

**Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije  
Slovenian Institute of Hop Research and Brewing**

# **Hmeljarski bilten Hop Bulletin**

**23(2016)**



**Žalec, 2016**

## Hmeljarski bilten / Hop Bulletin

ISSN za tiskano izdajo 0350-0756

ISSN za spletno izdajo 2536-1988

**Izdaja /** Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) /  
**Issued by** Slovenian Institute of Hop Research and Brewing (IHPS)  
Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija / Slovenia

**Urednica /**  
**Editor**  
dr. **Barbara Čeh**

**Uredniški odbor /** dr. **Barbara Čeh** (IHPS), doc. dr. **Andreja Čerenak** (IHPS), prof. dr.  
**Editorial board** **Anton Ivančič** (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze  
v Mariboru / Faculty of Agriculture and Life Sciences University of  
Maribor – FKBV UM), izr. prof. dr. **Jernej Jakše** (Biotehniška  
fakulteta Univerze v Ljubljani / University of Ljubljana, Biotechnical  
Faculty – BF UL), prof. dr. **Branka Javornik** (BF UL), doc. dr. **Iztok  
Jože Košir** (IHPS), dr. **Karel Krofta** (Hop Research Institute, Žatec,  
Czech Republic), doc. dr. **Rok Mihelič** (BF UL), prof. dr. **Martin  
Pavlovič** (IHPS in FKBV UM), dr. **Sebastjan Radišek** (IHPS), dr.  
**Elisabeth Seigner** (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft /  
Bavarian State Research Center for Agriculture, Freising, Germany),  
dr. **Siniša Srećec** (Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Hrvaška  
/ College of Agriculture at Križevci, Croatia), prof. dr. **Anton Tajnšek**  
(redni profesor v pokoju / retired professor), prof. dr. **Dominik Vodnik**  
(BF UL)

**Naslov uredništva,** Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, Slovenija / Slovenia;  
**politika /** e-pošta / e-mail: barbara.ceph@ihps.si  
**Editorial office and**

**policy** Člani uredniškega odbora so tudi recenzenti prispevkov. Prispevki so najmanj  
dvojno recenzirani. Za jezikovno pravilnost odgovarjajo avtorji. S poslanim  
člankom se avtorji strinjajo tudi za spletno objavo revije. /  
Papers are reviewed and revised. Authors are fully responsible for proper  
linguistic structure of the text. By sending an article, the authors agree for the  
online publication of the journal.

**Recenzenti** v tej številki izven uredniškega odbora:

**Reviewers** outside the Editorial Board for this number:

doc. dr. **Klemen Eler** (BF UL), doc. dr. **Darja Kocjan Ačko** (BF UL),  
mag. **Matej Knapič** (Kmetijski inštitut Slovenije / Agricultural  
institute of Slovenia)

**Tehnično uredila /** dr. **Boštjan Naglič** in dr. **Barbara Čeh**

**Technical editing**

**Domača stran /** <http://www.ihps.si>

**Home page**

**Bilten zajemajo /** COBISS, AGRIS, CABI Publishing, EBSCO Publishing

**Indexed and**

**abstracted by**

**Tisk / Printed by** Birografika Bori d. o. o.

**Avtorske pravice /** © 2016 Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije /

**Copyright** © 2016 Slovenian Institute of Hop Research and Brewing

## VSEBINA / CONTENTS

Andreja ČERENAK in Iztok Jože KOŠIR <b>Skladiščna obstojnost slovenskih dišavnih sort hmelja</b> Storage stability of slovenian flavour hop varieties .....	5
Zalika ČREPINŠEK in Barbara ČEH <b>Pridelek hmelja sorte Celeia glede na vremenske razmere do konca julija</b> Yield of hop variety Celeia related to weather conditions until the end of July .....	14
Tanja GUČEK, Nataša ŠTAJNER, Jernej JAKŠE, Branka JAVORNIK in Sebastjan RADIŠEK <b>Optimizacija določanja hmeljevega latentnega viroida (HLVd) z uporabo RT-PCR v realnem času</b> Optimization of detection of hop latent viroid (HLVd) with real time RT-PCR ...	27
Boštjan NAGLIČ, Rozalija CVEJIĆ in Marina PINTAR <b>Pregled objav s področja namakanja hmelja (<i>Humulus lupulus</i> L.) na porečju Savinje</b> Irrigation of hop ( <i>Humulus lupulus</i> L.) in Savinja catchment: A review....	41
Martin PAVLOVIČ in Primož BUDNA <b>Trženjska analiza malih pivovarn v Sloveniji</b> Marketing analysis of small breweries in Slovenia .....	56
Vlatka PETRAVIĆ-TOMINAC, Božidar ŠANTEK in Vesna ZECHNER-KRPAN <b>Spent brewer's yeast – a source of <math>\beta</math>-glucan for various purposes</b> Uporabljen pivovarski kvas - vir $\beta$ glukanov za različne namene.....	65
Barbara ČEH in Bojan ČREMOŽNIK <b>Vpliv sorte in količine semena za setev na pridelek vršičkov in stebel navadne konoplje (<i>Cannabis sativa</i> L.)</b> Yield of inflorescences and stems of hemp ( <i>Cannabis sativa</i> L.) related to variety and sowing rate.....	80
Marko FLAJŠMAN, Jerneja JAKOPIČ, Katarina KOŠMELJ in Darja KOCJAN AČKO <b>Morfološke in tehnološke lastnosti sort navadne konoplje (<i>Cannabis sativa</i> L.) iz poljskega poskusa Biotehniške fakultete v letu 2016</b> Morphological and technological characteristics of hemp ( <i>Cannabis sativa</i> L.) varieties from field trials of Biotechnical faculty in 2016.....	88

Martin PAVLOVIČ, Karmen PAŽEK in Borut GRAŠIČ

**Predelava konoplje kot dopolnilna dejavnost kmetij**

Processing of hemp as a supplementary activity of farms..... 105

Alojz ŠTUHEC, Matjaž GLAVAN, Stane KAVČIČ in Andrej UDOVČ

**Analiza različnih metod ugotavljanja dohodka na kmetijah za namene  
obdavčenja**

Analysis of different farms' income assessment methods for taxation purposes.. 115

## SKLADIŠČNA OBSTOJNOST SLOVENSКИH DIŠAVNIH SORT HMELJA

Andreja ČERENAK<sup>1</sup> in Iztok Jože KOŠIR<sup>2</sup>

Strokovni članek / professional article

Prispelo / received: 4. 11. 2016

Sprejeto / accepted: 22. 11. 2016

### Izveleček

Skladiščna obstojnost je zelo pomembna lastnost hmelja, saj lahko procesi staranja zelo negativno vplivajo na njegovo pivovarsko vrednost. Kot ostale agronomsko pomembne lastnosti se skladiščna obstojnost ocenjuje pri vseh perspektivnih križancih hmelja vključenih v slovenski žlahtniteljski program. V primeru dišavnih sort hmelja je poleg klasične ocene staranja zelo pomembna tudi ocena staranja eteričnega olja, ki je glavni nosilec hlapnega dela arome hmelja v pivu. Glede na rezultate spreminjanja sestave eteričnega olja sort Styrian Cardinal in Styrian Wolf ter sort v preizkušanju 102/44 ter 105/220 lahko zaključimo, da je za optimalno skladiščenje zlasti pomembno pakiranje v neprodušno zaprte embalažne enote, hkrati z obveznim hranjenjem hmelja pri nizkih temperaturah.

**Ključne besede:** hmelj, *Humulus lupulus*, skladiščna obstojnost, KVH-TE, eterična olja, indeks staranja hmelja

## STORAGE STABILITY OF SLOVENIAN FLAVOUR HOP VARIETIES

### Abstract

Storage stability is a very important hop quality trait since aging processes could negatively influence on its brewing value. As other important agronomic traits, storage stability is a characteristic observed at all perspective hop hybrids included in the Slovenian breeding program. In the case of flavour hop varieties aside of classical assessment of storage stability also the assessment of essential oil stability as the main holder of volatile part of beer aroma is very important. According to the detected changes in composition of essential oils at hop varieties Styrian Cardinal, Styrian Wolf and breeding lines 102/44, 105/220 it could be concluded, that the most important factor for optimal storage is hermetically sealed packaging besides hop storage at low temperatures which is mandatory as well.

**Keywords:** hop, *Humulus lupulus*, storage stability, LCV, essential oil, hop storage index

---

<sup>1</sup> Doc. dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: andreja.cerenak@ihps.si

<sup>2</sup> Doc. dr., prav tam, e-pošta: iztok.kosir@ihps.si

## 1 UVOD

Najpomembnejše kemijske sestavine hmelja (*Humulus lupulus* L.) za pivovarstvo so grenčice (alfa-kislina, beta-kislina) in eterično olje. Vsebnost le-teh začne upadati takoj po obiranju. Hitrost zmanjševanja navedenih komponent je odvisna od temperature skladiščenja, prisotnosti zraka oz. kisika v okolju, od katerih je najpogostejši kontroliran dejavnik skladiščenja še vedno temperatura zraka (Methods, 1992; Srečec in sod., 2009). Nižja kot je temperatura zraka in vsebnost kisika, počasnejše je razpadanje metabolitov. Sorta hmelja in njene značilnosti imajo v procesu staranja najpomembnejšo vlogo; ob istih pogojih skladiščenja določene sorte izgubijo znatno več alfa-kislin kot druge.

Kisik povzroča oksidacijo alfa-kislin, s čimer se zmanjša in spremeni grenkoba hmelja in je preprečena izomerizacija alfa-kislin, ki je pomemben proces tekom hmeljenja piva. Oksidirane spojine povzročijo privonj po sesirjenemu, ki ga zaznamo pri starem hmelju. Stiskanje hmelja v bale in brikete ter pakiranje slednjih v nepredušno zaprte aluminijaste vrečke zagotavlja dobro zaščito pred izpostavljanjem hmelja zraku. Proces staranja se prav tako pospeši v primeru, če je hmelj med skladiščenjem izpostavljen svetlobi, kar pa večinoma v praksi ni problem.

Rezultat oksidacijskih in razpadnih procesov v storžkih hmelja tekom skladiščenja je spremenjena količina in sestava hmeljnih smol, eteričnega olja in polifenolov. Razlike med različnimi sortami hmelja so posledica v količini encima oksidaze alfa-kislin, količini endogenih antioksidantov in prepustnosti membrane lupulinskih žlez za kisik (Virant in Majer, 2003).

Običajno se skladiščna obstojnost določa na podlagi padca vsebnosti alfa-kislin v določenem času. HSI (Hop Storage Index; indeks staranja hmelja) je število, dobljeno s spektrofotometrično določitvijo alfa- in beta-kislin ter predstavlja razmerje med vsebnostjo alfa-kislin in njihovih oksidacijskih produktov. Nickers in Menary (1980) sta predlagala sledeče kriterije za skladiščno obstojnost sort hmelja, shranjenih šest mesecev pri 20 °C, ki so v veljavi še danes:

- zelo dobra skladiščna obstojnost: hmelj vsebuje 80 - 90 % začetne vsebnosti alfa-kislin,
- dobra skladiščna obstojnost: hmelj vsebuje 60 - 80 % začetne vsebnosti alfa-kislin,
- slaba skladiščna obstojnost: hmelj vsebuje manj kot 50 % začetne vsebnosti alfa-kislin.

Kakovost hmelja med skladiščenjem je povezana z opisnim ocenjevanjem stopnje svežine. V preglednici 1 je prikazano zmanjšanje vsebnosti alfa-kislin in HSI za različne kategorije hmelja (Foster, 2001).

**Preglednica 1:** Kakovost hmelja, izražena z izgubami alfa-kislin in HSI vrednostjo med skladiščenjem (Foster, 2001)

**Table 1:** Hop quality expressed as alpha-acid losses and HSI value during the storage (Foster, 2001)

Kategorije hmelja	Zmanjšanje alfa-kislin (% rel.)	Indeks staranja hmelja (HSI)
Svež	0 – 10	< 0,32
Rahlo postaran	11 – 20	0,33 – 0,40
Star	21 – 30	0,41 – 0,50
Močno star	31 – 40	0,51 – 0,60
Prestar	> 40	> 0,61

Pri slovenskih sortah hmelja, ki slovijo po svoji fini hmeljni ali dišavni aromi, je poleg padca alfa-kislin in spreminjanja HSI zelo pomembna obstojnost eteričnega olja. Zelo pomembna lastnost hmelja, ki je sestavni del njegove pivovarske vrednosti, je njegov vonj, ki je v bistvu hlapni del arome. Izvira iz eteričnega olja, ki ga sestavlja veliko število različnih spojin, katerih količine so odvisne od pedoklimatskih razmer in še posebej od genetike same rastline.

S časom se pri staranju hmelja zmanjšuje tudi količina eteričnega olja zaradi izhlapevanja, prav tako prihaja do oksidacijskih procesov. Zaradi pomanjkanja eksperimentalnih podatkov obstaja samo ocena, da je padec količine eteričnega olja neposredno povezan z izgubo alfa-kislin (Garetz, 1994). Pri staranju hmelja pa ni pomemben samo padec količine eteričnega olja, temveč tudi spreminjanje sestave in s tem posledično tudi pričakovane arome.

Spremljanje skladiščne obstojnosti je običajen parameter, ki ga v procesu žlahtnjenja določamo pri najbolj obetavnih križancih hmelja. V predstavljenem poskusu smo želeli določiti ne le padec alfa-kislin in povišanje HSI s staranjem hmelja, ampak smo v različnih razmerah skladiščenja spremljali tudi spremembe v količini in sestavi eteričnega olja, kar je pri dišavnih sortah bistveni dejavnik kakovosti hmelja.

## 2 MATERIAL IN METODE

### 2.1 Material

V mesecu septembru 2014, takoj po obiranju hmelja, smo v določanje skladiščne obstojnosti vključili storžke novih sort Styrian Cardinal in Styrian Wolf ter sort v preizkušanju 105/220 in 102/44. Skladiščno obstojnost smo preverili po šestih mesecih staranja (marec 2015) pod različnimi razmerami skladiščenja: 20°C (sobna

temperatura) in 4 °C ter dveh različnih embalažah z različno dostopnostjo kisika (z in brez dostopnega kisika). Poskus je bil zasnovan dvofaktorsko s štirimi obravnavanji.

## 2.2 Metode

Vsi vzorci so bili obrani v času optimalne tehnološke zrelosti posamezne sorte hmelja (konec avgusta/začetek septembra) na poskusnih površinah Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu.

Za določitev konduktometrične vrednosti hmelja (KVH-TE) smo uporabili metodo po Analytica-EBC 7.4 (Analytica-EBC, 2000). Vsebnost vlage smo določili po metodi Analytica-EBC 7.2 (Analytica, 1997) vsebnost in sestavo eteričnih olj smo določili z metodama Analytica-EBC 7.10 (Analytica, 2002) in 7.12 (Analytica, 2006), medtem ko smo indeks skladiščne obstojnosti izmerili po metodi Analytica-EBC 7.13 (Analytica, 2007). Vsi naštetih preskusi so bili opravljeni po protokolih originalnih zapisov.

Eteričnim oljem smo tako določili sestavo s plinsko kromatografijo in s tem ugotavljali ali med staranjem pride do bistvenih sprememb v sestavi olja zaradi oksidacijskih procesov ali izgub zaradi izhlapevanja.

## 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

V preglednicah 2 do 5 podajamo vrednosti parametrov (vlaga, vsebnost alfa-kislin, indeks staranja hmelja (HSI) in količino ter sestavo eteričnega olja), ki smo jih izmerili ob začetku poskusa (po obiranju in sušenju vzorcev hmelja) in po šestih mesecih staranja.

Sorta Styrian Cardinal je v primerih skladiščenja na hladnem v odprti in zaprti embalaži in na toplem v zaprti embalaži pokazala zelo dobro skladiščno obstojnost, saj je vsebnost alfa-kislin padla samo za okoli 10 %. Vrednost indeksa staranja je bila v vseh treh primerih zelo nizka, še posebej v hladnih variantah poskusa in je v območju, kjer pivovarji ocenjujejo, da je to še vedno svež hmelj, brez posledic staranja. V varianti hranjenja na toplem v odprti embalaži je sorta pokazala dobro skladiščno obstojnost, s padcem alfa-kislin 26 % ter indeksom staranja 0,44. Obe vrednosti kažeta na to, da prisotnost kisika v tem primeru pospeši staranje in oksidacijo mehkih smol. Vrednost HSI je kljub temu še vedno v pričakovanem območju, ki pa odstopa od optimalne vrednosti. Podatki staranja kažejo na velike izgube eteričnega olja v staranih vzorcih, ki je še posebej izrazita v primeru skladiščenja pri temperaturah okolja.

**Preglednica 2:** Vsebnost alfa-kislin (KVH-TE), indeks staranja hmelja (HSI), količina in sestava eteričnega olja ter vlaga v vzorcih sorte hmelja Styrian Cardinal na začetku in koncu poskusa ocene skladiščne obstojnosti

**Table 2:** Alpha-acids content (LCV), hop storage index (HSI), content and composition of essential oil and moisture in hop variety Styrian Cardinal at the beginning and at the end of storage stability assessment experiment.

Styrian Cardinal					
Parameter	Začetek poskusa	Po 6 mesecih skladiščenja			
		4°C, zaprta embalaža	4°C, odprta embalaža	20°C, zaprta embalaža	20°C, odprta embalaža
Vlaga (%)	9,5	9,3	8,8	4,9	4,7
KVH-TE (suha snov) (%)	12,7	11,2	11,8	11,3	9,4
HSI	0,28	0,28	0,27	0,38	0,44
Količina olja (ml/100g)	2,03	1,61	1,38	0,99	0,83
Mircen (rel. %)	46,2	39,5	43,0	32,7	27,2
Linalol (rel. %)	0,8	0,9	0,8	1,1	1,0
$\beta$ -kariofilen (rel. %)	9,9	10,5	10,3	10,2	9,1
$\alpha$ -humulen (rel. %)	18,0	20,3	19,6	21,4	19,9
Farnezen (rel. %)	6,0	5,6	5,8	4,3	3,7
Ostanek alfa-kislin (%)	-	88,2	92,9	89,0	74,0
Skladiščna obstojnost	-	Zelo dobra	Zelo dobra	Zelo dobra	Dobra

Sorta Styrian Wolf je v primerih skladiščenja na hladnem v odprti in zaprti embalaži in na toplem v zaprti embalaži pokazala zelo dobro skladiščno obstojnost. Vrednost indeksa staranja je bila v obeh hladnih variantah zelo nizka. Ob hranjenju na toplem v zaprti embalaži je sorta pokazala zelo dobro skladiščno obstojnost. Padec vsebnosti alfa-kislin je bil le 12 %, indeks staranja je bil ugoden - 0,40. Pri hranjenju pri temperaturi okolja v odprti embalaži pa je Styrian Wolf pokazal dobro skladiščno obstojnost s padcem alfa-kislin 24 % in indeksom staranja kar 0,59, ki je za pivovarje nesprejemljivo visok. Tudi pri tej sorti podatki staranja kažejo na velike izgube eteričnega olja v staranih vzorcih, ki je še posebej izrazita v primeru skladiščenja pri temperaturah okolja (več kot 60 %). Podatka o vrednosti HSI in izgubi olj opozarjata, da je potrebno to sorto skladiščiti pri nizkih temperaturah in v nepredušno zaprtih embalažah brez prisotnosti kisika.

**Preglednica 3:** Vsebnost alfa-kislin (KVH-TE), indeks staranja hmelja (HSI), količina in sestava eteričnega olja ter vlaga v vzorcih sorte hmelja Styrian Wolf na začetku in koncu poskusa ocene skladiščne obstojnosti

**Table 3:** Alpha-acids content (LCV), hop storage index (HSI), content and composition of essential oil and moisture in hop variety Styrian Wolf at the beginning and at the end of storage stability assessment experiment.

Styrian Wolf					
Parameter	Začetek poskusa	Po 6 mesecih skladiščenja			
		4°C, zaprta embalaža	4°C, odprta embalaža	20°C, zaprta embalaža	20°C, odprta embalaža
Vlaga (%)	8,8	9,0	8,8	4,6	4,5
KVH-TE (suha snov) (%)	12,9	12,6	12,2	11,3	9,8
HSI	0,29	0,30	0,34	0,40	0,59
Količina olja (ml/100g)	2,46	2,02	2,03	1,37	0,90
Mircen (rel. %)	63,8	61,5	58,2	50,0	30,3
Linalol (rel. %)	0,9	1,1	1,1	1,6	2,1
β-kariofilen (rel. %)	3,1	3,0	3,4	3,3	3,1
α-humulon (rel.%)	8,5	8,7	9,5	9,9	10,3
Farnezen (rel. %)	5,8	5,1	5,2	3,9	2,9
Ostanek alfa-kislin (%)	-	97,7	94,6	87,6	76,0
Skladiščna obstojnost	-	Zelo dobra	Zelo dobra	Zelo dobra	Dobra

Sorta v preizkušanju z oznako 105/220 je v primerih skladiščenja na hladnem v odprti in zaprti embalaži in na toplem v zaprti embalaži pokazala prav tako zelo dobro skladiščno obstojnost. Vrednost indeksa staranja je bila v vseh treh primerih zelo nizka, še posebej v hladnih variantah poskusa in je v območju, kjer pivovarji ocenjujejo, da je to še vedno svež hmelj, brez posledic staranja. V varianti hranjenja na toplem v odprti embalaži je sorta v preizkušanju izkazala dobro skladiščno obstojnost, s padcem alfa-kislin 21,5 % ter indeksom staranja 0,45. Obe vrednosti kažeta na to, da prisotnost kisika v tem primeru pospeši staranje in oksidacijo mehkih smol. Vrednost HSI je kljub temu še vedno v pričakovanem območju, ki pa pri nekaterih pivovarjih že lahko povzroča zaskrbljenost. Še posebej to velja za varianto skladiščenja pri temperaturi okolja v odprti embalaži. Tudi pri tem križancu podatki staranja kažejo na velike izgube eteričnega olja v starih vzorcih, ki je še posebej izrazita v primeru skladiščenja pri temperaturah okolja (več kot 50 %). Za ta križanec se skladiščna varianta pri nizkih temperaturah in v evakuirani embalaži izkazuje kot metoda izbire, saj je pri teh pogojih zelo obstojen.

