu maju $0,32 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ in je skozi poletne mesece vseskozi padala.

S prevodnostjo rež je povezano tudi oddajanje vode. Največja izmerjena vrednost transpiracije v junijskem času, pri obravnavanju I_100 je bila $6,3 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ko so tudi ostala drevesa najboljše transpirirala. V drugi polovici poletja, so te vrednosti, ne glede na obravnavanje, padla skoraj za več kot polovico. Največji padec vrednosti se je prav tako izkazal pri I_100, ki je v julijskem času dosegal le $1,4 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Z meritvami smo pokazali tudi, da že majhna količina padavin pripomore k bolj izenačenemu vodnemu potencialu dreves, ne glede na količino namakanja, kar se je izkazalo v času prveih treh meritev, ko razlike med obravnavanji niso presegle več kot 0,3 MPa. Kadar je razpoložljive vode v tleh malo, se začnejo kazati večje razlike predvsem med nenamakanimi in optimalno namakanimi drevesi, ki so v času meritev avgusta znašale največ, 2MPa med tema dvema obravnavanjema.

Pintarjeva in sod. (2012) so raziskali, da deficitno namakanje zaradi sušnega stresa, v bistvu pripomore k še boljši akumulaciji olja v plodovih, kar je za pridelovalca zelo pomemben podatek, saj lahko ob manjši porabi vode, dosega kakovostnejše pridelke, ki pa sicer niso količinsko tako bogati, kot pri optimalno namakanih drevesih.

Rezultati naših meritev so pokazali, da so bila drevesa v poletnem času izpostavljena sušnemu stresu. Glede na količino namakanja so se kazale različne stopnje odziva rastlin, nenamakana drevesa so bila tako najmanj presnovno aktivna v primerjavi z optimalno

namakanimi v času zmanjšane razpoložljivosti vode. Med obravnavanji I_40 in I_100 ni bilo moč opaziti bistvenih sprememb v odzivu na sušo. Tako smo prišli do sklepa, da deficitno namakanje omogoča skoraj enako fotosintezno aktivnost kot optimalno, ob zmanjšanih stroških zaradi porabe vode. Hkrati pa nam to omogoča bolj gospodarno in racionalno ravnanje vode.

7 VIRI

- ARSO, Agencija Republike Slovenije za okolje. Vremenski podatki za postajo Portorož-letališče za obdobje april-avgust 2016.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (1. 9. 2016)
- Angelopoulos K., Dichio B., Xiloyannis C. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. *Journal of Experimental Botany*, 47, 8: 1093-1100
- Bučar–Miklavčič M., Butinar B., Jančar M., Sotlar M., Vesel V. 1997. Oljka in oljčno olje. Ljubljana, Kmečki glas: 142 str.
- Connor D. J. 2005. Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Crop and Pasture Science*, 56, 11: 1181-1189
- Connor D. J., Fereres E. 2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*, 31: 155-229
- Crivellaro A., Schweingruber F.H. 2013. Atlas of Wood, Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs: 435 str.
- Giorio P., Sorrentino G., d'Andria R. 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 42, 2: 95-104
- Larcher W. 2003. *Physiological Plant Ecology* 4th edition. Berlin Springer Heidelberg, New York. 513 str.
- Lawlor D. W. 2002 Limitation to Photosynthesis in Water-stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. *Annals of Botany*, 89, 7: 871-885
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A, Turk B., Vreš B. 2007. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Pintar M., Podgornik M., Korpar P., Vuk I., Arbeiter A., Klančar U., Bandelj D. 2012. Vpliv deficitnega namakanja na pridelek oljk (*Olea europaea* L.) sorte 'Istrska belica' Novi raziskovalni pristopi v oljkarstvu: zbornik znanstvenih prispevkov z mednarodnega posveta. Ljubljana, slovensko agronomsko društvo: 87-93
- Podgornik M., D. Bandelj, 2015. Princip deficitnega namakanja oljčnih nasadov v Slovenski Istri. *Acta agriculturae Slovenica*, 105, 2: 337-344
- Rotondi A., Rossi F., Asunis C., Cesaraccio C. 2003. Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem. *Journal of Mediterranean Ecology*, 4: 25-36

Sancin V. 1990. Velika knjiga o oljki. Trst, Založništvo tržaškega tiska: 319 str.

Štampar F., Lešnik M., Veberič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G. 2014. Sadjarstvo 3. dopolnjena izdaja. Ljubljana, Kmečki glas: 415str.

Taiz L., Zeiger E., 2010. Plant Physiology 5th edition. Sunderland, Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, ZDA 782 str.

Tognetti R., Costagli G., Minnocci A., Gucci R. 2002. Stomatal behaviour and water use efficiency in two cultivars of *Olea europaea* L. *Agricoltura Mediterranea*, 13: 90-97

Tognetti R., d'Andria R., Sacchi R., Lavini A., Morelli G., Alvino A. 2007. Deficit irrigation affects seasonal changes in leaf physiology and oil quality of *Olea europaea* (cultivars Frantoio and Leccino). *Annals of Applied Biology*, 150, 2: 169-186

Vesel V., Valenčič V., Jančar M., Čalija D., Butinar B., Bučar-Miklavčič M. 2009. Oljka - živilo, zdravilo, lepotilo. Ljubljana, Kmečki glas: 141

Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 141 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Dominiku VODNIKU, za vse strokovne nasvete, pomoč, usmeritve in potrpežljivost pri pisanju diplomskega dela.

Najlepše bi se zahvalila tudi gospodu Angelu HLAJU, ki nam je dovolil opravljati meritve v oljčniku.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi kakorkoli pomagali in stali ob strani tekom nastajanja tega dela.