**Preglednica 4:** Vsebnost alfa-kislin (KVH-TE), indeks staranja hmelja (HSI), količina in sestava eteričnega olja ter vlaga v vzorcih sorte hmelja v preizkušanju 105/220 na začetku in koncu poskusa ocene skladiščne obstojnosti.

**Table 4:** Alpha-acids content (LCV), hop storage index (HSI), content and composition of essential oil and moisture in breeding line 105/220 at the beginning and at the end of storage stability assessment experiment

Sorta v preizkušanju 105/220					
Parameter	Začetek poskusa	Po 6 mesecih skladiščenja			
		4°C, zaprta embalaža	4°C, odprta embalaža	20°C, zaprta embalaža	20°C, odprta embalaža
Vlaga (%)	9,3	9,7	9,8	4,7	4,5
KVH-TE (suha snov) (%)	7,9	7,6	6,8	7,0	6,2
HSI	0,28	0,27	0,27	0,38	0,45
Količina olja (ml/100g)	1,52	1,27	1,26	0,82	0,72
Mircen (rel. %)	66,5	55,6	57,2	44,8	37,3
Linalol (rel. %)	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1
$\beta$ -kariofilen (rel. %)	5,5	6,6	6,5	6,9	6,5
$\alpha$ -humulen (rel.%)	12,0	15,4	15,4	17,7	17,8
Farnezen (rel. %)	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
ostanek $\alpha$ -kislin (%)	-	96,2	86,1	88,6	78,5
Skladiščna obstojnost	-	Zelo dobra	Zelo dobra	Zelo dobra	Dobra

Sorta v preizkušanju 102/44 je v primerih skladiščenja na hladnem in toplem v odprti in zaprti embalaži pokazala dobro skladiščno obstojnost. Zaskrbljujoče je dejstvo, da je v vseh variantah skladiščenja bil padec alfa-kislin približno 25 %. Vrednost indeksa staranja je bila v obeh hladnih variantah zelo nizka (praktično je ostala na izhodiščnih vrednostih). V varianti hranjenja na toplem v odprti embalaži je sorta v preizkušanju pokazala prav tako dobro skladiščno obstojnost, s 25 % padcem alfa-kislin ter indeksom staranja 0,49. Pri tem križancu podatki kažejo na velike izgube eteričnega olja v staranih vzorcih, ki je še posebej izrazita v primeru skladiščenja pri temperaturah okolja (več kot 50 %). Vrednost HSI je kljub temu še vedno v pričakovanem območju, ki pa pri nekaterih pivovarjih že lahko povzroča zaskrbljenost. Iz podatkov je mogoče sklepati, da skladiščenje tega križanca zahteva brezpogojno uporabo evakuirane embalaže in skladiščenje pri nizkih temperaturah.

**Preglednica 5:** Vsebnost alfa-kislin (KVH-TE), indeks staranja hmelja (HSI), količina in sestava eteričnega olja ter vlaga v vzorcih križanca hmelja 102/44 na začetku in koncu poskusa ocene skladiščne obstojnosti

**Table 5:** Alpha-acids content (LCV), hop storage index (HSI), content and composition of essential oil and moisture in breeding line 102/44 at the beginning and at the end of storage stability assessment experiment.

Sorta v preizkušanju 102/44					
Parameter	Začetek poskusa	Po 6 mesecih skladiščenja			
		4°C, zaprta embalaža	4°C, odprta embalaža	20°C, zaprta embalaža	20°C, odprta embalaža
Vlaga (%)	9,5	10,0	9,5	4,7	4,6
KVH-TE (suha snov) (%)	8,0	6,0	6,3	6,1	6,0
HSI	0,29	0,28	0,31	0,43	0,49
Količina olja (ml/100g)	1,20	1,07	1,12	0,65	0,52
Mircen (rel. %)	64,7	61,3	63,6	44,4	44,2
Linalol (rel. %)	0,8	0,9	0,9	1,4	1,3
$\beta$ -kariofilen (rel. %)	4,5	4,0	4,1	4,2	4,2
$\alpha$ -humulen (rel. %)	10,0	10,0	10,1	11,7	11,7
Farnezen (rel. %)	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3
ostanek $\alpha$ -kislin (%)	-	75,0	78,8	76,3	75,0
Skladiščna obstojnost	-	Dobra	Dobra	Dobra	Dobra

#### 4 ZAKLJUČKI

V poskusu staranja hmelja posameznih sort oz. sort v preizkušanju smo proučili vpliv zraka (oksidacije) in temperature skladiščenja na kakovost dišavnih sort hmelja. Vzorce sort Styrian Cardinal in Styrian Wolf ter sort v preizkušanju 102/44 in 105/220 smo hranili pri 20 in 4 °C, v vakimirani embalaži, brez možnosti dostopa kisika in v navadnih papirnatih vrečkah. Na ta način smo pridobili celovit vpogled v njihovo skladiščno obstojnost v odvisnosti od kombinacij obeh pomembnih parametrov; kisika, ki povzroča oksidacijo in temperature, ki povzroča termični razpad. Polletna doba staranja v teh poskusih je primerna, saj je to doba, ko se po standardu določi skladiščna obstojnost hmelja (Mykuška in Krofta, 2012).

Po ugotovitvah poskusa je za spremembe posameznih spojin eteričnega olja tekom staranja, ki dajejo pivu tipičen okus in vonj, zlasti pomembno preprečiti dostop kisika, in ne samo znižati temperaturo okolja. Sorti Styrian Cardinal, Styrian Wolf ter sorta v preizkušanju 105/220 so se glede na padec alfa-kislin in dvig HSI izkazale za primerljive v vseh poskusih skladiščenja, saj so imele zelo dobro skladiščno obstojnost pri obeh variantah z nizko temperaturo in dobro v varianti pri

20 °C in odprti embalaži, medtem ko se je sorta v preizkušanju 102/44 izkazala za manj skladiščno obstojno, z zgolj dobro skladiščno obstojnostjo v vseh variantah.

Z ozirom na dejstvo, da je dodana vrednost dišavnih sort hmelja ravno v količini in sestavi eteričnega olja, katerega količina se je pri vseh sortah v poskusu v razmerah sobne temperature in dostopnosti kisika znižal po 6 mesecih za več kot 50 %, je potrebno biti zelo pozoren na način skladiščenja, ki mora biti obvezno pri nizkih temperaturah in predvsem v nepredušno zaprti embalaži z evakuiranim zrakom.

**Zahvala.** Za finančno podporo se zahvaljujemo financerjema ciljnega raziskovalnega projekta V4 - 1412, Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS ter Agenciji za raziskovalno dejavnost RS.

## 5 LITERATURA

- Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.2, Moisture content of hops and hop products, Carl, Getränke Fachverlag. 1997.
- Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.4, Lead conductance value of hops, powders and pellets, Carl, Getränke Fachverlag. 2000.
- Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.10, Hop oil content of hops and hop products, Carl, Getränke Fachverlag. 2002.
- Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.12, Hop essential oils by capillary gas chromatography flame ionization detection, Carl, Getränke Fachverlag. 2006.
- Analytica-EBC/European Brewery Convention. Section 7 Hops, Method 7.13, Hop storage index of hops and hop pellets, Carl, Getränke Fachverlag. 2007.
- Foster A. The quality chain from hops to hop products. Proceedings of the Technical Commission IHGC of the 48<sup>th</sup> IHGC Congress. Canterbury. 2001.
- Garetz M. How to get and keep your hops optimum value. Brewing techniques, January/February 1994.
- Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists, 8<sup>th</sup> Edition, ASBC St. Paul, Minnesota, USA.
- Mikyška A., Krofta K. Assessment of changes in hop resins and polyphenols during long-term storage. Journal of the institute of brewing. 2012; 118 (3): 269 – 279.
- Nickers G.B., Menary R.C. Chemical evaluation of Hop Quality, Annual Report, Oregon State University, Agriculture Chemical Department. Corvallis. 1980.
- Srečec S., Rezič T., Šantek B., Marič V. Hop Pellets Type 90: Influence of manufacture and Storage on losses of Alpha-Acids. Acta Alimentaria. 2009; 38 (2): 141-147.
- Virant M., Majer D. Hop storage index – indicator of a brewing quality. Proceedings of the Technical Commission IHGC of the 49<sup>th</sup> IHGC Congress. Sofia, 2003.
- Zupanec J. The effect of process parameters during optimisation of drying and supercritical extraction on quality of hop extract. Doctoral thesis, University in Maribor, Technical Faculty Maribor. 1992.

## PRIDELEK HMELJA SORTE CELEIA GLEDE NA VREMENSKE RAZMERE DO KONCA JULIJA

Zalika ČREPINŠEK<sup>3</sup> in Barbara ČEH<sup>4</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific paper

Prispelo / received: 24. oktober 2016

Sprejeto / accepted: 22. november 2016

### Izveček

Na podlagi podatkov o količini padavin in temperatur v obdobju 1992-2015 ter višini pridelka sorte Celeia v teh letih smo izdelali regresijski model za napoved višine pridelka v tekočem letu že konec julija. V obdobju 1992-2015 je bila povprečna količina padavin od aprila do konca julija 522 mm (od 287 mm leta 1993 do 747 mm leta 2001), povprečna temperatura zraka 16,9 °C z variacijskim razponom 6 °C. Povprečni pridelek je bil 1783 kg/ha, variacijski razpon 1369 kg/ha. V letih 1997, 2008, 2011 in 2014, ko so bili pridelki sorte Celeia največji, so bile v juliju temperature povprečne ali nekoliko nižje od dolgoletnega povprečja, količina padavin nadpovprečna, vendar ne ekstremna. V letih z najnižjimi pridelki, 1992, 2001, 2002 in 1999, so bile v juliju temperature nekoliko višje od povprečja, padavin pa je bilo leta 1999 ekstremno veliko (233 mm), leta 1992 ekstremno malo (27 mm), nadpovprečno sušni sta bili tudi leti 2001 in 2009. Pridelek je bil najbolj pozitivno koreliran z julijskimi padavinami ( $r=0,53$ ) ter aprilskimi temperaturami ( $r=0,44$ ), najbolj negativno pa z aprilskimi padavinami ( $r=0,46$ ) in majskimi temperaturami ( $r=0,40$ ). Regresijski model, izdelan na osnovi podatkov 1992-2012, je bil validiran za leta 2013, 2014 in 2015, primerjava modeliranih in izmerjenih pridelkov pa je pokazala dobro ujemanje. Z izdelanim regresijskim modelom lahko pojasnimo 73 % spremenljivosti odvisne spremenljivke (pridelek sorte Celeia) z neodvisnima spremenljivkama (temperatura, padavine).

**Ključne besede:** pridelek, napoved pridelka, hmelj sorte Celeia, *Humulus lupulus*, temperatura, padavine, regresijski model

## YIELD OF HOP VARIETY CELEIA RELATED TO WEATHER CONDITIONS UNTILL THE END OF JULY

### Abstract

With data on precipitation and temperatures in the period 1992-2015 and the yield of hop variety Celeia during these years, we developed a regression model to predict the yield in the current year at the end of July for this variety. In the period 1992-2015, the average precipitation from April to July was 522 mm (from 287 mm in 1993 to 747 mm in 2001).

<sup>3</sup>Doc. dr., Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

<sup>4</sup>Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

The average temperature was 16.9°C, variation range 6°C, the average yield 1783 kg/ha, variation range 1369 kg/ha. In the years 1997, 2008, 2011 and 2014, when the yield of variety Celeia was the highest, temperatures in July were average or slightly lower than the long-term average, while precipitation was above average, but not extreme. In the years with the lowest yields, 1992, 2001, 2002 and 1999, temperatures in July were slightly higher than average, while precipitation in 1999 was extremely high (233 mm), in 1992 extremely low (27 mm), above average dry were also years 2001 and 2009. Yield was the most positively correlated with the July precipitation ( $r = 0.53$ ) and the April temperatures ( $r = 0.44$ ), while the most negative with the April precipitation ( $r = 0.46$ ) and the May temperatures ( $r = 0.40$ ). Regression model, developed on the base of data for 1992-2012, was validated for years 2013, 2014 and 2015, and the prediction was found to be good. With the elaborated regression model, we can explain 73 % of the variability in the dependent variable (yield of the variety Celeia) with independent variables (temperature, precipitation).

**Key words:** yield, yield forecast, hop variety Celeia, *Humulus lupulus*, temperature, precipitation, regression model

## 1 UVOD

Na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) vsako leto konec julija izdamo napoved pridelka za sorte hmelja, ki pokrivajo največji delež površin ter so tržno najbolj zanimive. Ta napoved je sicer precej okvirna, saj se lahko v zadnjem mesecu pred obiranjem stanje zelo obrne, vendarle pa vseeno koristna in zaželena. Napoved pridelka lahko naredimo po metodi štetja cvetov ali z regresijskimi enačbami, ki upoštevajo vremenske razmere do konca julija v tekočem letu. Slednji sta izdelani za sorti Aurora in Savinjski golding (Hacin, 1989).

Vremenske razmere poleg genotipa, tehnologije pridelave in lastnosti tal močno vplivajo na velikost pridelka (Zmrzlak in Čeh, 2012). Temperatura je zelo pomemben ekološki dejavnik, od katerega je odvisna dinamika rasti in razvoja rastlin. Vegetacijski razvoj se pri hmelju začne spomladi, ko je povprečna dnevna temperatura zraka več dni zaporedoma višja od 4 do 5 °C. Če so povprečne dnevne temperature v aprilu nižje od 7 °C in v maju nižje od 11 °C, ima to neugoden vpliv na razvoj in s tem pridelek hmelja. Visoke temperature in nezadostna talna vlaga na začetku spomladanske rasti lahko pospešijo generativni razvoj še pred zaključkom vegetativne rasti. V času cvetenja in tvorbe storžkov pomanjkanje padavin in visoke temperature negativno vplivajo na pridelek (Hacin, 1989; Kišgeci in sod., 1984; Zmrzlak, 1991; Rode in sod., 2002). Do zmanjšanja pridelka lahko pride tudi zaradi prevelikega nihanja temperature med dnevom in nočjo v času cvetenja (Wagner, 1975). Hmelj potrebuje od rezi do nastopa tehnološke zrelosti vsoto učinkovitih temperatur od 2700 do 2900 °C (Hacin, 1989; Rode in sod., 2002).

Za slovenske rastne razmere je Hacin (1989) z analizo za obdobje 1972-1983 ugotovil, da kot najpomembnejši dejavnik za pridelek zgodnjih sort hmelja izstopa

povprečna količina padavin v obdobju od druge dekade junija do tretje dekade julija. To je pomemben čas v razvoju sort Aurora in Savinjski golding, saj takrat poteka razvoj socvetij in diferenciacija lupulinskih žlez v socvetju. Rastline so najbolj občutljive na količino vode v času, ko se formirajo generativni organi. Če je v tem času premalo vode, se slabo razvijajo in dajo slab pridelek (Penzar in Penzar, 1985). Ta informacija je pomembna tudi za odločanje glede namakanja hmelja – to je obdobje, ko vlage hmelju ne bi smelo primanjkovati. Izdatnejše padavine v juliju imajo pozitiven vpliv na pridelek zaradi napolnitev zalog talne vode, ki omogočajo normalen razvoj storžkov in že zasnovanih lupulinskih žlez, četudi je kasneje suša (Hacin, 1989) oziroma ne namakamo. Kot navaja isti avtor, v evropskih klimatskih razmerah običajno predstavljajo omejitveni dejavnik za pridelek hmelja padavine, v angleških pa temperature, saj je padavin v Angliji spomladi in poleti običajno za rast in razvoj hmelja dovolj, temperature poleti pa so dosti nižje kot na primer v Sloveniji. Hacin (1989) sicer ugotavlja, da so vremenske razmere v Nemčiji in Sloveniji podobne, a razmere so se v zadnjem obdobju spremenile. Kot ugotavljajo Abram in sod. (2015), ki so primerjali vremenske razmere v rastni sezoni v štirih največjih pridelovalkah hmelja v Evropi (Slovenija, Nemčija, Češka in Avstrija) v letih 2008 do 2010, je količina padavin in tudi razporeditev padavin med njimi zelo različna, najbolj medsebojno podobne padavinske razmere imata Slovenija in Avstrija, temperature pa so bile najvišje v skoraj vseh dekadah v vseh treh letih v Sloveniji. Nemčija in Češka imata najbolj podobne temperaturne razmere.

Rode in sod. (2002) navajajo, da je ocenjena potrebna količina padavin, ki jo hmelj potrebuje v rastni dobi, od 500 do 600 mm. Navajajo, da je na območju Spodnje Savinjske doline, kjer je okrog 75 % slovenske pridelave hmelja, največ padavin, 142 mm, v mesecu juniju, najmanj, 88 mm, pa jih je v aprilu. Sicer je za velikost pridelka pomembna vsota padavin v rastni dobi, prav tako pa je pomembna tudi njihova razporeditev (Mozny in sod., 2009; Rode in sod., 2002). Daljše spomladansko deževno obdobje, ki ga običajno spremljajo nizke temperature, upočasnjuje rast hmelja. Cvetni nastavki nastajajo dokaj pozno in razvoj cvetov je zamaknjen v daljše dneve. Razvije se večje število socvetij, kar ima pozitiven vpliv na pridelek. Visoke temperature v istem obdobju vplivajo na pospešeno rast in razvoj hmelja, kar pa ima negativen vpliv na pridelek. Kasnejše julijske padavine vplivajo na velikost in maso socvetij oz. storžkov in ne na njihovo število (Hacin, 1989).

V raziskavi smo želeli na podlagi podatkov o količini padavin in temperaturah v časovnem obdobju 1992-2015 ter podatkov o višini pridelka sorte Celeia, ki je v letu 2016 zavzemala že 39 % slovenskih hmeljišč in s tem prvo mesto po zastopanosti, na osnovi korelacijskih koeficientov med višino pridelka ter temperaturami in padavinami izdelati regresijski model, s katerim bi napovedali višino pridelka tekočega leta že konec julija. Obenem smo preučili vremenske razmere v letih, ko je bil pridelek sorte Celeia največji in najmanjši.

## **2 MATERIAL IN METODE DE LA**

### **2.1 Sorta hmelja Celeia**

Slovenska triploidna sorta Celeia je križanec med Savinjskim goldingom in slovenskim moškim hmeljem (večkratnim križancem 105/58). Sorta je pozna, optimalno zrela od 6. do 12. septembra. Povprečen pridelek sorte Celeia je 1700 kg/ha, aroma je fina hmeljna, grenčica prijetna in harmonična, vsebuje 1,5 ml/100 g eteričnih olj, vsebnost alfa-kislin je okoli 6 %, razmerje med alfa- in beta-kislinami je okoli 1,1, med količino eteričnih olj in alfa-kislinami okoli 0,2. Pivo, varjeno s sorto Celeia, ima zelo dobre organoleptične ocene za grenčico, aromo in okus (The legend ..., 2016; Šuštar-Vozlič in sod., 2002).

### **2.2 Podatki o vremenskih razmerah in višini pridelka**

Podatke o višini pridelka za obdobje 1992-2015 smo pridobili iz arhiva IHPS. Pridelki so povprečja hmeljišč na širši lokaciji Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo v Žalcu. Vremenske razmere smo analizirali za obdobje od 1. aprila do 31. julija za vsako posamezno leto, upoštevali smo povprečne dekadne temperature zraka in vsoto padavin po dekadah za lokacijo Žalec (meteorološka postaja se nahaja na IHPS v Žalcu).

### **2.3 Metode dela**

Za analizo vpliva vremenskih razmer na pridelek hmelja smo za temperature in padavine izračunali osnovne deskriptivne statistike (povprečno vrednost, minimum, maksimum in variacijski razpon, ki je razlika med maksimumom in minimumom). Povezanost med temperaturnimi in padavinskimi razmerami po posameznih dekadah ter višino pridelka smo ugotavljali s korelacijsko analizo. V korelacijsko analizo smo vključili dekadne vrednosti spremenljivk za celotno obdobje 1992-2015 ter povprečja dveh in treh zaporednih dekad, za obe spremenljivki smo vključili po 12 dekadnih vrednosti (24 spremenljivk), 11 povprečij dveh zaporednih dekad (22 spremenljivk) in 7 povprečij treh zaporednih dekad (14 spremenljivk), skupaj torej 60 spremenljivk. Statistično značilnost korelacij smo testirali s Studentovim 't-testom'. Za izdelavo modela smo nadalje uporabili samo spremenljivke z najvišjimi statistično značilnimi korelacijami, spremenljivke pa smo vključevali v model s postopno (stepwise) regresijo. Z metodo multiple regresije smo izdelali aditivni model za napoved pridelka (odvisna spremenljivka) v odvisnosti od temperatur in padavin za posamezna obdobja (neodvisne spremenljivke) za obdobje 1992-2012. Za validacijo modela smo uporabili podatke o temperaturah in padavinah za leta 2013, 2014 in 2015, ki smo jih vnesli v izdelan regresijski model. Napovedane pridelke za ta leta smo

primerjali z izmerjenimi pridelki. Uporabili smo statistična programa Microsoft Exce in 'R program' (R Core Team).

### **3 REZULTATI Z RAZPRAVO**

#### **3.1 Vremenske razmere**

Za obdobje 1992-2015 je povprečna količina padavin v mesecih od aprila do julija znašala 522 mm, spremenljivost med leti pa je bila zelo velika (preglednica 1, slika 1). Tako je bilo v najbolj sušnem obdobju april-julij 1993 samo 287 mm padavin, v najbolj namočenem letu 2001 pa kar 747 mm. Med obravnavanimi meseci je bilo v povprečju največ padavin v maju (195 mm), sledita junij (126 mm) in julij (120 mm). Povprečje aprilskih padavin je bistveno manjše, samo 81 mm. Bolj kot povprečne vrednosti pa so seveda pomembne količine v posameznih letih oziroma mesecih, ki se lahko bistveno razlikujejo od srednjih vrednosti. Mesec maj je glede padavin od obravnavanih štirih mesecev najbolj spremenljiv, variacijski razpon količine padavin znaša 294 mm. Na učinkovitost izrabe padavin sicer vplivata tudi intenziteta in razporeditev števila deževnih dni, saj ob močnih nalivih lahko velik del padavin odteče zaradi površinskega odtoka.

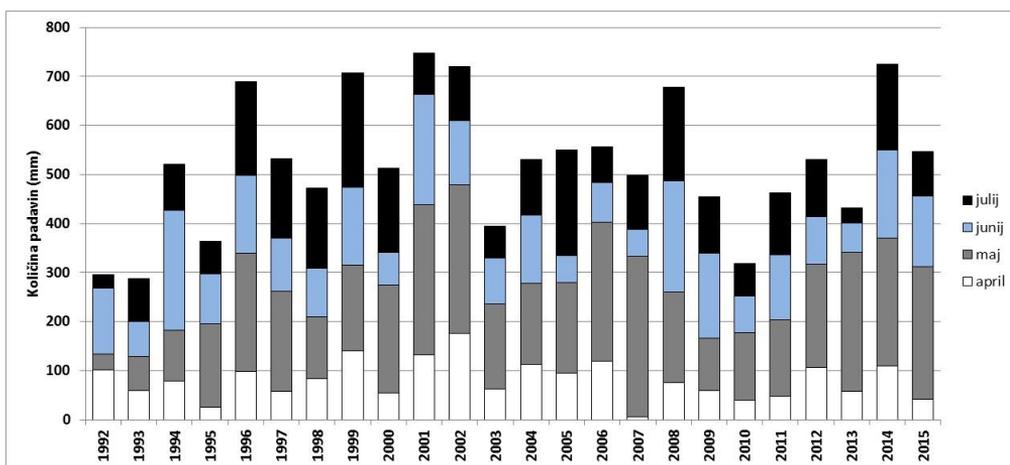
Povprečna temperatura zraka april-julij v obdobju 1992-2015 je znašala 16,9 °C, povprečne temperature posameznih mesecev pa za april 11,2 °C, maj 16,1 °C, junij 19,6 °C in julij 20,9 °C (preglednica 1). Tako kot pri padavinskih razmerah je tudi medletna temperaturna spremenljivost velika. Če pogledamo vremenske razmere za mesece od aprila do julija za obdobje 1992-2015, je bilo najtopleje leta 2000 s temperaturo 18,1 °C. V tem letu je bil rekordno topel april, ko je bila dosežena temperatura 14,0 °C. V istem letu sta bila zelo topla tudi meseca maj in junij. Sledijo leta 2002, 2003 in 2007, v katerih je bila povprečna temperatura april-julij enaka, 17,9 °C. V letih 2002 in 2003 sta bila ekstremno topla meseca maj in junij. Najhladnejše obdobje april-julij je bilo leta 1993, ko je bila povprečna temperatura 14,6 °C, na kar sta vplivala najhladnejši junij (16,9 °C) in julij (15,6 °C) v obravnavanem obdobju 1992-2015. Zelo hladen v tem letu je bil tudi april. Najtoplejši mesec je bil po pričakovanju julij s povprečno temperaturo 20,9 °C in maksimalno povprečno temperaturo 23,5 °C (leta 2015), najhladnejši pa april s povprečno temperaturo 11,2 °C in minimalno povprečno temperaturo 8,4 °C (leta 1997). Izmed štirih obravnavanih mesecev ima največjo temperaturno spremenljivost julij, kar 7,9 °C, najmanjšo pa maj, 4,3 °C (slika 2).

**Preglednica 1:** Povprečne mesečne temperature zraka in količine padavin od aprila do julija ter povprečje za obdobje april do julij 1992-2015, IHPS Žalec (Arhiv IHPS, 2016)

**Table 1:** Average monthly air temperatures and monthly precipitation from April to July and average air temperature from April to July 1992-2015 (Archive IHPS, 2016).

	Količina padavin (mm)					Temperatura zraka (°C)				
	apr	maj	jun	jul	apr-jul	apr	maj	jun	jul	apr-jul
Povprečje	81	195	126	120	522	11,2	16,1	19,6	20,9	16,9
Minimum	6	33	55	27	287	8,4	13,7	16,9	15,6	14,6
Maks.	176	327	245	233	747	14,0	18,0	22,7	23,5	18,1
sd*	39,7	78,1	55,7	56,6	136,6	1,3	1,1	1,3	1,6	0,8
VR**	170	294	190	206	26,2	5,6	4,3	5,8	7,9	3,5

\* sd-standardni odklon, \*\* VR-variacijski razpon

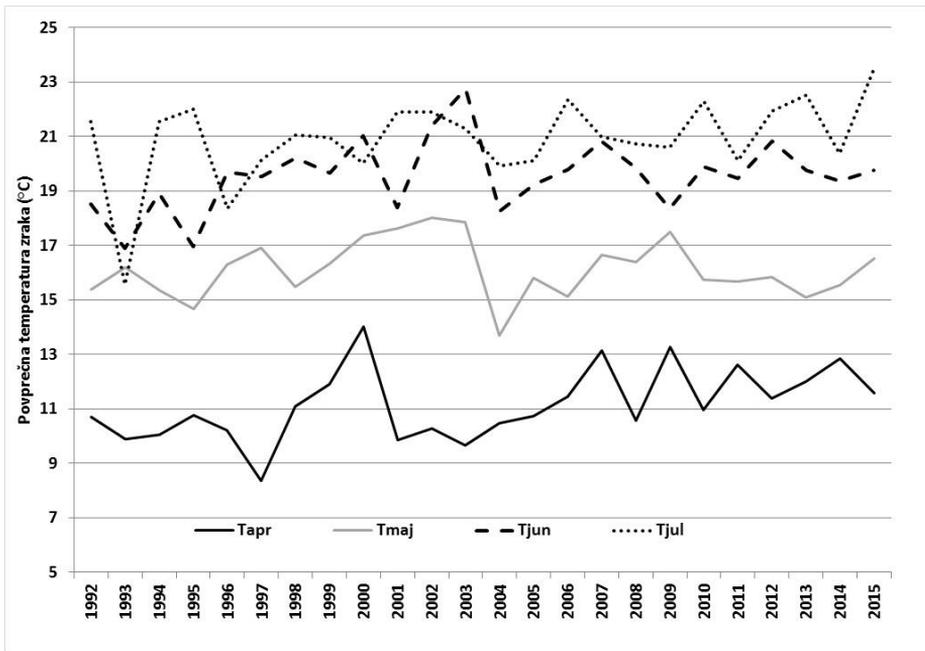


**Slika 1:** Mesečne količine padavin ter vsota padavin za obdobje april do julij 1992-2015 (Arhiv IHPS, 2016)

**Figure 1:** Monthly precipitation and sum of precipitation from April to July 1992-2015 (Archive IHPS, 2016).

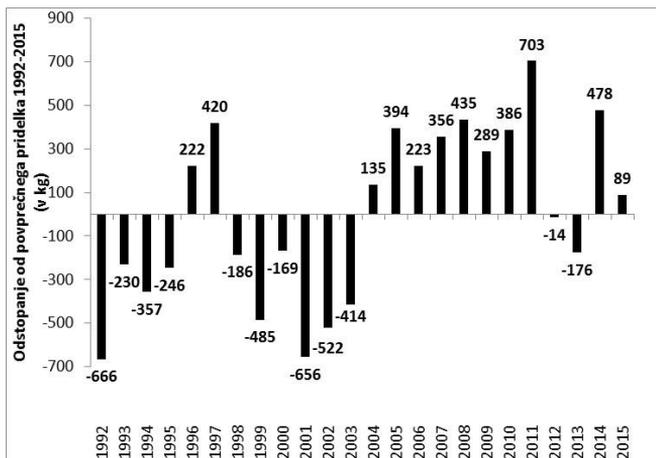
### 3.2 Pridelek hmelja sorte Celeia

Povprečni pridelek hmelja sorte Celeia je bil v preučevanem obdobju 1783 kg/ha, variacijski razpon 1369 kg/ha, odstopanja od povprečnega pridelka pa so prikazana na sliki 3.



*Slika 2: Povprečne mesečne temperature zraka od aprila do julija 1992-2015 (IHPS, Žalec)*

**Figure 2: Average monthly air temperature from April to July 1992-2015 (IHPS, Žalec).**



*Slika 3: Odstopanja od povprečnega (1783 kg/ha) pridelka sorte Celeia v letih 1992-2015*

**Figure 3: Deviations from average (1783 kg/ha) Celeia yields for period 1992-2015.**

Najmanjši pridelki so bili doseženi v letih 1992 (1117 kg/ha), 2001 (1127 kg/ha), 2002 (1261 kg/ha) in 1999 (1298 kg/ha). Temperature v teh letih niso bistveno odstopale od povprečja, pač pa so bila vsa štiri leta ekstremna, kar se tiče padavin. Leto 1992 je bilo izjemno sušno, količina padavin je bila za 290 mm pod dolgoletnim povprečjem, izrazito suha sta bila maj in julij. Ostala tri leta z najslabšimi pridelki so vsa izrazito mokra leta z več kot 700 mm padavin v obdobju april-julij, v letih 2001 in 2002 je majska količina padavin preseгла 300 mm, precej mokri so bili vsi štirje meseci.

Največji pridelek, 2486 kg/ha, je bil leta 2011, sledijo pridelki v letih 2014 (2261 kg/ha), 2008 (2218 kg/ha) in 1997 (2203 kg/ha). Temperaturno gledano je bilo nekoliko (za 0,7 °C) hladnejše od povprečja leto 1997, ostala tri leta pa so imela odstopanje za manj kot 0,2 °C. Leti 2011 in 1997 sta imeli količino padavin povprečno, v letih 2008 in 2014 pa je bilo padavin nadpovprečno veliko (150 oz. 200 mm več), vendar pa so bile zelo enakomerno razporejene med posameznimi meseci, tako da ni bilo ekstremno mokrih mesecev.

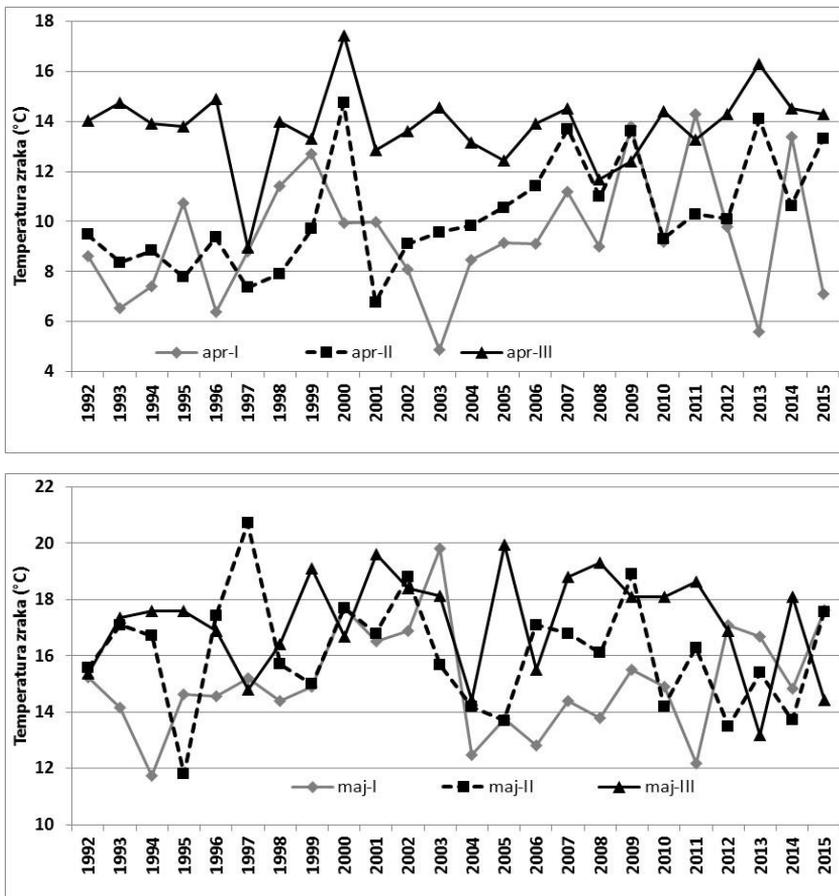
Wagner (1975, cit. po Hacin, 1989) deli leta glede na pridelek hmelja v rodovitna in nerodovitna, pri čemer navaja, da je povprečna mesečna temperatura od aprila do avgusta v rodovitnih letih 15,6 °C, v nerodovitnih pa 16,5 °C. Temperature so se v zadnjem obdobju povečale, obstaja njihov pozitiven trend, zato so tudi številke drugačne; v letih z največjimi pridelki v našem preučevanem obdobju so te temperature 17,9 °C, 17,5 °C, 17,5 °C in 17,0 °C, v letih z najnižjimi pridelki pa 17,9 °C, 18,0 °C, 18,5 °C in 17,8 °C.

Če poteka razvoj socvetij in diferenciacija lupulinskih žlez v socvetju pri zgodnjih sortah, kot navaja Hacin (1989), v obdobju od druge deкаде junija do tretje deкаде julija, je ta čas pri pozni sorti Celeia premaknjen naprej za dober teden. V letih 1997, 2008, 2011 in 2014, ko so bili pridelki sorte Celeia največji, so bile v juliju temperature povprečne ali celo nekoliko nižje od dolgoletnega povprečja, količina padavin pa v vseh letih nadpovprečna, vendar ne ekstremna. V letih z najnižjimi pridelki, 1992, 2001, 2002 in 1999, so bile v juliju temperature nekoliko višje od povprečja, padavin pa je bilo v letu 1999 ekstremno veliko (233 mm), v letu 1992 ekstremno malo (27 mm), prav tako pa sta bili nadpovprečno sušni leti 2001 in 2009.

### **3.3 Korelacija pridelka s temperaturami in padavinami od aprila do konca julija**

S korelacijsko analizo smo ugotavljali povezanost pridelka s temperaturami in padavinami (dekadne vrednosti, povprečja dveh in treh zaporednih dekad). Pozitiven predznak korelacijskega koeficienta ( $r$ ) pomeni, da se pri povečanju temperature ali padavin poveča tudi pridelek, sprememba je torej istosmerna.

Negativen predznak za  $r$  pa pomeni, da se ob npr. povečanju temperature ali padavin pridelek zmanjša, sprememba ima nasprotno smer. Analiza je pokazala, da je pridelek hmelja sorte Celeia najbolj pozitivno koreliran z julijskimi padavinami ( $r=0,53$ ) ter aprilskimi temperaturami ( $r=0,44$ ), najbolj negativno pa z aprilskimi padavinami ( $r=0,46$ ) in majskimi temperaturami ( $r=0,40$ ). Zelo pomembne so torej vremenske razmere v začetnih fazah rasti in razvoja, višje temperature v aprilu in manjše količine padavin v tem mesecu ugodno vplivajo na pridelek. Med zaporednimi dekadami so lahko temperaturna nihanja zelo velika (slika 4), pri čemer so v posameznih letih značilne ohlavitve, npr. v letu 1997 je bila tretja dekada v maju hladnejša od prve dekade, kar je nasprotno od dolgoletnega povprečja.



**Slika 4:** Dekadne aprilске in majske temperature zraka, I-prva, II-druga, III-tretja dekada

**Figure 4:** Decadal April and May air temperatures, I-first, II-second, III-third decade.

Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v drugih raziskavah. Tako so npr. Kišgeci in sod. (1984) ugotovili, da povprečne dnevne temperature aprila, ki so nižje od 7 °C, neugodno vplivajo na razvoj hmelja. Navadno pa je pojav nizkih temperatur v aprilu povezan tudi z daljšim deževnim obdobjem. Korelacija med majskimi temperaturami in pridelkom je negativna, kar pomeni, da visoke temperature v tem mesecu negativno vplivajo na velikost pridelka. Če je v maju rastlinam hmelja na voljo zelo veliko toplote, pomeni, da bodo prehitro prešle iz vegetativne v generativno fazo, kar se odraža na številu cvetov. Če se prične razvoj cvetov prezgodaj, to je v času, ko je dolžina dneva še prekratka, se tvori manjše število socvetij, kar ima negativen vpliv na pridelok. Rastline hmelja so najbolj občutljive na količino vode v času, ko se formirajo generativni organi, vendar v klimatskih razmerah Savinjske doline pomanjkanje padavin v začetnih mesecih rasti hmelja ni pogosto, je kvečjemu izjemen pojav. Pač pa kasnejše julijske padavine vplivajo na velikost in maso storžkov, zato ne preseneča velik pozitiven korelacijski koeficient med julijskimi padavinami in pridelkom, ki ga je v svoji raziskavi potrdil tudi Hacin (1989).

### **3.4 Regresijski model za napoved velikosti pridelka sorte Celeia konec julija**

Z regresijsko analizo smo na podatkih za obdobje 1992-2012 izdelali model za napoved pridelka hmelja sorte Celeia že konec julija. Koeficient determinacije  $R^2$  znaša 0,73, multipli korelacijski koeficienti so značilni. Z izdelanim modelom lahko pojasnimo 73 % spremenljivosti odvisne spremenljivke (pridelok) z neodvisnima spremenljivkama (temperatura, padavine). V model je vključenih 8 spremenljivk (preglednica 2): aprilaska temperatura za povprečje 1. in 2. dekade ( $T_{apr1-2}$ ), majska temperatura za 1. dekada ( $T_{maj1}$ ), julijska temperatura za povprečje 1. in 2. dekade ( $T_{jul1-2}$ ), aprilске padavine za 1. ( $P_{apr1}$ ) in 2. dekada ( $P_{apr2}$ ) ter julijske padavine za 1. ( $P_{jul1}$ ), 2. ( $P_{jul2}$ ) in 3. dekada ( $P_{jul3}$ ). Poleg pojasnjene variabilnosti pridelka ostaja del nepojasnjene variabilnosti, saj obstajajo poleg vključenih vremenskih dejavnikov še številni ostali parametri, ki jih v modelu nismo upoštevali, npr. namakanje, bolezni hmelja, škodljivci, pleveli, založenost tal s hranili, obdelava tal, sončno obsevanje. Pri vključitvi padavin in temperatur v model tudi nismo upoštevali ekstremov, npr. močnih nalivov, ko del padavin odteče po površini in se ne vpije v tla, ali pa ekstremno visokih/nizkih temperatur, ki jih povprečne vrednosti izgledajo, dejansko pa lahko na pridelok hmelja vplivajo negativno. Prav tako lahko do nižjega pridelka pride zaradi prevelikega nihanja dnevnih in nočnih temperatur v času cvetenja (Wagner, 1975) ali pa visoke talne vode (Marovt, 2007).

**Preglednica 2: Regresijski koeficienti modela za napoved pridelka sorte Celeia**  
**Table 2: Regression coefficients of cv. Celeia yield model**

Spremenljivka	Regresijski koeficient
a (prosti člen)	1987,4**
T <sub>apr1-2</sub>	9,8**
T <sub>maj1</sub>	-65,8*
T <sub>jul1-2</sub>	18,0*
P <sub>apr1</sub>	-9,9*
P <sub>apr2</sub>	-0,4**
P <sub>jul1</sub>	2,0'
P <sub>jul2</sub>	3,3*
P <sub>jul3</sub>	10,0*

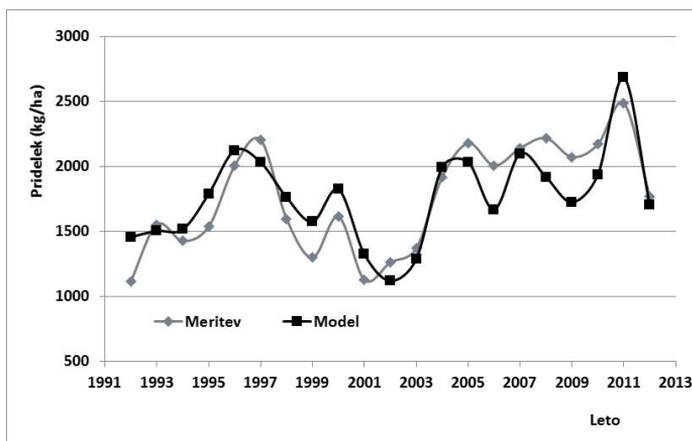
Stopnja značilnosti: \*\* - 0,01; \* - 0,05; ' - 0,10

Enačba je torej:

$$Y = 1987,4 + 9,8T_{\text{apr1-2}} - 65,8T_{\text{maj1}} + 18,0T_{\text{jul1-2}} - 9,9P_{\text{apr1}} - 0,4P_{\text{apr2}} + 2,0P_{\text{jul1}} + 3,3P_{\text{jul2}} + 10,0P_{\text{jul3}}$$

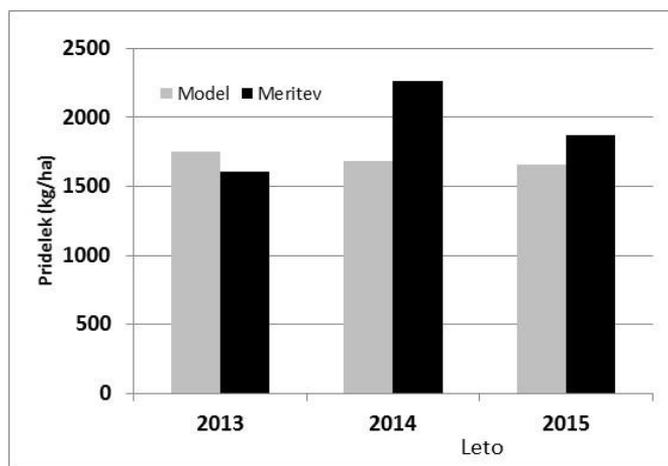
( $r=0,855$ ;  $R^2=0,732$ )

Na sliki 5 so prikazani dejanski (izmerjeni) in z regresijskim modelom napovedani pridelki za obdobje 1992-2012. V 10 letih model daje višje, v 11 pa nižje pridelke od izmerjenih. Razlika med dejanskimi in z modelom napovedanimi vrednostmi je za 12 let manjša od 10 %, za ostala leta manjša od 20 %, z izjemo leta 1992, ko je model napovedal 30 % višji pridelok od dejansko izmerjenega. V tem letu je bil pridelok ekstremno nizek, nanj pa je poleg visokih poletnih temperatur in hude suše lahko vplival tudi kakšen drug dejavnik, ki ga v modelu nismo upoštevali (bolezni, škodljivci).



**Slika 5: Dejanski in z regresijskim modelom napovedani pridelki za obdobje 1992-2012**  
**Figure 5: Measured and with regression model predicted yields for the period 1992-2012.**

Regressijski model za napoved pridelka hmelja, izdelan na podatkih za obdobje 1992-2012, smo validirali na podatkih o temperaturi in padavinah za leta 2013, 2014 in 2015. Dejansko izmerjeni in modelirani pridelki so prikazani na sliki 6. Odstopanje modela je za leta 2013 in 2015 manj kot 10 %, za leto 2014, ko je bil dejanski pridelek nadpovprečno visok, pa je model napovedal za okrog 25 % prenizek pridelek. V tem letu je bil mesec april izrazito moker, korelacija med pridelkom in aprilskimi padavinami pa je zelo visoka, s čimer lahko pojasnimo veliko odstopanje modela za to leto.



*Slika 6: Dejanski in z regresijskim modelom napovedani pridelki za obdobje 2013-2015*

**Figure 6:** Measured and with regression model predicted yields for the period 2013-2015.

#### 4 ZAKLJUČEK

Na osnovi izdelanega modela lahko trdimo, da na velikost pridelka hmelja sorte Celeia močno vplivajo temperature v mesecu aprilu in maju ter padavine v aprilu in juliju. Z modelom lahko pojasnimo 73 % variabilnosti pridelka, napoved pridelka pa je možna ob koncu julija. Model bi lahko izboljšali z vključitvijo dodatnih spremenljivk, ki bi vključevale parametre rastline in tal ter namakanje.

#### 5 LITERATURA

- Abram, V., Čeh, B., Vidmar, M., Hercezi, M., Lazić, N., Bucik, V., Smole Možina, S., Košir, I. J., Kač, M., Demšar, L., Poklar Ulrih, N. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial crops and products*. 2015; 64: 124-134
- Arhiv Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). Izpis iz baze vremenskih podatkov in podatkov o višini pridelka za sorto Celeia. 2016.
- Hacin, J. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju (*Humulus lupulus* L.). Magistrsko delo, Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja. 1989; 112 s.
- Kišgeci, J., Mijavec, A., Ačimović, M., Spevak, P., Vučić, N. Hmeljarstvo. Novi Sad, Poljoprivredni fakultet in Inštitut za ratarstvo in povrtarstvo. 1984; 374 s.

- Marovt M. Vpliv gostote in razporeditve rastlin na rast, razvoj in kakovost hmelja (*Humulus lupulus* L.) kultivarja 279D112. Dipl. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. 2007; 41 s.
- Mozny, M., Tolasz, R., Nekovar, J., Sparks, T., Trnka, M., Zalud, Z. The impact of climate change on yield and quality of Saaz hops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2009; 149: 913-919.
- Penzar, I., Penzar, B. *Agroklimatologija*. Zagreb, Školska knjiga. 1985; 274 s.
- Rode, J., Zmrzlak, M., Kovačević, M. Hmeljna rastlina. V : Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ur). Žalec, IHPS. 2002; 21-30.
- Šuštar-Vozlič, J., Čerenak, A., Ferant, N. Žlahtnjenje hmelja in hmeljni kultivarji. V: Priročnik za hmeljarje. Majer, D. (ur). Žalec, IHPS. 2002; 31-45.
- The legend of the noble aroma. Styrian Golding, Celeia, katalog sort, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2016.
- Wagner, T. Vpliv temperature in vlage na pridelek hmelja v Sloveniji. *Hmeljarski bilten*. 1975; 3: 81-88.
- Zmrzlak, M. Dinamika fenološkega razvoja hmelja (cv. Savinjski golding, Aurora) v odvisnosti od temperature zraka v Spodnji Savinjski dolini. Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani. 1991; 78 s.
- Zmrzlak, M., Čeh, B. Agroekološke razmere za pridelavo hmelja. V: Hmelj od sadike do storžkov. Čeh B. (ur). Žalec, IHPS. 2012; 38-39.

## OPTIMIZACIJA DOLOČANJA HMELJEVEGA LATENTNEGA VIROIDA (HLVd) Z UPORABO RT-PCR V REALNEM ČASU

Tanja GUČEK<sup>5</sup>, Nataša ŠTAJNER<sup>6</sup>, Jernej JAKŠE<sup>7</sup>, Branka JAVORNIK<sup>8</sup> in Sebastjan RADIŠEK<sup>9</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific paper

Prispelo / received: 28. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 22. 11. 2016

### Izvleček

Hmeljev latentni viroid (HLVd) na večini sort hmelja ne povzroča izrazitih bolezenskih znamenj, vendar pa negativno vpliva tako na količino kot tudi kvaliteto pridelka. Prav zaradi povzročanja neizrazitih znamenj okužbe in širjenja z vegetativnim razmnoževanjem je prisoten v večini svetovnih pridelovalnih območji hmelja. V primeru viroidnih boleznih uporaba fitofarmaceutskih sredstev ni mogoča, zato preprečevanje širjenja bolezni temelji na sanitarnih ukrepih in vzgoji neokuženega sadilnega materiala. Pri tem so ključnega pomena zanesljive in hitre metode za določanje viroidov. Za določevanje HLVd v hmelju so v uporabi poliakrilamidna gelska elektroforeza (PAGE) in hibridizacija, najpogosteje pa verižna reakcija s polimerazo s predhodno reverzno transkripcijo (RT-PCR). Z namenom nadgradnje obstoječih metod določanja HLVd smo razvili metodo RT-PCR v realnem času (RT-qPCR), ki jo odlikuje visoka stopnja občutljivosti, hitrost, analitiko prijaznejše rokovanje in možnost nadgradnje za hkratno določanje tudi ostalih patogenov, ki jih določamo pri hmelju.

**Ključne besede:** hmelj, RT-PCR v realnem času, viroid, HLVd

## OPTIMIZATION OF DETECTION OF HOP LATENT VIROID (HLVd) WITH REAL TIME RT-PCR

### Abstract

Hop latent viroid (HLVd) in most hop varieties does not produce visible symptoms; however, it has a negative impact on both the quantity and quality of the crop. The unexpressed symptoms of the infection and its spreading by vegetative propagation are the reason, that it has been present in the majority of hop production regions. In the case of viroid diseases, the use of plant protection products is not possible, so the prevention of

---

<sup>5</sup> Univ. dipl. biokem., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-naslov: tanja.gucek@ihps.si

<sup>6</sup> Prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-naslov: natasa.stajner@bf.uni-lj.si

<sup>7</sup> Prof. dr., prav tam, e-naslov: jernej.jakse@bf.uni-lj.si

<sup>8</sup> Prof. dr., prav tam, e-naslov: branka.javornik@bf.uni-lj.si

<sup>9</sup> Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec, e-naslov: sebastjan.radisek@ihps.si

spread of the disease is based on sanitary measures and production of healthy planting material. In this case, reliable and rapid method for detection of viroids, are crucial. For identification of HLVd in hops different methods such are polyacrylamide electrophoresis (PAGE) and hybridization are used, but the most commonly used is reverse transcription combined with polymerase chain reaction (RT-PCR). In order to upgrade the existing methods for HLVd detection, we have developed real time RT-PCR (RT-qPCR), which is distinguished by a high degree of sensitivity, speed, analyst-friendly handling and the possibility of upgrading to multiplex detection of other pathogens that are also detected in hop.

**Key words:** hop, Real-time RT-PCR, viroid, HLVd

## 1 UVOD

Viroidi so najenostavnejši rastlinski patogeni, ki so sestavljeni iz krožne RNA molekule velikosti od 246-401 nukleotidov in so sposobni samostojnega podvojevanja (Flores, 2001; Hammond in Owens, 2006). Kljub enostavni strukturi lahko povzročajo zelo hude bolezni, pri katerih mehanizem delovanja viroidov in z njimi povezana patogeneza še vedno ni docela poznana, obstajajo samo hipoteze o biologiji interakcij med rastlinami in viroidi (Guček in sod., 2014). Viroidi imajo relativno širok spekter gostiteljev, med katerimi so številne gospodarsko pomembne kmetijske rastline, okrasne rastline in celo nekatere drevesne vrste. Gostiteljsko so omejeni na eno ali več rastlinskih vrst, na katerih pa lahko okužba posameznega viroida povzroča različne bolezenske znake (Hadidi in sod., 2003; Flores, 2001). Ti so najpogosteje vidni kot zaostajanje v rasti, nekroze in deformacije listov, stebila in plodov, zamik cvetenja, v najhujših primerih pa rastline tudi odmrejo (Hadidi in sod., 2003; Hammond in Owens, 2006; Kovalskaya in Hammond, 2014). Na izražanje simptomov lahko vpliva izolat viroida, gostitelj, razvojna faza rastline, okolje in kombinacija več hkrati prisotnih viroidov v gostitelju. Pri viroidnih boleznih so hkratne okužbe z več viroidi namreč zelo pogoste, značilne pa so predvsem za agrume in vinsko trto (Kovalskaya in Hammond, 2014; Narayanasamy, 2008). Izjema ni niti hmelj, ki ga lahko okužijo hmeljev latentni viroid (HLVd), viroid zakrnelosti hmelja (HSVd), viroid razpokanosti skorje agrumov (CBCVd) in apple fruit crinkle viroid (AFCVd) (Pethybridge in sod., 2008; Jakše in sod., 2015). HLVd je vesplošno razširjen v vseh svetovnih pridelovalnih območjih hmelja in na večini sort ne povzroča vidnih bolezenskih znakov, vendar negativno vpliva na količino in kakovost pridelka. Posledice okužbe s HLVd so vidne v zmanjšanju velikosti storžkov, spremembi kvalitete eteričnih olj in padcu vsebnosti alfa-kislin (Puchta in sod., 1988; Barbara in sod., 1990).

Serološke metode, ki so sicer pogoste pri določanju virusov, za določanje viroidov niso primerne, ker so sestavljeni samo iz RNA molekule (Hammond in Owens, 2006). Kljub preprosti strukturi pa njihovo določanje ni enostavno, kajti vsaka

kombinacija viroida in gostitelja je tako specifična, da je za pravilen rezultat potrebno vse korake, od vzorčenja do analize, narediti po točno določenem postopku (Hadidi in sod., 2003). Za določanje in kvantifikacijo viroidov so bile razvite številne diagnostične metode, od tradicionalnih, kot je biološko indeksiranje, do metod, ki temeljijo na analizi nukleinskih kislin, in novejših, ki omogočajo tudi odkrivanje novih viroidov in gostiteljev (Narayanasamy, 2011; Guček in sod., 2016). Za določanje viroidov pri hmelju so poleg biološkega indeksiranja, ki temelji na simptomih testnih in gostiteljskih rastlin, v uporabi tudi PAGE, hibridizacija in RT-PCR (Guček in sod., 2016). Za testiranje prisotnosti HLVD pri hmelju je bila v Sloveniji najprej vpeljana povratna poliakrilamidna gelska elektroforeza (R-PAGE) (Knapič in Javornik, 1999), ki se uporablja pri analizi manjšega števila vzorcev.

Z vpeljavo metode hibridizacije točkovnega odtisa (dot-blot) v kombinaciji z RT-PCR, pa je določanje viroida HLVD postalo hitro, enostavno in zanesljivo (Jakše in Radišek, 2005). Kljub uspešni analizi velikega števila vzorcev z dot-blot hibridizacijo, se je za rutinska testiranja okuženih rastlin uveljavila metoda RT-PCR, ki omogoča občutljivejšo analizo (Jakše in Radišek, 2005). Poleg RT-PCR se pri diagnostiki RNA virusov in viroidov v zadnjem desetletju množično uveljavlja tudi RT-qPCR, ki omogoča analitiku varnejšo uporabo, še večjo občutljivost ter večje možnosti pri hkratnem določanju omenjenih patogenov (Boonham in sod., 2004; Botermans in sod., 2013; Luigi in Faggioli, 2011).

V ta namen smo razvili RT-qPCR za določanje HLVD na hmelju, katere optimizacija je predstavljena v nadaljevanju. Osnova metode je uporaba specifičnih sond z vezanim reporterskim barvilom in dušilcem (TaqMan). Med pomnoževanjem se sonda razgradi in se barvilo loči od molekul dušilca ter emitira fluorescenco, ki je enaka količini produkta. Pozitivno reakcijo zaznamo s povečanjem fluorescence in ko le-ta preseže prag, dobimo Ct/Cq vrednost, ki je obratno sorazmerna začetni količini RNA. Metoda je primerna za uporabo pri rutinskih testiranjih rastlin v okviru certifikacijskih shem vzgoje sadilnega materiala, potrjevanju bolezenskih žarišč in kot podpora epidemiološkim študijam.

## **2 MATERIAL IN METODE**

### **2.1 Priprava vzorcev**

Za optimizacijo reakcije RT-qPCR smo uporabili RNA izolirano iz vzorcev hmelja (storžkov in listja), sort Celeia, Aurora, Savinjski golding in Bobek, ki so bili v letih 2014 in 2015 nabrani na različnih lokacijah hmeljišč v Savinjski dolini. Vzorčeni so bili storžki in listi rastlin, ki so kazale vidne bolezenske znake, različnih razvojnih stopenj, nabrani na različnih višinah rastline. Za določitev specifičnosti reakcije smo uporabili tudi RNA, izolirano iz rastlin sorte Celeia, ki

so bile poleg HLVD biolistično okužene tudi z viroidoma CBCVD in HSVd in se vzdržujejo na izolirani lokaciji raziskovalne postaje Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS). Za negativno kontrolo smo uporabili vzorce neokuženih rastlin, sorte Celeia, ki jih vzdržujemo v rastlinjaku na IHPS ter sterilno vodo (Sigma-Aldrich). RNA smo izolirali na osnovi komercialnega kompleta Spectrum® Plant Total RNA Isolation Kit (Sigma-Aldrich) (Jakše in sod., 2015). Z namenom določitve vpliva metode izolacije RNA na določanje viroidov, smo razvito RT-qPCR metodo preizkusili še z uporabo reagenta CTAB pri katerem iz vzorcev izoliramo celokupne nukleinske kisline (Kump in Javornik, 1996). Koncentracijo in kvaliteto izolirane RNA smo izmerili spektrofotometrično z inštrumentom BioPhotometer D30 (Eppendorf). Za pozitivno kontrolo RT-qPCR reakcije smo uporabili umetno sintetizirana zaporedja (gBlocks, proizvajalec Integrated DNA Technologies (IDT)) viroida HLVD.

## 2.2 Načrtovanje začetnih oligonukleotidov in sond

Za načrtovanje začetnih oligonukleotidov in sond smo uporabili zaporedja viroida HLVD, ki se nahaja v bazi GenBank in jo ureja NCBI (The National Center for Biotechnology Information). Glede na zaporedje HLVD iz hmelja, pod pristopno številko NC\_003611, smo naredili poravnavo z zaporedji pod naslednjimi pristopnimi številkami: HH970095, DD220189, AJ290412, AJ290406, EF613189, X07397, EF613188, EF613184, EF613187, EF613186, EF613183, AJ290407, AJ290411, AJ290410, AJ290409, EF613192, EF613185, EF613181, EF613190, EF613182, AJ290405, EF613191, AJ290404, AJ290408, DL463097, DL461531, DL463096 in DL461530. Poravnave med zaporedji viroidov smo naredili s programom ClustalW2 (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalw2/>). Začetne oligonukleotide in sonde smo na podlagi teh poravnav nato načrtovali s pomočjo orodij PrimerQuest in OligoAnalyzer 3.1 (<https://eu.idtdna.com/>), na mestih, ki so bila med poravnanimi zaporedji najbolj ohranjena.

Z namenom analize kvalitete RNA in kontrole poteka reakcije smo testirali ustreznost številnih genov za notranjo kontrolo pomnoževanja, od pogosto uporabljenega gena 18S rRNA (NCBI pristopna številka: AF206931), do CAC (ang. Clathrin adaptor complexes medium subunit, SGN-U314153), SAND (ang. SAND family protein, NM\_128399), YLS8 (ang. Yellow leaf specific protein 8, NM\_120912), nad5 (ang. NADH dehydrogenase subunit 5, D37958) in več genov, izbranih iz transkriptoma z viroidi okuženega hmelja (mRNA1192, mRNA170, mRNA109) (Botermans in sod., 2013; Menzel in sod., 2002; Štajner in sod., 2013). Začetne oligonukleotide in sonde za notranjo kontrolo pomnoževanja za gene izbrane iz transkriptoma z viroidi okuženega hmelja, smo prav tako načrtovali s pomočjo orodij PrimerQuest in OligoAnalyzer 3.1. Začetne oligonukleotide za notranjo kontrolo pomnoževanja smo uporabili v ločeni reakciji in tako preverili kvaliteto reagentov in izolirane RNA. Sonde za viroid in notranjo kontrolo

pomnoževanja smo označili z reporterskim barvilom FAM in dvema dušilcema, ZEN in Iowa Black FQ. Načrtovani začetni oligonukleotidi in sonde so bili naročeni pri proizvajalcu Integrated DNA Technologies (IDT).

### 2.3 Razvoj RT-qPCR

Optimizacija metode RT-qPCR je potekala tako na vzorcih iz hmelja, in sicer naravno okuženega (HLVd, HLVd + CBCVd) oziroma biolistično okuženega (HLVd, HLVd + CBCVd, HLVd + HSVd, HLVd + HSVd + CBCVd) kot tudi na vzorcih umetno sintetiziranega viroida HLVd (gBlocks). Za negativne kontrole smo uporabili zdrav hmelj brez virusov in viroidov, hmelj, negativen na HLVd in vodo.

Vzorci smo analizirali z reakcijo RT-qPCR v enem koraku, v treh ponovitvah za vsak vzorec, na ploščah za 96 vzorcev. Za analizo smo uporabili detekcijski sistem LightCycler96 (Roche) in program LightCycler96 Software 1.1.0.1320, pri čemer so bile vse nastavitve programa avtomatske. Optimizacijo smo začeli s testiranjem načrtovanih začetnih oligonukleotidov s PCR v realnem času na osnovi SYBR Green kemije (kit LightCycler RNA Master SYBR Green I, Roche), s čimer smo preverili ali začetni oligonukleotidi lahko namnožijo naše zaporedje, sledili smo navodilom proizvajalca. Reakcijska mešanica je vsebovala 3,75  $\mu\text{L}$  LightCycler RNA Master SYBR Green I, 0,65  $\mu\text{L}$   $\text{Mn}(\text{OAc})_2$  (3,25 mM), 0,3  $\mu\text{L}$  začetnih oligonukleotidov HLVd-F1/R1 (0,3  $\mu\text{M}$  vsak). Reakcijski mešanici smo do končnega volumna 10  $\mu\text{L}$  dodali še 2  $\mu\text{L}$  RNA (vzorec) in sterilno vodo. Program reakcije je bil sledeč: 30 min pri 61°C, 30 s pri 95°C, 45 ciklov na 10 s pri 95°C, 10 s pri 60°C in 10 s pri 72°C. Programu smo na koncu dodali tudi korak taljenja (disociacijska analiza) z 10 s pri 95°C, 60 s pri 65°C in 1 s pri 97°C.

Na osnovi uspešnega pomnoževanja s SYBR Green tehnologijo smo optimizacijo za posamezne viroide nadaljevali z uporabo TaqMan kemije, ki je bolj tarčno specifična. Uporabili smo komercialni komplet QuantiFast Probe RT-PCR (Qiagen). Reakcijska mešanica je vsebovala 5  $\mu\text{L}$  2x QuantiFast probe RT-PCR Master Mix, 0,1  $\mu\text{L}$  QuantiFast RT Mix, 0,6  $\mu\text{L}$  začetnih oligonukleotidov HLVd-F1/R1 (0,6  $\mu\text{M}$  vsak) in 0,1  $\mu\text{L}$  sonde HLVd-P (0,1  $\mu\text{M}$ ). V primeru notranjih kontrol pomnoževanja smo dodali 0,3  $\mu\text{L}$  posameznega začetnega oligonukleotida (0,3  $\mu\text{M}$  vsak) in 0,1  $\mu\text{L}$  sonde (0,1  $\mu\text{M}$ ). Reakcijski mešanici smo do končnega volumna 10  $\mu\text{L}$  dodali še 2  $\mu\text{L}$  RNA (vzorec) in sterilno vodo. Program reakcije je bil sledeč: 10 min pri 50°C, 5 min pri 95°C, 40 ciklov na 10 s pri 95°C in 30 s pri 62°C.

## 2.4 RT-PCR

Rezultate metode RT-qPCR smo primerjali z že uveljavljeno metodo RT-PCR za določanje viroida HLVd v hmelju (Jakše in Radišek, 2005; Jakše in sod., 2015). V ta namen smo uporabili komercialni komplet One Step RT-PCR (Qiagen) in HLVd M/P par začetnih oligonukleotidov (Hataya in sod., 1992). Izolirano RNA (~200 ng) smo skupaj s 4  $\mu\text{L}$  začetnih oligonukleotidov (0,6  $\mu\text{M}$  vsak) denaturirali pri 95°C 5 min. Po denaturaciji smo mešanico ohladili na ledu in ji dodali 1x OneStep RT-PCR Buffer, 0,4 mM vsakega dNTP, 1x Q-Solution, 2  $\mu\text{L}$  OneStep RT-PCR Enzyme Mix in sterilne vode, do končnega volumna 12  $\mu\text{L}$ . Program RT-PCR reakcije je bil sledeč: 30 min pri 50°C, 15 min pri 95°C, 10 ciklov na 30 s pri 94°C, 30 s pri 65°C (-1°C/cikel) in 1 min pri 72°C, 35 ciklov na 30 s pri 94°C, 30 s pri 55°C in 1 min pri 72°C, ter zadnji korak 10 min pri 72°C in hlajenje na 4°C. Namnožene produkte smo analizirali z elektroforezo na 2% agaroznem gelu obarvanem z etidijevim bromidom pod UV lučjo.

## 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Namen laboratorijskega dela je bil razviti hitro in občutljivo metodo RT-qPCR za določanje viroida HLVd v hmelju. Optimizacija metode je potekala na treh različnih skupinah vzorcev HLVd, in sicer iz hmelja iz okuženih hmeljišč, biolistično okuženega hmelja in umetno sintetiziranega viroida. Pri sami optimizaciji reakcije smo zaradi znane koncentracije viroida v vzorcu za pozitivno kontrolo reakcije uporabili umetno sintetiziran HLVd. Testirani vzorci so se razlikovali tudi v načinu izolacije, v prvem primeru smo RNA izolirali s komercialno dostopnim kompletom, v drugem pa smo s CTAB reagentom izolirali celokupne nukleinske kisline. Čeprav smo primerjali različne sorte okuženega hmelja kot tudi biolistično okužen hmelj, med izolacijama ni bilo večjih razlik, Cq-vrednosti so bile pri izolaciji s komercialnim kompletom v povprečju za 1 cikel manjše kot pri uporabi CTAB reagenta (rezultati niso prikazani). V primeru uporabe metode RT-qPCR za potrditev prisotnosti viroida v vzorcu je izolacija s CTAB reagentom dovolj zanesljiva, predvsem pa veliko cenejša kot uporaba komercialnega kompleta.

### 3.1 Načrtovanje začetnih oligonukleotidov in sond

S poravnavo izbranih zaporedij za HLVd s programom ClustalW2, smo glede na zaporedje viroida HLVd (NC\_003611) določili ohranjene dele zaporedij, na katerih smo nato načrtovali začetne oligonukleotide in sonde (preglednica 1). Izmed testiranih genov za notranjo kontrolo pomnoževanja, ki so se glede na rezultate RT-qPCR izkazali za našim vzorcem najbolj ustrezne (nad5, mRNA170, CAC, mRNA1192 in YLS8), smo z uporabo programa RefFinder izbrali par z največjo stabilnostjo, ki je uporaben za normalizacijo vzorcev (Taylor in sod., 2010), in

sicer rastlinska/hmeljna gena mRNA170 in CAC (rezultati niso prikazani) (preglednica 1).

**Preglednica 1:** Zaporedja začetnih oligonukleotidov (F/R) in sond (P) za viroid HLVd in rastlinske gene za notranjo kontrolo pomnoževanja, velikost ampliconov in T<sub>m</sub>

**Table 1:** Primer (F/R) and probe (P) sequences for viroid HLVd and genes for amplification of the internal control, amplicon size and T<sub>m</sub>.

Viroid/Gen	Začeten oligonukleotid/Sonda*	Zaporedje 5'-3'	Amplicon [bp]	T <sub>m</sub> [°C]
HLVd	HLVd_F1	CGGCGACCTGAAGTTG	113	53,6
	HLVd_R1	CGGCGCTCAAGAGTTG		53,9
	HLVd_P	CTTCTTCTTGTTGCGCTCCTGCGTGG		63,5
mRNA170	mRNA170_F	CAAGGAAGGAGTGTGGAGAA	111	54,5
	mRNA170_R	CCGTGACCGTCTTTCTTCTT		54,8
	mRNA170_P	CCACGAAGACAAGGGCGAGAAGAAGAAG		62,3
CAC	CAC-F1	CTGGCCATGTGAGAATTCCTT	100	55,5
	CAC-R1	CTCGCAATTTTTGTCACTACAACA		54,3
	CAC-P1	CTGCCCATTTTGGAGACCAACTTCTTGG		61,6

\*Začetni oligonukleotid= F/R; sonda= P

### 3.2 Razvoj RT-qPCR

Začetne oligonukleotide načrtovane za določanje viroida HLVd smo najprej testirali z uporabo SYBR Green kemije na vzorcih s HLVd okuženega hmelja. V vzorcih je prišlo do namnožitve, vendar pa je uporaba SYBR Green kemije nespecifična, saj se SYBR Green molekule vežejo in fluorescirajo v vsaki nastali dvoverižni DNA, tako da smo pogosto dobili pozitivne rezultate tudi za vzorce zdravega hmelja in vodo. Optimizacijo smo nato nadaljevali z uporabo bolj specifične TaqMan kemije.

Optimizacijo koncentracij začetnih oligonukleotidov in sond smo naredili s pomnoževanjem tarčnega produkta s predlaganimi koncentracijami in sicer pri začetnih oligonukleotidih smo testirali koncentracije od 300 nM do 1200 nM, in pri sondah od 100 nM do 250 nM (Luigi in Faggioli, 2011). Glede na rezultate smo kot optimalno koncentracijo za začetne oligonukleotide za viroid HLVd določili 600 nM in za sonde 100 nM. Koncentracije smo določili tudi za gene za notranjo kontrolo pomnoževanja (mRNA170 in CAC), in sicer 300 nM za začetne oligonukleotide in 100 nM za sonde.

Kot pozitivne kontrole reakcije smo uporabili umetno sintetizirana zaporedja (gBlocks, proizvajalec IDT) viroida HLVD (NCBI: NC\_003611). V ta namen smo testirali različne koncentracije gBlocks od 5 ng do 0,00005 fg umetno sintetiziranega viroida HLVD na reakcijo. Kot pozitivne kontrole smo za nadaljnje delo uporabili koncentracije od 50 fg do 0,5 fg, pri katerih so bile Cq-vrednosti med 18 in 25.

### 3.2.1 Določanje mejne vrednosti

Mejno vrednost za viroid HLVD smo določili na podlagi analize različnih setov vzorcev, pri čemer smo bili pozorni predvsem na negativne vzorce hmelja. Pri določitvi mejne vrednosti, ki je Cq-vrednost, nad katero se smatra, da je vzorec negativen, smo si pomagali s formulo  $N_{Ct} = M - 3 \cdot SD$ , v kateri  $N_{Ct}$  predstavlja mejno vrednost,  $M$  je povprečje šestih Ct/Cq-vrednosti zdravih vzorcev,  $SD$  pa standardna deviacija (Chandelier in sod., 2006). Glede na nizke Cq-vrednosti pozitivnih vzorcev, smo povprečno mejno Cq-vrednost za viroid HLVD določili pri 33 ciklih (preglednica 2). V primeru Cq-vrednosti med 32 in 34 je analizo smiselno ponoviti oziroma vzorce analizirati z drugo metodo, kot je na primer RT-PCR. Te vrednosti so bile določene glede na številne ponovitve analiz, z namenom, da se izognemo lažno negativnim oziroma pozitivnim rezultatom. Za viroide je že v uporabi metoda RT-qPCR, pri kateri so kot mejno vrednost določili 32 ciklov (Botermans in sod., 2013), iz česar lahko sklepamo, da se določanje viroidov razlikuje od preostalih RT-qPCR metod in da so mejne vrednosti lahko precej nižje kot običajno.

**Preglednica 2:** Izračun mejne vrednosti za viroid HLVD glede na Chandelier in sod. (2006)

**Table 2:** Calculation of cut off value for viroid HLVD in respect of Chandelier et al. (2006).

HLVD			
Vzorec	Povprečna Cq-vrednost	SD*	$N_{Ct}^* = M^* - 3 \cdot SD$
<b>Pozitivni vzorci</b>			
gBlocks* 0,5 fg	24,80	0,05	-
HLVD $10^{-2}$ (iz hmeljišča)	22,17	0,13	-
HLVD $10^{-2}$ (umetna okužba)	21,13	0,11	-
<b>Negativni vzorci</b>			
BVV= zdrav hmelj	34,68	0,61	$34,68 - 3 \cdot 0,61 = 32,85$
K	-	-	-
<b>Povprečna mejna vrednost za HLVD= 32,85 (~33)</b>			

\*SD= standardna deviacija;  $N_{Ct}$ = mejna vrednost;  $M$ = povprečna Cq-vrednost; gBlocks= umetno sintetiziran HLVD; K= voda



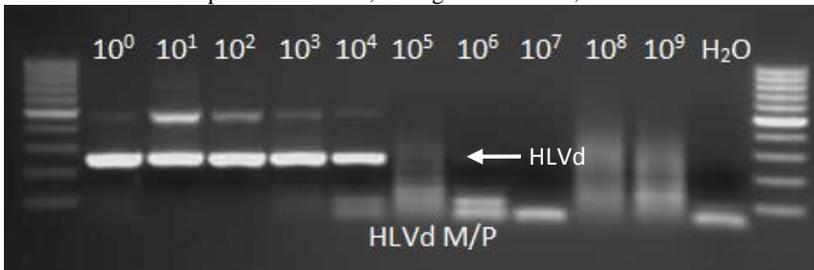
viroidov v hmelju, RT-PCR (Jakše in sod., 2015). V primeru RT-PCR, smo viroid HLVD zaznali pri vzorcih do redčitve  $10^{-4}$  (slika 2), kar pomeni, da ima metoda RT-PCR okrog 100-krat manjšo občutljivost glede na RT-qPCR.

**Preglednica 3:** Primerjava Cq-vrednosti metode RT-qPCR in rezultatov RT-PCR za serijo redčitev ( $10^0$  do  $10^{-9}$ ) za viroid HLVD

**Table 3:** Comparison of Cq values of RT-qPCR and RT-PCR results for dillution series ( $10^0$  to  $10^{-9}$ ) for viroid HLVD.

Redčitev	RT-qPCR (Cq-vrednost)	RT-PCR*
$10^0$	17,04	+
$10^{-1}$	17,97	+
$10^{-2}$	20,09	+
$10^{-3}$	23,09	+
$10^{-4}$	26,23	+
$10^{-5}$	29,67	-
$10^{-6}$	32,10	-
$10^{-7}$	<b>34,86</b>	-
$10^{-8}$	<b>34,15</b>	-
$10^{-9}$	-	-
K*	-	-

\*+= pozitiven vzorec, -= negativen vzorec, K= voda



**Slika 2:** Rezultati RT-PCR za serijo redčitev ( $10^0$  do  $10^{-9}$ ) za viroid HLVD (2% agarozni gel)

**Figure 2:** RT-PCR results for dillution series ( $10^0$  to  $10^{-9}$ ) for viroid HLVD (2% agarose gel).

### 3.3.3 Selektivnost

Selektivnost metode RT-qPCR za viroid HLVD smo testirali z dodajanjem zdravega tkiva hmelja umetno sintetiziranemu viroidu (končna koncentracija viroida v reakciji = 50 fg) v razmerju do 1:20 (Baskarathevan in sod., 2016) (preglednica 4). Iz rezultatov je razvidno, da je test za viroid HLVD dovolj

občutljiv, kajti viroid HLVD zazna tudi pri 20x večjem razmerju tkiva hmelja glede na viroid. Z dodajanjem tkiva hmelja viroidu je namreč zaradi spreminjanja skupnega volumna prišlo do redčitve viroida, ki smo ga ne glede na količino dodanega tkiva še vedno zaznali. Hkrati smo v ločeni reakciji analizirali tudi gen mRNA170 kot notranjo kontrolo pomnoževanja, katere Cq-vrednost je ne glede na povečano količino dodanega hmelja, zaradi spreminjanja skupnega volumna ostala konstantna, okrog 28 (preglednica 4).

**Preglednica 4:** Cq vrednosti viroida HLVD in notranje kontrole pomnoževanja mRNA170 glede na količino dodanega hmelja v razmerju do 1:20 (razmerje viroid: hmelj)

**Table 4:** Cq values for viroid HLVD and housekeeping gen mRNA170 based on the amount of added hop in ratio from 1:20 (ratio viroid: hop).

Razmerje viroid:hmelj	Cq vrednost za HLVD	Cq vrednost za mRNA170
1:0	19,03	-
1:1	20,05	28,66
1:5	21,57	28,31
1:10	22,53	28,17
1:15	23,77	27,93
1:20	23,07	27,99

### 3.3.4 Ponovljivost in reproduktibilnost

Ponovljivost in reproduktibilnost metode smo testirali s petimi neodvisnimi testi, ki so bili izvedeni v različnih časovnih točkah in z različnima operaterjema. V ta namen smo za viroid HLVD testirali vzorce z visoko, srednjo in zelo nizko koncentracijo (na meji detekcije) v osmih ponovitvah, z dvema različnima operaterjema, v istem dnevu oziroma ob različnih dnevih, na istem detekcijskem sistemu z uporabo istega komercialnega kompleta.

Za testirane vzorce smo dobili zelo dobro ponovljivost, tako glede na istega operaterja, kot tudi med operaterjema in različnimi časovnimi točkami. Standardna deviacija je bila kot pričakovano najnižja pri najvišji koncentraciji analiziranih vzorcev in je za vse rezultate v povprečju znašala samo 0,20, medtem ko je bila najvišja pri vzorcih s koncentracijami na meji detekcije in je v povprečju znašala 0,81 (preglednica 5). Zaradi zelo visoke ponovljivosti večjih razlik ni bilo opaziti niti med različnimi operaterji (operater 1 in 2), kot tudi ne med različnimi časovnimi točkami (analiza 1-5). Iz tega lahko sklepamo, da je metoda za omenjen detekcijski sistem in uporabljen komplet reagentov zelo robustna. Seveda bi bile

potrebne še dodatne analize s testiranjem v različnih laboratorijih, na različnih detekcijskih sistemih.

**Preglednica 5:** Povprečne Cq vrednosti in standardne deviacije za viroid HLVD glede na različne operaterje in časovne točke (analiza 1-5)

**Table 5:** Average Cq values and standard deviations for viroid HLVD according to different operators and time points (analysis 1-5).

HLVD ponovljivost	Operater 1			Operater 2	
	1. analiza	2. analiza	3. analiza	4. analiza	5. analiza
<b>HLVD 10<sup>-2</sup></b>					
Povprečna Cq-vrednost	22,38	21,93	21,79	22,25	22,53
SD*	0,13	0,25	0,17	0,25	0,21
Povprečna SD	<b>0,20</b>				
<b>HLVD 10<sup>-4</sup></b>					
Povprečna Cq-vrednost	28,89	28,56	28,65	28,89	28,84
SD	0,24	0,20	0,25	0,18	0,30
Povprečna SD	<b>0,23</b>				
<b>HLVD 10<sup>-6</sup></b>					
Povprečna Cq-vrednost	33,13	32,50	33,33	32,84	33,05
SD	1,29	0,75	0,80	0,50	0,70
Povprečna SD	<b>0,81</b>				

\*SD= standardna deviacija

#### 4 ZAKLJUČKI

Metoda RT-qPCR za določanje viroida HLVD v hmelju omogoča bolj občutljivo in natančno analizo viroidov. Z njo se skrajša in olajša testiranje viroidov glede na metodo RT-PCR, pri katerem je potrebna še dodatna analiza na gelu. Metoda se lahko uporablja v kombinaciji z izolacijo s CTAB reagentom, ki glede na izolacijo RNA s komercialno dostopnim kompletom zadošča za samo potrditev viroidov. Metoda RT-qPCR je približno 100-krat bolj občutljiva kot RT-PCR, je selektivna, ponovljiva in reproduktivna.

Metoda RT-qPCR je specifična za viroid HLVD, saj se le-ta v vzorcih okuženih z viroidom HSVd ali CBCVd ne namnoži. Prav tako prisotnost drugih viroidov nima vpliva na namnožitev HLVD. Glede na priporočeno formulo (Chandelier in sod., 2006) smo določili tudi mejno vrednost RT-qPCR pomnoževanja, ki je za viroid HLVD približno 33 ciklov. Mejna vrednost je za vpeljavo/validacijo metode ključna, saj na osnovi te vrednosti določimo mejo pri kateri je nek vzorec pozitiven oz. negativen. V primeru rezultatov, ki se gibljejo okrog teh vrednosti, je smiselno analizo ponoviti oziroma rezultate potrditi z uporabo druge metode, kot je na

primer RT-PCR. Glede na rezultate RT-qPCR razvitega za pospiviroide (Botermans in sod., 2013) je lahko mejna Cq vrednost tudi pri 32 ciklih, kar je glede na standardno mejno vrednost pri 40 ciklih precej manj.

Pomembno vlogo pri določanju viroidov v vzorcih hmelja ima tudi uporaba notranje kontrole pomnoževanja, ki omogoča kontrolo reagentov, kvalitete RNA in samega poteka reakcije. V primeru analize hmelja je smiselna uporaba genov kot sta CAC in mRNA170, ki sta se glede na rezultate analize s programom RefFinder izkazala kot najbolj stabilna v primeru vzorcev okuženih z viroidom.

Metoda RT-qPCR bo primerna za uporabo pri rutinskih testiranjih rastlin v okviru certifikacijskih shem sadilnega materiala ali potrjevanja bolezenskih žarišč in epidemioloških študijah. Hkrati pa bo služila tudi za osnovo za razvoj RT-qPCR za določanje drugih viroidov v hmelju in hkratno določanje viroidov.

**Zahvala.** Avtorji se za finančno podporo zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (MR štipendija št. 36371, projekti: L4-6809, V4-1405, raziskovalni program: P4-0077).

## 5 LITERATURA

- Barbara D.J, Morton A., Adams A.N., Green C.P. Some effects of hop latent viroid on two cultivars of hop (*Humulus lupulus*) in the UK. *Annals of Applied Biology*. 1990; 117: 359-366.
- Baskarathevan J., Taylor R.K., Ho W., McDougal R.L., Shivas R.G., Alexander B.J.R. Real-time PCR Assay for the Detection of *Puccinia psidii*. *Plant Disease*. 2016; 100: 617- 624.
- Bonham N., Gonzáles Pérez L., Mendez M.S., Lilia Peralta E., Blockley A., Walsh K., Barker I., Mumford R.A. Development of a real-time RT-PCR assay for the detection of Potato spindle tuber viroid. *Journal of Virological Methods*. 2004; 116: 139-146.
- Botermans M., van de Vossen B.T.L.H., Verhoeven J.Th.J., Roenhorst J.W., Hoftman M., Dekter R., Meekes E.T.M. Development and validation of a real-time RT-PCR assay for generic detection of pospiviroids. *Journal of Virological Methods*. 2013; 187: 43-50.
- Chandelier A., Ivors K., Garbelotto M., Zini J., Laurent F., Cavelier M. Validation of a real-time PCR method for the detection of *Phytophthora ramorum*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 2006; 36: 409-414.
- Flores R. A naked plant-specific RNA ten-fold smaller than the smallest known viral RNA: the viroid. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III*. 2001; 324: 943-52.
- Guček T., Radišek S., Jakše J., Javornik B. Biologija interakcij med rastlinami in viroidi. *Hmeljarski bilten*. 2014; 21: 27-37.
- Guček T., Trdan S., Jakše J., Javornik B., Matoušek J., Radišek S. Diagnostic techniques for viroids. *Plant Pathology*. 2016; doi: 10.1111/ppa.12624
- Hadidi A., Flores R., Randles J.W., Semancik J.S. *Viroids*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 2003.

- Hammond R.W., Qwens R.A. Viroids: New and continuing risks for horticultural and agricultural crops. Online: *APSnet Features*. 2006; doi: 10.1094/APSnetFeature-2006-1106.
- Hataya T., Katsuyuki H., Suda N., Nagata T., Shifang L., Itoga Y., Tanikoshi T., Shikata E. Detection of hop latent viroid (HLVd) using reverse transcription and polymerase chain reaction (RT-PCR). *Annals of the Phytopathological Society of Japan*. 1992; 58: 677-684.
- Jakše J. in Radišek S. Vzpostavitev identifikacijskega sistema za določanje hmeljevega latentnega viroida. *Hmeljarski bilten*. 2005; 12: 49-57.
- Jakše J., Radišek S., Pokorn T., Matoušek J., Javornik B. Deep-sequencing revealed a CBCVd viroid as a highly aggressive pathogen on hop. *Plant Pathology*. 2015; EST | DOI: 10.1111/ppa.12325.
- Knapič V. in Javornik B. Viroidi v slovenskih kultivarjih hmelja (*Humulus lupulus* L.). *Zbornik predavanj in referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož*. 1999; 311-318.
- Kovalskaya N., in Hammond R.W. Molecular biology of viroid-host interactions and disease control strategies. *Plant Science*. 2014; 228: 48-60.
- Kump B. in Javornik B. Evaluation of genetic variability among common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) populations by RAPD markers. *Plant Science*. 1996; 114: 149-159.
- Luigi M. in Faggioli F. Development of quantitative real-time RT-PCR for the detection and quantification of Peach latent mosaic viroid. *European Journal of Plant Pathology*. 2011; 130: 109-116.
- Matoušek J., Orctová L., Steger G., Riesner D. Biolistics inoculation of plants with viroid nucleic acids. *Journal of Virological Methods*. 2004; 122:153-164.
- Menzel W., Jelkmann W., Maiss E. Detection of four apple viruses by multiplex RT-PCR assays with coamplification of plant mRNA as internal control. *Journal of Virological Methods*. 2002; 99: 81-92.
- Narayanasamy P. Molecular Techniques for Detection of Microbial Pathogens. Chapter 2, *Molecular Biology in Plant Pathogenesis and Disease Management: Microbial Plant Pathogens*. 2008; 1: 7-158.
- Narayanasamy P. Diagnosis of Viral and Viroid Diseases of Plants. Chapter 5, *Microbial Plant Pathogens-Detection and Disease Diagnosis: Viral and Viroid Pathogens*. 2011; 3: 295-312.
- Pethybridge S.J., Hay F.S., Barbara D.J., Eastwell K.C., Wilson C.R. Viruses and Viroids Infecting Hop: Significance, Epidemiology, and Management. *Plant Disease*. 2008; 92: 324-334.
- Puchta H., Ramm K., Sängler H. The molecular structure of hop latent viroid (HLVd), a new viroid occurring worldwide in hops. *Nucleic Acids Research*. 1988; 16: 4197-4216.
- Štajner N., Cregeen S., Javornik B. Evaluation of reference genes for RT-qPCR expression studies in hop (*Humulus lupulus* L.) during infection with vascular pathogen *verticillium albo-atrum*. *PLoS One*. 2013; 8: e68228.
- Taylor S., Wakem M., Dijkman G., Alsarraj M., Nguyen M. A practical approach to RT-qPCR-Publishing data that conform to the MIQE guidelines. *Methods*. 2010; 50: S1-5.

## PREGLED OBJAV S PODROČJA NAMAKANJA HMELJA (*Humulus lupulus* L.) NA POREČJU SAVINJE

Boštjan NAGLIČ<sup>10</sup>, Rozalija CVEJIC<sup>11</sup> in Marina PINTAR<sup>12</sup>

Pregledni znanstveni članek / review scientific article

Prispelo / received: 28. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 5. 12. 2016

### Izvleček

Pomemben element v pridelavi hmelja v porečju Savinje je namakanje. Kmet bi občasno, zaradi sušnih obdobj, brez njega trpel manjši pridelek ter slabšo kakovost hmelja zaradi manjše vsebnosti alfa-kislin ter neenakomernega dozorevanja. Zbrali in analizirali smo domače pisne vire, ki so se v obdobju 1968–2015 ukvarjali s tematiko namakanja hmelja na porečju Savinje. Osrednji namen je bil raziskati, kako so se razvijali ukrepi, ki v pridelavi hmelja na ravni porečja prispevajo k varčevanju z vodo. Ukrepi za izboljšanje varčevanja so v ranljivih porečjih, kot je Savinja, še posebej pomemben element prilagajanja na podnebne spremembe. Osnova je razumevanje potreb rastlin po vodi, vodno zadrževalnih lastnostih tal ter uporabe vse bolj vodo-varčnih tehnik namakanja. Med bolj napredne ukrepe varčevanja z vodo se umešča razvoj in nadgradnja podpore odločanju o namakanju, medtem ko se analizi vpliva časovne optimizacije namakanja k manjši porabi vode v preteklosti ni namenjalo veliko pozornosti. Zato še ne vemo, koliko vode v pridelavi hmelja zmoremo in moramo privarčevati na ravni porečja skupaj, da bi se prilagodili na napovedane podnebne spremembe.

**Ključne besede:** namakanje, hmelj, *Humulus lupulus*, porečje Savinje

## IRRIGATION OF HOP (*Humulus lupulus* L.) IN SAVINJA CATCHMENT: A REVIEW

### Abstract

Irrigation is an important element in the field of hop production in Savinja catchment. Without it farmer would suffer drought which would result in lower yields, uneven ripening, uneven size of cones and a small amount of lupulin. In this review article, we have reviewed literature which has investigated the field of hop irrigation in Savinja catchment in the last 47 years (1968-2015). The main aim was to explore development of catchment measures that contribute to decreasing water use in hop production. This is especially important topic to address in climate change sensitive catchments such as Savinja. The contribution is based on understanding of plant water requirements, soil water

<sup>10</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

<sup>11</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

<sup>12</sup> Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

retention characteristics and increased use of more efficient irrigation techniques. We consider improving irrigation decisions support system is one of the most advanced approaches used for reducing water use in hop production. Nonetheless the reviewed literature on national level has not yet been focused on the possibility of optimising individual water use practices. The amount of water that we need to save in hop production on a catchment level to successfully adapt to climate change still remains unexplored.

**Key words:** irrigation, hop, *Humulus lupulus*, Savinja catchment

## 1 UVOD

Pridelava hmelja je ena izmed najbolj delavno intenzivnih ter kapitalsko zahtevnih v kmetijski panogi. Po podatkih IHGC (International Hop Growers' Convention) (30. 11. 2016) se je v letu 2016, gledano globalno, pridelovalo hmelj na okoli 54.510 ha. Od tega se v Evropski uniji (EU) prideluje na okoli 28.000 ha (Nemčija in Češka Republika predstavljata okoli 83 % EU površin). V Sloveniji se je v letu 2016 po ocenah IHGC pridelalo okoli 2.500 ton hmelja. Prideloval se je na 1.484 ha, kar je na ravni EU 5,3 % površin, na katerih se prideluje hmelj, oz. 2,7 % na svetovni ravni. Pomemben element v pridelavi hmelja v Sloveniji je namakanje. Z namakanjem preprečimo sušni stres pri rastlinah in zagotavljamo vsakoletne stabilne in kakovostne pridelke. Po drugi strani je namakanje ukrep, ki omogoča rastlinsko pridelavo, ki ob upoštevanju naravnih zakonitosti vsebuje tudi naravovarstveno komponento v takšni meri, da zagotavlja trajnostni razvoj.

Slovenija ima relativno veliko količino letnih padavin, ki pa so preko leta neenakomerno razporejene. V zadnjih 15 letih smo se srečali kar z nekaj sušnimi leti: 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2009, 2012, 2013, ki so povzročile velike posledice v kmetijstvu (Sušnik in Valher, 2014). Hkrati se s spremenjenimi padavinskimi cikli obilnejše padavine predstavljajo iz poletnega na jesensko – zimsko obdobje. Tako se vsako leto v poletnih mesecih srečamo z večjim ali manjšim pomanjkanjem vode v tleh. Statistika kaže, da se povečuje tudi povprečna temperatura, predvsem v poletnih mesecih. V času podnebnih sprememb je namakanje še toliko bolj aktualna tema. Podnebne spremembe bodo zaradi kombinacij zmanjšanja količine padavin in povečanja evapotranspiracije (ET; potreb rastlin po vodi in izhlapevanja vode iz tal), ki jo povzročajo višje temperature, povečale potrebe po namakanju v večini regij po vsem svetu. Za države v razvoju je v študiji FAO napovedano 14 % povečanje potreb po vodi za namakanje do leta 2030, brez upoštevanja vplivov podnebnih sprememb. Ker postaja voda vse dragocenejša dobrina, bodo prakse, ki povečujejo učinkovitost namakanja, lahko pripeljale do pomembnih prilagoditvenih možnosti za vse svetovne produkcijske sisteme. Obstaja še veliko rezerv za izboljšave učinkovitosti namakanja (modifikacija tehnik namakanja, vključno s količino, usklajevanjem ali tehnologijo), ki so kritične za zagotavljanje vode za pridelavo hrane in za tekmovanje med človeškimi in naravnimi potrebami (Bates in sod., 2008).

Prihodnji razvoj namakanja v hmeljarstvu usmerjajo mnogi državni strateški in izvedbeni dokumenti. Med njimi so najpomembnejši: Program razvoja podeželja RS 2014-2020 (2016), osnutek Načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 (2016), osnutek Programa ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 (2016), Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021 (2016), Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016-2021 in Program ukrepov upravljanja voda (2016) in osnutek Dolgoročnega nacionalnega strateškega okvirja za prilagajanje podnebnim spremembam z usmeritvami za ukrepe v srednjeročnem obdobju (2016). Bodo načela, strategije in ukrepi, zapisani v navedenih strateških in izvedbenih dokumentih, zadostovali za doseg kakovostnih in količinsko trajnostnih rezultatov pridelave hmelja v Sloveniji v prihodnje? Da bi odgovorili na to vprašanje, smo kronološko in vsebinsko analizirali razvoj namakanja hmelja v Sloveniji v obdobju 1968–2015. Iz vsebinskih potreb smo nato ovrednotili celovitost ukrepov navedenih strateških in izvedbenih dokumentov.

## **2 MATERIAL IN METODE**

Zbrali smo domače strokovne prispevke, znanstvene prispevke in raziskovalne projekte s področja namakanja hmelja, objavljene v 47-letnem obdobju 1968-2015. Vsi prispevki in raziskave se nanašajo na območje Savinjske doline, kjer so nasadi hmelja. Prispevke smo analizirali vsebinsko. Glede na tematiko obravnave področja namakanja hmelja smo prispevke umestili v pet tematskih sklopov in jih analizirali kronološko: (1) potrebe hmelja po vodi, (2) vpliv namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja, (3) različne tehnologije namakanja, (4) vpliv namakanja na spiranje hranil (nitrata) v podzemno vodo in (5) podpora odločanju o namakanju.

## **3 OBJAVE S PODROČJA NAMAKANJA HMELJA V SLOVENIJI**

### **3.1 Potrebe hmelja po vodi**

Podatki o tem, koliko vode potrebuje rastlina hmelja, so glede na avtorje zelo različni, zato je nujno, da za vsako hmeljarsko območje ugotovimo najprimernejši vodni režim (Majer, 2000). Različni avtorji navajajo, da potrebuje rastlina hmelja od 300 do 500 l vode za kilogram pridelane suhe snovi. Vsota letnih padavin naj ne bi bila manjša od 450 mm oziroma v rastni sezoni naj bi bilo vsaj od 300 do 600 mm (Skalin, 1968; cit. po Majer, 2000; Hacin in sod., 1984). Čergan in sod. (2008) omenjajo, da hmelj v rastni dobi potrebuje za uspešno rast od 500 do 700 mm vode. V raziskavi, ki jo je opravil Vodnogospodarski inštitut (1998), navajajo podatke o normah namakanja hmelja z rolomati, ki izhajajo iz prakse; v letih pred 1998 je v Savinjski dolini poraba zanašala od 900 pa do 1200 m<sup>3</sup>/ha/leto (od 90 do

120 mm), odvisno od tipa tal. Za izrazito sušni leti 1992 in 1993 podajajo podatek o maksimalni porabi vode med 1500 do 1750 m<sup>3</sup>/ha/leto. Za kapljično tehnologijo namakanja za leti 1997 in 1998 za srednje težka tla je poraba vode znašala 250 m<sup>3</sup>/ha in 700 m<sup>3</sup>/ha (25 in 70 mm).

IHPS je v letu 1974 postavil evapotranspiracijsko postajo v Orli vasi (lizimeter). Istega leta so se že pričele tudi meritve evapotranspiracije rastlin hmelja in vzporedno z njimi raziskave o možnosti za napoved potreb po namakanju v nasadih hmelja (Majer, 2002). Wagner in Veronek (1977) sta v letu 1976 preučevala evapotranspiracijo hmelja sorte Aurora ter zasledovala dinamiko vode v tleh na dveh talnih tipih v lizimetrih v Orli vasi. Zaključila sta, da je bila zaloga vode v tleh večja v srednje težkih in srednje globokih tleh kot v lahkih in plitvih tleh. Evapotranspiracija hmelja na lahkih tleh je odražala dva maksimuma, in sicer v maju in juliju, kar je posledica večje evaporacije zaradi golih tal in majhne listne površine hmelja v maju in polne olistanosti (večje transpiracije) ter zasenčenosti tal v juliju. Maksimum evapotranspiracije v juliju sovpada z nastopom cvetenja hmelja in začetkom formiranja storžkov. Listna površina hmelja je bila manjša pri rastlinah na lahkih tleh, kjer je bil tudi manjši pridelek kot pri rastlinah na srednje težkih tleh. Wagner in Veronek (1978) sta preučevala evapotranspiracijo hmelja sorte Aurora v letu 1977. Ugotovila sta, da namakanje vpliva na količino evapotranspiracije ter da se ta večja skladno z večanjem listne površine in rastlinske mase. Največjo evapotranspiracijo sta ugotovila v razvojnih fazah od razraščanja in cvetenja do formiranja storžkov hmelja, to je v mesecih junij, julij in delno avgust.

V slovenskih klimatskih razmerah izstopa kot najpomembnejši dejavnik za pridelek zgodnjih sort hmelja in vsebnosti alfa-kislin v storžkih zgodnjih in poznih sort hmelja povprečna količina padavin v obdobju od druge dekade junija do tretje dekade julija. Rezultati namakalnega poskusa v letih 1985 in 1986 so pokazali, da zaloga vode v tleh, ki jo ustvarijo obilnejše padavine v mesecu juliju, omogoča normalni razvoj storžkov in že zasnovanih lupulinskih žlez od faze cvetenja do obiranja hmelja (druga dekada avgusta) (Hacin, 1989).

Majer (2000) je povzela več raziskav, ki obravnavajo globino aktivnih korenin hmelja, kjer naj bi se nahajala glavna z namakanjem dodane vode. Navedla je, da, po podatkih nekaterih naših raziskovalcev, hmelj črpa 90 % vode na globini do 40 cm. Tudi tuji raziskovalci ugotavljajo, da je aktivni sloj korenin hmelja na globini od 20 do 60 cm.

Bioklimatski koeficienti (faktor rastlin) se z rastjo hmelja povečujejo in, kot je povzeto po Majer (2000), znašajo v začetku rasti 1,2 (pri potencialni evapotraspiraciji 0,97 mm/dan) in v fazi rasti storžkov 2,1 (pri potencialni evapotranspiraciji 4,7 mm/dan). V Sloveniji so, po Knapiču (2002), faktorji rastlin nižji – v mesecu aprilu znaša faktor rastlin 0,3 (pri potencialni evapotraspiraciji

2,22 mm/dan) in v mesecu juliju 1,15 (pri potencialni evapotraspiraciji 4 mm/dan). Po drugi strani Allen in sod. (1998) navajajo faktorje rastlin za hmelj, ki znašajo od 0,3 do 1,05. Matičič (1977) navaja faktorje rastlin za hmelj v Sloveniji od 0,33 do 1,00 na lahkih tleh in od 0,43 do 1,07 na težjih tleh.

V povezavi z odzivom hmelja na sušo so Kolenc in sod. (2014) objavili pregledni znanstveni članek, kjer predstavljajo teoretične osnove uravnavanja vodne bilance rastlin in izpostavljajo mehanizme regulacije vodne bilance pri hmelju. Zaključijo, da rezultati različnih raziskav pokažejo precejšnja razhajanja v odzivnosti vodnega potenciala hmelja na napredujočo sušo, prav tako so različni tudi zaključki glede narave njegove vodne bilance.

### **3.2 Vpliv namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja**

Rezultati namakalnega poskusa na petih sortah hmelja, ki so jo opravili Hacin in sod. (1984), je pokazala, da je namakanje povečalo pridelek hmelja sorte Savinjski golding za 7 % ter sorte Aurore za 5 %. Višja vsebnost alfa-kislin je bila ugotovljena pri Savinjskem goldingu, Blisku in Buketu. Podobno so ugotovili tudi Hacin in sod. (1985), ko so poročali značilnem povečanju pridelka zaradi namakanja pri hmelju sort Savinjski golding, Aurora in Apolon. Po drugi strani je namakanje vplivalo na povečanje vsebnosti alfa-kislin le pri sorti Savinjski golding.

Majer (1995) je preučevala vpliv namakanja na količino pridelka hmelja in vsebnost alfa-kislin pri sortah Savinjski golding, Aurora, Buket, Blisk in Atlas. Ugotovila je, da sta pridelek ter vsebnost alfa-kislin z namakanjem večja pri vseh sortah, še posebej je bilo to očitno pri sorti Savinjski golding.

Knapič in Pintar (1998) sta poročala o vrednotenju možnih pozitivnih učinkov podzemnega kapljičnega namakanja hmelja in fertigacije pri pridelavi hmelja. Poskus se je izvajal v letu 1997 na sorti hmelja Aurora. Preliminarni rezultati so pokazali, da ima lahko postavitev podzemnega kapljičnega namakalnega sistema v že vzpostavljen nasad hmelja negativen vpliv na pridelek hmelja v prvem letu, saj se ob polaganju podzemnih kapljičnih cevi poškoduje korenski sistem hmelja. Rezultati so pokazali, da imajo vse variante kapljičnega namakanja, v primerjavi z namakanjem z razpršilci oz. rolomati, pozitiven vpliv na vsebnost alfa-kislin v storžkih hmelja. Vsebnost nitratov v storžkih je bila značilno nižja v varianti namakanja s fertigacijo kot pri klasičnem gnojenju.

Majer (1999) je v letih 1995 in 1996 ugotavljala vpliv sušnega stresa na rastline hmelja sorte Savinjski golding. V poljskem poskusu so bila preizkušena obravnavanja suho (pokrito), nenamakano in namakano. Ugotovljeno je bilo, da je sušni stres statistično značilno zmanjšal količino pridelka, vplival je tudi na sestavo

eteričnega olja. Nasprotno sušni stres ni imel statistično značilnega vpliva na količino alfa-kislin in eteričnega olja v storžkih.

Pomanjkanje vode v tleh se po Majer (2000) odraža v manjšem pridelku, neenakomerni velikosti storžkov ter njihovem neenakomernem dozorevanju ter manjši količini lupulina. Na hmelj negativno vpliva tudi prekomerna vlažnost tal.

Simončič in Knapič (2004) sta raziskala vpliv različnih načinov namakanja in gnojenja na količino in razvoj plevela ter pridelek hmelja. Poljski poskusi so bili izvedeni v letih med 1998 in 2000. Primerjala sta namakanje z rolomati ter podzemno kapljično namakanje ob hkratnem površinskem gnojenju in gnojenju skupaj s podzemnim kapljičnim namakanjem (fertigaciji). Najmanjšo maso plevelov bele metlike sta ugotovila pri podzemnem kapljičnem namakanju skupaj s fertigacijo. Manjša masa plevelov pri podzemnem kapljičnem namakanju se ni odrazila v statistično značilno večjem pridelku hmelja v primerjavi z najbolj zapleveljenimi parcelami. Pri analizi količine pridelka za vsa tri leta poskusa je bil pri uporabi podzemnega kapljičnega namakanja skupaj s fertigacijo (1360 kg/ha) ter namakanja z rolomati ob klasičnem površinskem gnojenju (1356 kg/ha) ugotovljen statistično značilno večji pridelek v primerjavi z nenamakano kontrolo (1190 kg/ha). Pridelki v posameznih letih so bili med sabo precej bolj izenačeni. Med namakanimi parcelami statistično značilnih razlik v količini pridelka ni bilo. Pri določanju celokupnega deleža alfa-kislin med obravnavanji, podobno kot pri količini pridelka, nista ugotovila statistično značilnih razlik. Največja učinkovitost porabe vode je bila dosežena pri uporabi rolomatov, kjer se je pridelek ob povprečno 52 mm dodane vode na hektar povečal za 166 kg/ha, v primeru podzemnega kapljičnega namakanja s fertigacijo pa se je pridelek pri 92 mm dodane vode povečal za 170 kg/ha v primerjavi z nenamakano kontrolo. Ob tem dodajata, da je lahko podatek zavajajoč, saj je bilo pri podzemnih kapljičnih obravnavanjih s fertigacijo porabljene za 25 % več vode za namen dodajanja dušika, ne pa za namen namakanja.

### 3.3 Različne tehnologije namakanja

Kot navaja Majer (2002) je Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) za izvajanje namakanja hmelja preizkušal različno namakalno opremo in tehnike namakanja že leta 1958, ko je bilo preizkušeno namakanje z razprševanjem vode nad žično konstrukcijo, leta 1960 namakanje z razpršilci na drogovih žičnice in pet let kasneje pol stabilne namakalne naprave v nasadih hmelja ob hkratnem škropljenju sredstev za varstvo rastlin skozi namakalni sistem. Po letu 1982 so se začele obsežnejše raziskave namakanja z bobnastimi namakalniki (rolomati).

V povezavi z zgoraj navedenim sta Wagner in Veronek (1984) poskusno namakala hmeljišča z uvoženim pasovnim namakalnikom (rolomatom) v letu 1983.

Namakanje s to tehnologijo je dalo ugodne rezultate, toda kljub temu, zaradi večjih pomanjkljivosti namakalnika, z njim niso bili v celoti zadovoljni. Zaradi tega je domače podjetje Klemos leta 1984 izdelalo pasovni namakalnik, ki je bil še istega leta preizkušen za namakanje hmeljišč. Namakalnik, kljub večkratnim izboljšavam, ni zadostil zahtevam proizvodnje hmelja. Težave so se pojavljale v pogonu sistema, premajhna je bila hitrosti pomika razpršilcev, problemi so bili na podvozju ter PE cevi. Predlagali so, da bi bilo potrebno pasovni namakalnik (rolomat) izboljšati.

Pintar in Knapič (2001) navajata, da ima tehnologija namakanja hmelja z rolomati slabšo učinkovitost namakanja in kar nekaj slabosti. Gre namreč za delovno zahtevno tehnologijo namakanja, saj je potrebna kontrola delovanja namakanja tudi izven predvidenih terminov premikov sani, saj lahko sani zaidejo tudi v vrsto s hmeljem (predvsem na močno skeletnih tleh). Zaradi visokih pritiskov vode je namakanje onemogočeno v začetku rastne dobe, saj lahko veliki pritiski poškodujejo rastline in odvijajo hmelj od opore. Prav tako ta tehnologija namakanja ne omogoča namakanja prvoletnih nasadov hmelja, kjer je zagotavljanje optimalne preskrbe z vodo še posebno pomembno. Veliki pritiski vode negativno vplivajo na strukturo tal (zaskorjenost), v določenih talnih tipih pa povzročajo erozijo tal. Zaradi velikih enkratnih odmerkov dodane vode je povečana možnost izpiranja hranil v podtalnico bodisi zaradi nepravilnega namakanja ali zaradi poletnih padavin, ki ob dobro namočenih tleh lahko hitro pripomorejo k nasičenju tal z vodo. Zaradi male kapacitete namakanja z rolomati so pri večjih pridelovalcih nemalokrat težave z zagotavljanjem predvidenega turnusa namakanja. Praktično edini vodni viri so živi vodni sistemi, ki so močno občutljivi za odvzem vode v času suše. Z velikimi dnevnimi odvzemi vode iz teh vodnih sistemov se zelo hitro približamo k pretokom, ki predstavljajo mejo za ohranjanje biološkega minimuma rek.

Po letu 1995 so se raziskave na IHPS usmerile v preučevanje kapljičnih namakalnih sistemov v hmeljarstvu; hmeljarstvo je bilo namreč ena izmed prvih panog v kmetijstvu, kjer je država investirala v namakalne sisteme. Zaradi organiziranosti v hmeljarstvu je bilo vodenje in vzdrževanje namakalne opreme in namakalnih sistemov eno najbolj vzornih v Sloveniji.

V svetu je tehnologija kapljičnega namakanja že dolgo poznana, vendar se je v hmeljarstvu relativno pozno uveljavila. V Evropi so z uvajanjem kapljičnega namakanja v hmeljarstvu najprej pričeli češki hmeljarji. V ostalih evropskih državah so pričeli z uvajanjem kapljičnih sistemov v istem obdobju kot na IHPS, okoli leta 1995. V ZDA, kjer so do sedaj prevladovale bolj ekstenzivne oblike namakanja, so v devetdesetih letih pristopili k sodobnejši tehnologiji namakanja, površine kapljičnih namakalnih sistemov se pri njih hitro širijo (Pintar in Knapič, 2001).

V hmeljarstvu obstajajo tri izvedbe kapljičnih sistemov:

- podzemni kapljični sistem,
- kapljični sistem na vrhu žičnice in
- sistem, kjer so namakalne cevi položene v vrsto z rastlinami hmelja.

Knapič (1998) v raziskavi opisuje vrste kapljičnih namakalnih sistemov v hmeljarstvu, njihove značilnosti ter povzema rezultate namakanja v prvoletnem in 10-letnem nasadu hmelja. V raziskavi Knapič in Pintar (1998) so rezultati poskusa, opravljenega v prvoletnem nasadu hmelja sorte Bobek, kjer je bila kapljična namakalna cev položena 10 cm pod sadiko hmelja, pokazali pozitiven vpliv namakanja. Namakane rastline v primerjavi z nenamakanimi so bile višje od maja do skoraj konca junija, ko so razlike postale manj očitne. Izmed šestih obravnavanj, kjer so se preizkušale različne kombinacije namakanja in gnojenja, je bil najvišji povprečni pridelek hmelja dosežen pri obravnavanju, kjer se je izvajala fertigacija z vodotopnimi gnojili v skupni količini NPK 64:108:98. Zaradi velikih razlik med ponovitvami sicer ni bilo mogoče govoriti o statistično značilnih razlikah v pridelku hmelja.

Naglič in Pintar (2013) sta raziskovala, kakšne so teoretične razlike v porabi vode med klasično (bobnasti namakalniki) in kapljično tehnologijo namakanja hmelja (pet različnih scenarijev namakanja) v Spodnji Savinjski dolini v letu 2010 na peščeno-ilovnatih tleh. Najnižja poraba in izguba vode je bila pri scenariju kapljičnega namakanja, kjer se je stanje vode v tleh vzdrževalo na nižjem nivoju, kot je znašala poljska kapaciteta tal za vodo in kjer se v primeru napovedi padavin v prihodnjih treh dneh namakanje ni izvedlo. Zaključila sta, da je lahko kapljična tehnologija namakanja pri hmelju, ob pravilni uporabi in skrbnem nadzorovanju potreb rastlin po vodi, varčnejša od še vedno pogosto uporabljane tehnologije namakanja z razpršilci (bobnastimi namakalniki).

### **3.4 Vpliv namakanja na spiranje hranil v podzemno vodo**

Tehnologija namakanja in način gnojenja lahko bistveno vplivata na možnost izpiranja rastlinskih hranil v podtalnico. Pintar in Knapič (1998) sta primerjala izpiranje nitrata pri različnih variantah namakanja in gnojenja hmelja. Rezultati v prvem letu poskusa so pokazali, da je koncentracija nitrata v vodi v tleh pri nenamakani varianti višja kot pri varianti podzemnega kapljičnega namakanja. Najnižja koncentracija nitrata v vodi v tleh je bila ugotovljena pri variantah, ki so vključevale gnojenje s fertigacijo. Podzemno kapljično namakanje hmelja je predstavljalo manjšo možnost kontaminacije podtalne vode z nitrati v primerjavi z nenamakanim hmeljem. Med vsemi variantami je varianta s fertigacijo predstavljala najmanjšo nevarnost za kontaminacijo podzemne vode.

Gale in sod. (1999) so objavili rezultate večletnega spremljanja spiranja nitratov iz hmeljišča v Latkovi vasi v Savinjski dolini. Med razpoložljivi modeli za modeliranje procesov spiranja nitratov skozi talni profil v podtalnico so izbrali dinamični model GLEAMS. Pri simulaciji so uporabili terenske meritve s poskusnega polja (hmeljišča) v Latkovi vasi, kjer so uporabili različne načine namakanja in različne načine gnojenja. Simulacija procesov spiranja nitratov iz talnega horizonta v podtalnico z uporabo modela Gleams je pokazala njegovo uporabnost za slovenski prostor. Ugotovili so, da model ni primeren za simulacijo spiranja nitratov pri fertigaciji in predlagali testiranje drugih modelov. Z občutljivostno analizo in umerjanjem modela so določili optimalno vrednost za parametra poroznost zemljine in začetno koncentracijo nitratov v tleh, ki ju niso merili na terenu. Simulacija je v drugem letu pokazala boljše ujemanje rezultatov modela in poskusa ter dala rezultat, da se povprečno spere v opazovanem obdobju junij-september v podtalnico 71 kg dušika na hektar hmeljišča. Terenske meritve in modelne simulacije so omogočile tudi vpogled v dinamiko (pogostost, vsakokratna količina) spiranja nitratov v podtalnico.

Priporočljivo je, da se vrednost evapotranspiracije kontrolira z merjenjem količine vode v tleh. Naglič (2015) je v letih 2014 in 2015 na težjih tleh v hmeljišču preizkušal delovanje 10HS senzorjev (Decagon Devices, Inc.) za merjenje količine vode v tleh. Rezultati so pokazali, da se volumski deleži vode v tleh izmerjeni z 10HS senzorji dobro ujemajo z rezultati gravimetričnih meritvev na dveh lokacijah v talnem profilu meljasto-glinasto-ilovnatih tal. Zaključil je, da se senzor v danih tleh lahko uspešno uporablja za nadzor pravilnosti izvajanja namakanja.

Naglič in sod. (2015) so modelirali distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja. Uporabili so numerični model Hydrus-2D/3D in njegove rezultate simulacij primerjali z eksperimentalnimi podatki meritev vsebnosti vode s TDR (Time Domain Reflectometry) metodo na 20 lokacijah v talnem profilu v meljasto-glinasto-ilovnatih tleh. Rezultati primerjave simuliranih in eksperimentalnih podatkov so pokazali, da je Hydrus-2D/3D zadovoljivo napovedal vrednosti vsebnosti vode v talnem profilu z vrednostmi celotne napake, ki je bila od 0,25 do 13,37 % volumskih odstotkov vode. Zaključili so, da se Hydrus-2D/3D lahko uspešno uporablja za modeliranje pomikanja vode v danih tleh pod nadzemnim kapljičnim namakanjem hmelja.

### **3.5 Podpora odločanja o namakanju**

Na osnovi omenjenih raziskav evapotranspiracije rastlin hmelja se je od leta 1980 dalje uvedla prognoza namakanja hmelja. Le-ta je bila v letu 1997 dopolnjena v smislu fizioloških pokazateljev sušnega stresa različnih sort hmelja (Majer, 2002).

Z namenom dopolnitve uveljavljene prognoze namakanja hmelja, ki je temeljila na trenutni vlažnosti tal, točki venenja in razpoložljivi vodi v tleh, sta Majer in Gogala (2005) raziskali možnost prognoze namakanja na osnovi meritev vsebnosti prolina v listih hmeljnih rastlin. Raziskavo sta zasnovali kot poljski poskus v polnorodnem nasadu hmelja (sorta Savinjski golding). Preizkušali sta tri obravnavanja: nenamakano (kontrola), namakano in brez padavin. Rezultati so pokazali, da se vsebnost prolina v listih značilno poveča ob začetku sušnega stresa, vendar se ne povečuje sorazmerno s stopnjo preskrbljenosti tal z vodo. Zaključili sta, da se tovrstna prognoza ne ujema s trenutno veljavno metodo prognoziranja. Kljub temu na osnovi vsebnosti prolina v listih rastlin hmelja lahko prognoziramo začetek namakanja, ne pa tudi stopnje sušnega stresa in stopnje preskrbljenosti tal z vodo.

Oset in sod. (1993) so z namenom zagotavljanja strokovnosti namakanja izdelali parametre, potrebne za namakanje hmeljišč na območju občine Žalec. V ekspertizi so določili fizikalne lastnosti tal na 20 lokacijah v Savinjski dolini in izračunali okvirne norme namakanja in modul namakanja, kar še danes predstavlja osnovo za prognozo namakanja hmelja. IHPS tako v okviru strokovne naloge Tehnologije pridelave in predelave hmelja izvaja prognozo namakanja v hmeljiščih, ki temelji na osnovi spremljanja količine vode v tleh na različnih lokacijah z različnimi talnimi lastnostmi. Prognoza se izvaja za tehnologijo namakanja z rolomati. Pri napovedi se upoštevajo tudi vrednosti evapotranspiracije za posamezno razvojno stopnjo in vremenska napoved. Količino vode v tleh določajo na osnovi gravimetrične metode, ki temelji na osnovi razlike mase svežega in suhega vzorca tal. Vzorčenje tal v hmeljiščih izvajajo na dveh globinah (0-20 cm in 20-40 cm), ter na različnih lokacijah, ki imajo različne talne lastnosti.

Pintar in sod. (2013) v raziskavi iz leta 2013 z naslovom Trajnostna raba vode za krepitev rastlinskega pridelovalnega potenciala (CRP V4-1131) ocenjujejo, da se v Savinjski dolini na 13 velikih namakalnih sistemih skupaj namaka več kot 80 % hmelja in več kot 1 % ukorenišč sadik hmelja. Pri hmelju je prisotno predvsem kapljično namakanje in namakanje z rolomati. Navajajo, da bi bilo možno intenzivirati namakanje hmelja (večji obseg namakanja, prehod na kapljično namakanje, v primerjavi z rolomati se tako manj delovnih ur nameni namakanju). Rezultati so pokazali, da si pridelovalci želijo strokovne pomoči pri zasnovi namakalnih poskusov, vrednotenju učinkov namakanja in demonstracije uspeha pri namakanju. Izpostavljena je bila potreba po izboljšanju prognostične službe v podporo namakanju in individualnim merjenjem količine vode v tleh.

#### **4 RAZPRAVA IN SKLEPI**

Prvi tematski sklop raziskav se nanaša na raziskovanje potreb hmelja po vodi (Skalin, 1968; Wagner in Veronek, 1978; Hacin in sod., 1984; Hacin, 1989; Matičič, 1977; VGI, 1998; Majer, 2000; Majer, 2002; Čergan in sod., 2008; Naglič

in sod., 2013; Kolenc in sod., 2014). Te raziskave so se osredotočale na to, koliko vode v rastni dobi potrebuje hmelj, na kateri globini je aktivni sloj korenin, kakšna je evapotranspiracija hmelja in kako se s fenofazami rastline spreminja dinamika faktorja rastline (kc). K raziskovanju tega področja je bistveno doprinesla tudi postavitev lizimetra na IHPS. Vzporedno z raziskavami potreb rastlin po vodi so potekale raziskave na področju vpliva namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja (Hacin in sod., 1984; Majer, 1995; Knapič in Pintar, 1998; Majer, 1999; Majer, 2000; Simončič in Knapič, 2004). Raziskave so obravnavale povečanje količine in kakovosti pridelka hmelja pri različnih sortah, v letu 1998 pa so raziskovalci obravnavali tudi že učinek dodajanja hranil z namakalnimi sistemi (fertigacija) in preučevali vpliv fertigacije na vsebnost nitratov v storžkih v primerjavi s klasičnim namakanjem. V nadaljnjih preučevanjih so raziskovalci pričeli kombinirati različne tehnike namakanja in preučevali njihov vpliv na pridelek in kakovost hmelja in tako doprinesli k boljšemu razumevanju sistema tla-rastlina tako v kontekstu sušnega stresa kot kontekstu preobilja vode v tleh.

Nekako na polovici obdobja raziskovanja vpliva namakanja na količino in kakovost pridelka hmelja, to je okoli leta 1995, objavljena dela intenzivneje obravnavajo različne tehnologije namakanja hmelja (Knapič, 1995, 1998, 1998 in 2002; Majer, 2002; Naglič, 2015; Naglič in sod., 2015). Sprva so preizkusili različne izvedbe razpršilcev in se nato osredotočili na preizkušanje različnih izvedb kapljičnega namakanja. O kapljičnem namakanju so raziskovalci pričeli razmišljati kot načinu zmanjšanja porabe vode, natančnejšega dodajanja vode in s tem razvijali smer pogleda namakanja na učinkovitosti rabe vode, hranil in energije kot doprinos kmetijstva k ohranjanju narave. Pomembne so bile tudi refleksije izkušenj na nekatere neugodne učinke določenih tehnologij namakanja na tla in rastline. Pomembne so bile ugotovitve glede razpoložljivih vodnih količin, ki so že nakazovale, da so vodni viri na območju Savinjske doline zelo omejeni.

Novejše objave iz tega sklopa se osredotočajo na še en pomemben vidik namakanja, in sicer gibanje vode v tleh, kjer je raziskovalcem v pomoč numerično modelirane. Vzporedno z obravnavo različnih tehnologij namakanja se je razvil pogled vpliva namakanja na spiranje hranil (nitrata) v podzemno vodo (Pintar in Knapič, 1998; Gale in sod., 1999). S tem se še okrepi pogled na namakanje kot tehnologijo, ki omogoča bolj racionalno dodajanje hranil rastlinam, da s tem dosežemo boljši izkoristek hranil. S tem se je o namakanju začelo razmišljati kot o metodi, ki nam lahko pomaga varovati vodno okolje in zmanjša pritisk kmetijstva na stanje voda.

Novo poglavje v razvoju namakanja postavljajo publikacije iz leta 1993, 2005 in 2013 (Oset in sod., 1993; Majer in Gogala, 2005; Pintar in sod., 2013), ki obravnavajo razvoj podpore odločanja o namakanju. Raziskava iz leta 2005 podaja novo znanje na področju uporabnosti prolina kot indikatorja v listih rastlin hmelja,

ki ni v korelaciji s količino vode v tleh. Raziskava iz leta 2013 govori o zadovoljstvu med pridelovalci s sedanjim načinom napovedovanja namakanja na podlagi gravimetrične določitve količine vode v tleh, ki je bilo vzpostavljeno leta 1993. Ugotovljeno je, da si uporabniki in upravljavci namakalnih sistemov v Savinjski dolini želijo izboljšane prognozične službe kot podpore namakanju, ki bi skrbela za pravilno napoved namakanja in s tem bolj učinkovito rabo vode in infrastrukture. Tretje obdobje torej gradi na integraciji izkušenj in znanja na področju tla-rastlina in kaže v smeri razvoja podpore odločanju o namakanju za doseganju pametne rabe naravnih danosti. Ta potreba ne odgovarja samo na probleme, ki jih naslavljajo dokumenti s področja prilagajanja podnebnim spremembam in upravljanja ter varovanja voda in narave, ampak odgovarja tudi na potrebo po nadgradnji 50-letnega znanja s področja namakanja hmelja.

Kot v mnogih sektorjih družbe so izzivi zagotoviti zadostna sredstva za ohranjanja razvoja. Na primer, IHPS že vrsto let skrbi za prognozo namakanja za tehnologijo namakanja z rolomati. Prognoza za vedno bolj razširjeno tehnologijo kapljičnega namakanja hmelja pa v slovenskem prostoru, zaradi pomanjkanja sredstev, še ni uveljavljena. Potrebo po vzpostavitvi sistema podpore odločanju tudi o kapljičnem namakanju bo delno omogočil ciljni raziskovalni projekt Natančnost napovedovanja namakanja – TriN (V4-1609), ki bo potekal med letoma 2016 in 2018. Ne glede na to pa zelo podhranjeni ostajajo zagotovitev zadostnih količin vode za namakanje na ravni porečja, ki je zaradi napovedi sprememb padavinskih in temperaturnih vzorcev toliko bolj pereč problem. Na podlagi pol stoletnih izkušenj sedaj vemo, da so učinkovite rešitve v integriranih pristopih, ki pomenijo med drugim tudi, da lahko pridemo do okoljsko in socio-ekonomsko ugodnih rešitev tudi z uporabo več različnih ukrepov, ki skupaj doprinesejo k stabilnemu sistemu. V nizu ukrepov, ki jih že predvidevata osnutek Načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020 in Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020, manjkajo še vsaj ukrepi za modeliranje vodnih odvzemov oz. analize vpliva optimizacije vodnih odvzemov na skupno velikost vodnih odvzemov. To bi bilo v nadaljevanju smiselno izvesti, saj bomo tako vedeli, koliko vode moramo v pridelavi hmelja na ravni porečja Savinje privarčevati in kako pri tem lahko pomaga prilagajanje tehnologije, sort, vodne infrastrukture in sistema za odločanje o namakanju, da bi se uspešno prilagodili na napovedane podnebne spremembe.

**Zahvala.** Pripravo prispevka sta podprli Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Natančnost napovedovanja namakanja – TriN (V4-1609).

## 5 LITERATURA

- Allen R, Pereira L. S, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration. Irrigation and drainage paper No. 56. Rome, FAO. 1998; 300 s.
- Načrt razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu v Republiki Sloveniji do leta 2020 in Program ukrepov za izvedbo načrta razvoja namakanja in rabe vode za namakanje v kmetijstvu do leta 2020. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. 2016; 59 s.
- Program razvoja podeželja RS za obdobje 2014-2020. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. 2016; 973 s.
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016-2021. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 259 s.
- Načrt upravljanja voda na vodnem območju Jadranskega morja za obdobje 2016-2021. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 266 s.
- Program ukrepov upravljanja voda. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, 2016; 254 s.
- Dolgoročni nacionalni strateški okvir za prilagajanje podnebnim spremembam z usmeritvami za ukrepe v srednjeročnem obdobju. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. 2016; 85 s.
- ARSO. Spletna stran, November 2016.
- Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S, Palutikof J. P. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 2008; 210 s.
- Čergan Z., Dolničar P., Knapič M., Poje T., Sušin J., Škerlavaj V. (avtor, fotograf), Ugrinović K. (avtor, fotograf), Verbič J. (avtor, fotograf), Verbič J., Zemljič A., Kapun S., Hardi, Z. (urednik). Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo: poljedelstvo, travništvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2008; 43 s.
- Gale T., Pintar M., Mikoš M. Vpliv spiranja nitratov s hmeljišč na kvaliteto podtalnice. Mišičev vodarski dan. 1999; 25-31.
- Hacin J., Veronek M., Bratina B. Izboljšanje tehnoloških postopkov pridelovanja hmelja: Prognoza in učinkovitost namakanja pri hmelju. Poročilo za leto 1984, Žalec. 1985; 38 s.
- Hacin J., Veronek M., Bratina B. Prognoza in učinkovitost namakanja pri hmelju. Poročilo za leto 1985. Žalec. 1986; 23 s.
- Hacin J. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju. Biotehniška fakulteta, Ljubljana. 1989; 70-74.
- IHGC (International Hop Growers' Convention), dostop 22. 11. 2016
- Knapič M. Namakanje hmeljskih nasadov. V: Priročnik za hmeljarje. Majer D. (ur.). Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo, Žalec. 2002; 169-179.
- Knapič M., Pintar M. Implementation of subsurface drip irrigation in hop growing as contribution to an environmentally acceptable production. Fresenius Environmental Bulletin. 1998; 7: 867-872.
- Knapič, M. Kapljični namakalni sistemi v hmeljarstvu. Hmeljar. 1998; 67(3-4): 30-36.
- Kolenc Z., Čerenak A., Vodnik D. Kako hmelj (*Humulus lupulus L.*) uravnava vodno bilanco in se odziva na sušo? = How does hop (*Humulus lupulus L.*) regulate its water balance and respond to drought? Hmeljarski bilten. 2014; 21: 5-13.

- Majer D., Gogala N. Možnost prognoze namakanja hmelja na osnovi vsebnosti prolina = The possibility of irrigation prognosis based on proline content. Hmeljarski bilten. 2005; 12: 5-14.
- Majer D. Pregled raziskovalnega dela v slovenskem hmeljarstvu = 25 Years of medicinal and aromatic plants garden at the Institute for hop reesarch and brewing. Hmeljarski bilten. 2002; 9(1): 5-13.
- Majer D. Vodni stres pri hmeljnih rastlinah ali O pomenu vode za življenje rastlin, o stresu pri rastlinah, o namakanju in o vplivu vodnega stresa na hmeljne rastline. Hmeljarsko združenje Slovenije, Ministrstvo za znanost in tehnologijo in Probi MM. 2000.
- Majer D. Vpliv namakanja, števila vodil in števila poganjkov na vodilo na količino pridelka in vsebnost alfa kislin. V: KAČ, Milica (ur.). 33.[triatrideseti] seminar o hmeljarstvu. Hmeljarski bilten. 1995; (4): 31-35.
- Majer D. Vpliv vodnega stresa na pridelok hmelja (*Humulus lupulus L.*) = The influence of water stress on hop (*Humulus lupulus L.*) yield. Hmeljarski bilten. 6: 21-31.
- Matičič, B. Evapotranspiration studies on different crops and irrigation water requirements (Final technical report, P. L. 480). Ljubljana, Agricultural Engineering Department, Biotechnical Faculty. 1977; 221 s.
- Naglič, B., Kechavarzi C., Pintar M. Modeliranje distribucije vode pod površinskim kapljičnim namakanjem hmelja. V: ČEH, Barbara in sod. (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2015 : zbornik simpozija, Laško, [29. in 30. januar] 2015, Slovensko agronomsko društvo. 2015; 210-216.
- Naglič B., Pintar M. Preučitev možnosti zmanjšanja porabe vode pri kapljični tehnologiji namakanja hmelja. Hmeljar. 2013; 75(1/12): 50-51.
- Naglič B. Vrednotenje delovanja nizko cenovnega senzorja za meritve količine vode v tleh = Evaluation of a low-cost sensor for soil moisture monitoring. Hmeljarski bilten. 2015; 22: 66-73.
- Neve R. Hops. London, Chapman and Hall. 1991; 272 s.
- Oset, F., Knapič, M., Gajšek, H., Bratina, B., Stakne, H. Izdelava parametrov, potrebnih za namakanje hmeljišč na območju občine Žalec. Ekspertiza, izdelana na osnovi pogodbe z Ministrstvom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Slovenije. 1993; 16 s.
- Pintar M., Cvejčič R., Glavan M., Tratnik M., Kacjan-Maršič N., Čremožnik B., Naglič B., Pavlovič M. Trajnostna raba vode za krepitev rastlinskega pridelovalnega potencial. Ciljni raziskovalni program. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. 2013; 181 s.
- Pintar M., Knapič M. Nekateri namakalni parametri in obremenitve okolja pri različnih tehnologijah namakanja. V: Poje, T. (ur.). Zbornik simpozija Trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci, 14. in 15. junij 2001, Ljubljana, Društvo kmetijske tehnike Slovenije. 2001; 69-76.
- Pintar M., Knapič M. Nitrate leaching in hop production. Fresenius environmental bulletin. 1998; 7: 590-595.
- Rode J., Zmrzlak M., Kovačević M. Hmeljna rastlina. V: Priročnik za hmeljarje. Majer, D. (ur.). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. 2002; 21-30.
- Simončič A., Knapič M. The influence of different irrigation and fertilisation systems on weed development and hop yield. Hmeljarski bilten. 2004; 11: 5-15.
- Skalin B. Namakalne naprave v hmeljarstvu. Sodobno kmetijstvo. 1968; 8: 18-19.
- Sušnik A., Valher A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. Ujma, 28, 2014.
- Vodnogospodarski inštitut. Določitev izhodiščnih parametrov za rabo vode za namakanje kmetijskih površin glede na klimo, tla in tipične kulture (C-769). Ljubljana,

Vodnogospodarski inštitut. Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Uprava Republike Slovenije za varstvo okolja, Ljubljana. 1998.

Wagner T., Veronek M. Poročilo o rezultatih proučevanja evapotranspiracije in evaporacije na postaji Orla vas – Žalec v letu 1976. 1977; 23 s.

Wagner T., Veronek M. Preizkus opreme za namakanje hmeljišč v letu 1984. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo, Žalec. 1984; 17 s.

Wagner T., Veronek M. Preučevanje evapotranspiracije hmelja v letu 1977. Poročilo o evapotranspiraciji na ET postajo Orla vas v letu 1977. 1978; 48 s.

## TRŽENJSKA ANALIZA MALIH PIVOVARN V SLOVENIJI

Martin PAVLOVIČ<sup>13</sup> in Primož BUDNA<sup>14</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific article

Prispelo / received: 14. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 22. 11. 2016

### Izveček

Rezultati raziskave domačega trga s pivom in anketne analize vzorca 20 % slovenskih malih pivovarn ilustrirajo podjetniško organiziranost, opremljenost, trženjske aktivnosti in prepoznavnost proizvodnje malih pivovarjev v Sloveniji. Analizirane male pivovarne iz vzorca raziskave so v obdobju 2011-2015 povečale lastno proizvodnjo za 50 %. Vzoredno se povečuje število specializiranih trgovin s tipi piva z močnejše izraženo grenčico in obogatnimi aromami (craft beers), kar odraža rast povpraševanja po tovrstnih pivih. Od 2011 do 2015 ocenjujemo povečanje ponudbe malih pivovarn za 160 %. Rezultati potrjujejo povečano povpraševanje po različnih tipih piva v Sloveniji, rast tovrstne ponudbe in dodatne priložnosti zaposlovanja na področju agroživilstva, gostinstva in turizma.

**Ključne besede:** male pivovarne, proizvodnja piva, trženje, Slovenija

## MARKETING ANALYSIS OF SMALL BREWERIES IN SLOVENIA

### Abstract

The results of the survey of the local beer market and analysis of the survey sample of 20% of the Slovenian microbreweries, illustrate business organization, equipment, marketing activities, and recognizability of microbrewers' production in Slovenia. Analyzed microbreweries from the survey sample increased their own production for 50% in the period from 2011 to 2015. Parallel, there has been an increase in a number of specialized shops with various types of craft beers, reflecting the growth of demand for these types of beer. It is estimated that the microbreweries' supply increased for 160% in the period from 2011 to 2015. The results confirm an increased demand for various types of beer in Slovenia, their supply growth and additional possibilities of employment in agribusiness, catering industry and tourism.

**Key words:** microbreweries, beer production, marketing, Slovenia

---

<sup>13</sup> Prof., dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec in Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

<sup>14</sup> Mag. agr. ekon., Foršt 29, 3333 Ljubno ob Savinji, e-pošta: primoz.budna@siol.net

## 1 UVOD

Pivo predstavlja bogato hranilno (škrob, beljakovine) in energijsko (alkohol) pijačo (Olšovská in sod., 2015) in je med najpomembnejšimi predelanimi kmetijski proizvodi, saj znaša izvoz na območju EU več kot dve milijardi EUR. Evropski ekonomsko-socialni odbor (EESO) navaja, da se pivovarstvo nenehno razvija, prilagaja gospodarskim razmeram. Ugotavlja tudi, da pivovarski sektor prispeva k ciljem strategije Evropa 2020 na različnih prednostnih področjih, kot so zaposlovanje, trajnostni razvoj, inovacije, izobraževanje in socialna vključenost (EESO, 2015).

Kot odgovor na globalizacijo v svetovnem pivovarstvu in siromašenju okusov piva, beležimo v zadnjem desetletju tudi v Sloveniji rast števila malih pivovarn. Gre za oživitev pozabljene tradicije pivovarstva in združevanje s sodobnimi novostmi ter prilagajanje spremenjenim okusom, navadam in načinu življenja potrošnikov. Mednarodno uveljavljen izraz »craft beers« predstavlja piva z močnejše izraženo grenčico in obogatnimi aromami. Sodobni trendi v pivovarstvu pomenijo tudi odgovor na rast multinacionalk in hiperprodukcijo povprečnega piva na račun kakovosti in možnosti izbire med različnimi lokalnimi okusi in znamkami. Predstavljajo upor proti posegom v nacionalno tradicijo in zavest. Poleg dejanske renesanse kakovosti varjenja in različnih okusov piva je v teh trendih zaznati tudi dvig kulture pitja piva, njegovo prepoznavnost in priljubljenost. Posebnost in prednost malih obrtnih pivovarn pred velikimi industrijskimi so tudi njihove posamične podjetniške zgodbe. Segment novejših tipov piva obsega sicer le 2 % svetovne proizvodnje piva, a je v vzponu. V letu 2014 beleži ta sektor pivovarstva v ZDA 18 % volumsko in pa 21 % dohodkovno rast. Realizacija teh pivovarn dosega vrednost 20 mrd USD, prodajno pa zavzemajo male pivovarne v ZDA že več kot 20 % trga. V Nemčiji zaznavajo strmo rast deleža proizvodnje segmenta njihovih malih pivovarn, z 1 % v 2012, 3 % v 2013, 12 % v 2014 na ocenjenih 18 % v 2015. Tako že vsaka peta steklenica piva v Nemčiji pripada tovrstnim pivovarnam (Košir, 2014; Pavlovič, 2015).

V Sloveniji sta tradicionalno največji proizvajalki piva Pivovarna Laško, d.d., in Pivovarna Union, d.d. Skupno podjetje Skupina Pivovarna Laško pa je v letu 2015 prešlo v večinsko last drugega največjega pivovarskega združenja Heineken, ki ima 9,7 % delež svetovne proizvodnje piva (Meier, 2016). Poleg omenjenih dveh pivovarn - v letu 2016 organiziranih že kot podjetje Pivovarna Laško Union d.o.o. - se je v letu 2015 Sloveniji ukvarjalo s pivovarstvom še približno 50 registriranih malih pivovarjev. Ti so v Sloveniji združeni v Društvo pivovarjev Slovenije. Podobno kot pri Združenje slovenskih pivovarn obsega tudi njihovo poslanstvo sodelovanje na različnih področjih pivovarstva - organizacija prireditev, izobraževanj in predavanj, organizacija in izvedba ocenjevanja piv in pivovarskih izdelkov, promocije in nenazadnje odgovornega pitja piva. Prispevek prikazuje del

rezultatov magistrske naloge na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru (Budna, 2016).

## 2 MATERIAL IN METODE DE LA

Raziskava metodološko temelji na anketni analizi podjetniških značilnosti vzorca 20 % malih pivovarn v Sloveniji. Potekala je v okviru mednarodnega projekta Micro-brewing lifelong learning program - *LdV Beer School*, kjer smo na IHPS v Žalcu od 2013 do 2015 s partnerji češkega Inštituta za pivovarstvo in sladarstvo iz Prage in Šolskega Centra Slovenske Konjice-Zreče, pripravili program pivovarske šole za pridobitev certifikata NPK Pivovar/pivovarka (Pavlovič in sod., 2015).

Ekspertni vprašalnik štirih vsebinskih sklopov (A-D) je vseboval 25 vprašanj zaprtega in odprtega tipa. V sklopu (A) *Podjetniška organiziranost* smo anketirane povprašali po osnovnih podjetniških podatkih o pivovarni, času ustanovitve, načinu podjetniške organiziranosti, številu zaposlenih in morebitnih spremljajočih gospodarskih dejavnostih. V sklopu (B) *Proizvodnja in prodaja* smo pridobili informacije o velikostih varilnic, kapacitetah proizvodnje, surovinah in tipih piva. Zanimali so nas tudi podatki o območjih prodaje, prodajnih kanalih in embalaži prodajane piva. *Trženjske aktivnosti* (C) ilustrirajo podatke o komercialnih tržnih znamkah, marketinški dejavnosti in letnih zneskih za promocijo. S sklopom (D) *Izobraževanje* pa smo poizvedovali o strokovnosti pivovarjev in pomenu strokovnega izobraževanja za njihove sodelavce.

V vzorcu anketiranih je sodelovalo 10 že uveljavljenih malih pivovarjev. Šest izmed njih je v prvi generaciji slušateljev poleti 2015 obiskovalo testno izobraževanje za pridobitev certifikata NPK Pivovar/pivovarka v Žalcu (IHPS, 2016). Preostale odgovore smo pridobili z uporabo ekspertnega vprašalnika na terenu. Predpostavljamo, da smo v povprečnem vzorcu zajeli 20 % slovenskih malih pivovarjev. Med njimi so pivovarji z dolgo tradicijo, kot tudi popolni začetniki z novo ustanovljenimi pivovarnami. Anketirani pivovarji se razlikujejo tudi po kapaciteti opreme, velikosti proizvodnje ter načinih trženja. V raziskavi smo zagotovili anonimnost, zato imen, naslovov in osebnih podatkov anketirancev ne razkrivamo. Odgovore smo smiselno povezali in jih analizirali z računalniškim generatorjem Microsoft Excel.

## 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

### 3.1 Podjetniška organiziranost

V raziskavi sodelujoči pivovarji imajo različno dolgo podjetniško pot. Najstarejša pivovarna deluje od leta 1991, najmlajšo so ustanovili v letu 2015. Štirje anketirani pivovarji so samostojni podjetniki (s.p.), šest pa jih deluje v pivovarnah,

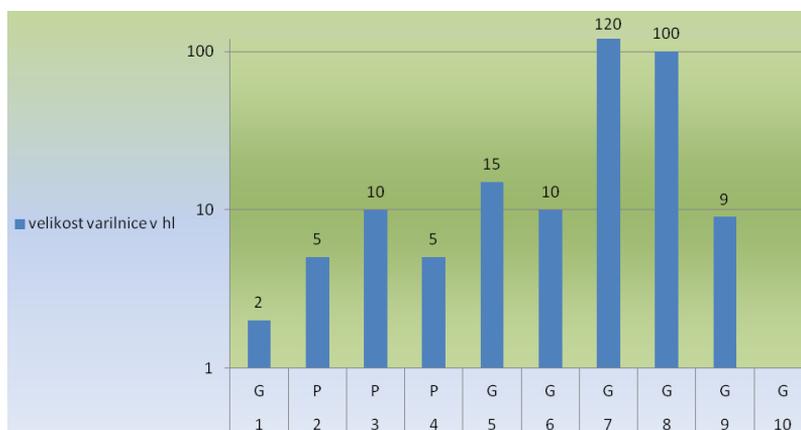
organiziranih kot družba z omejeno odgovornostjo (d.o.o.). Nismo zaznali povezav med velikostjo podjetja ali ukvarjanjem z več dejavnostmi in odločitvijo za obliko pravne osebe. Imamo sorazmerno velike pivovarne, organizirane kot s.p., in male, ki delujejo kot d.o.o.. Anketirani mali pivovarji imajo v povprečju manj kot dva zaposlena, šest podjetij po enega delavca, štiri po dva.

### 3.2 Proizvodnja in prodaja piva

Skupna proizvodnja anketiranih malih pivovarn je v letu 2014 znašala 3.156 hl piva. Ob predpostavki, da je bil v anketi zajet povprečni vzorec slovenskih pivovarjev, je količina proizvedenega piva malih pivovarn okoli 1 % zvarjenega piva v Sloveniji. Za leto 2015 smo v raziskavi evidentirali še njihov plan proizvodnje 2015 - ocenjen na 5.385 hl piva (+70 %).

Pivovarne, ki imajo izključno pivovarsko dejavnost (P), bistveno bolj povečujejo proizvodnjo, kot tiste, ki imajo zraven še gostinstvo in turizem (G). Pivovarji, ki imajo tudi gostinstvo, prodajo pivo pretežno v lastnih točilnicah in v lokalnem okolju. Hitrejšo rast in razvoj zaznamo v mlajših pivovarnah. V analiziranem obdobju od 2012 do 2015 nismo zaznali zmanjševanja proizvodnje pri nobeni pivovarni.

Kapaciteta za varjenje piva v obravnavanih malih pivovarnah (slika 1) in proizvodnja piva ne kažeta značilne povezanosti. Pivovarni z največjima kapacitetama za varjenje proizvedeta bistveno manj piva kot pivovarne, ki imajo manjše varilnice (Budna, 2016). Pivovarna št. 10 nima lastne proizvodnje. Zanj vari njihovo pivo druga pivovarna.



**Slika 1:** Kapacitete varjenja piva analiziranih malih pivovarn v hl  
**Figure 1:** Brewing capacity of microbreweries analyzed in hl.

V pivovarnah, ki nimajo drugih dejavnosti (P), varijo več različnih vrst piva. Prav tako v njih tudi bolj eksperimentirajo ter uvajajo nove tipe piva, z močnejše izraženo grenčico in obogatjenimi aromami, ki so na našem tržišču v zadnjem desetletju novost. V pivovarnah, ki imajo v svoji ponudbi bogatejši izbor piva, uporabljajo tudi pestrejši izbor slada in kvasovk (preglednica 1). Pivovarne navajajo skupaj proizvodnjo 20 različnih tipov piva, a varijo pretežno svetli in temni ležak. Tega kuhajo v sedmih od desetih pivovarn, kar je značilno tudi za preostale male pivovarne v Sloveniji (IHPS, 2016). Tri pivovarne varijo tip piva pale ale, po dve stout, indian pale ale in saison. Ostali tipi piva so zastopani v manjši meri, vendar so prisotni. Ocenjujemo, da se bo delež bolj grenkih in aromatičnih tipov piva tudi v Sloveniji še povečeval.

**Preglednica 1:** Tipi piva, slad in kvasovke v analiziranih malih pivovarnah

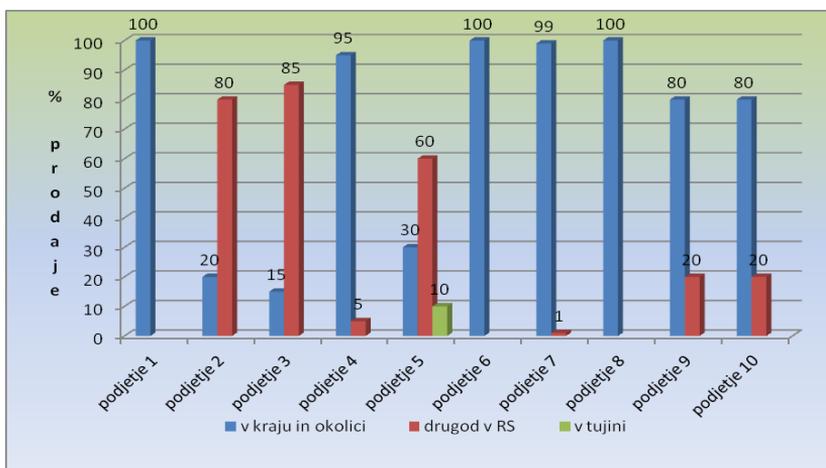
**Table 1:** Types of beer, malt and yeast in the analyzed microbreweries

Podjetje	Tip piva	Tipi slada v uporabi	Tip oz. tržno ime kvasovk
G1	svetlo, temno	wiener, pilsner, munchner, karafa	Fermentis 34/70
P2	svetlo, temno, dimljeno, specialno	winer, pilsner, munchner, karamelni, praženi (black)	Fermentis saf LAGER S-23
P3	cofe stout, winter warmer, IPA, DIPa, PA, hopy red ale, summer ale, saison, stout	n.p.	n.p.
P4	IPA, PA, robust porter, indian red ale	wiener, pilsner, munchner, praženi (black) cara ruby, melano, acid, special b	safALE 05, safLAGER S-34/70
G5	svetlo, temno	pilsner, carapils	safLAGER S-23, safLAGER S-34/70
G6	pilsner, bavarski, karamel temni	pilsner, bavarski, karamel temni	n.p.
G7	svetlo, temno	pilsner	n.p.
G8	svetlo, temno, pivo citra-sezonsko, radler	pilsner	safLAGER
G9	svetlo, temno, zeleno, karamel, čili	pilsner, cara ruby, black	n.p.
G10	PA, stout	wiener, black,	safALE o5

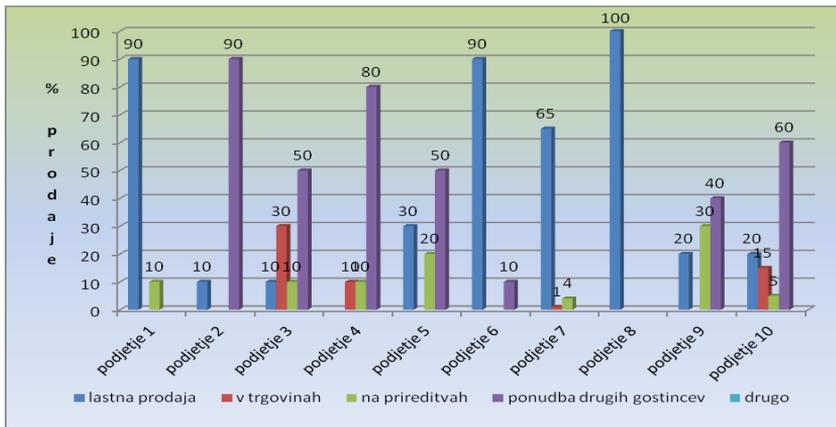
Rezultati raziskave ilustrirajo trženjske podatke analiziranih malih pivovarn o območjih prodaje, prodajnih kanalih in embalaži prodajanega piva. Prodaja prevladuje v kraju pivovarn in okolici. Trije anketiranci pretežni delež (60-85 %) proizvodnje prodajo širše po Sloveniji, ena pivovarna je prisotna na tujem trgu z 10 % deležem (slika 2).

V eni od analiziranih malih pivovarn imajo v celoti lastno prodajo, v treh prevladuje lastna prodaja (65-90 %), v eni pa lastne prodaje nimajo. V trgovinah prodajajo le štiri pivovarne in še to v manjšem deležu (1-30 %). Na prireditvah prodaja sedem pivovarjev in tudi to le v nekaj odstotnem deležu, medtem ko sedem pivovarjev prodaja pivo (10-90 %) tudi pri drugih gostincih (slika 3).

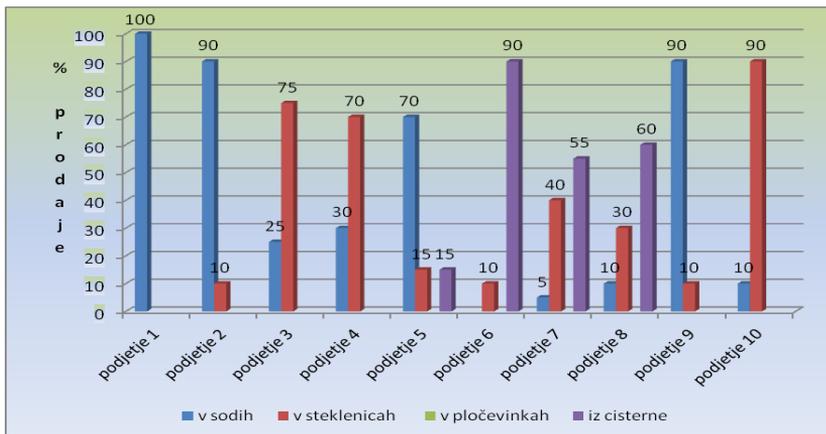
V eni od malih pivovarn celoten delež piva ponudijo v sodih, v treh prodajo v sodih pretežen delež (70-90 %), v ostalih pivovarnah pa prodajo v sodih le manjši delež piva. V steklenicah ga v treh pivovarnah prodajo nad 70 %, v drugih pa bistveno manj. Iz cistern prodajo pivo v eni pivovarni 90 %, v dveh okoli 60 %, v eni pa le manjši delež. Anketirani piva v pločevinkah niso prodajali (slika 4).



**Slika 2:** Območje prodaje piva analiziranih malih pivovarn  
**Figure 2:** Beer sales area of microbreweries analyzed.



**Slika 3:** Način prodaje varjenega piva analiziranih malih pivovarn  
**Figure 3:** Beer selling methods of microbreweries analyzed.



**Slika 4:** Ponudba piva po vrsti embalaže analiziranih malih pivovarn  
**Figure 4:** Beer supply according to type of packaging in microbreweries analyzed

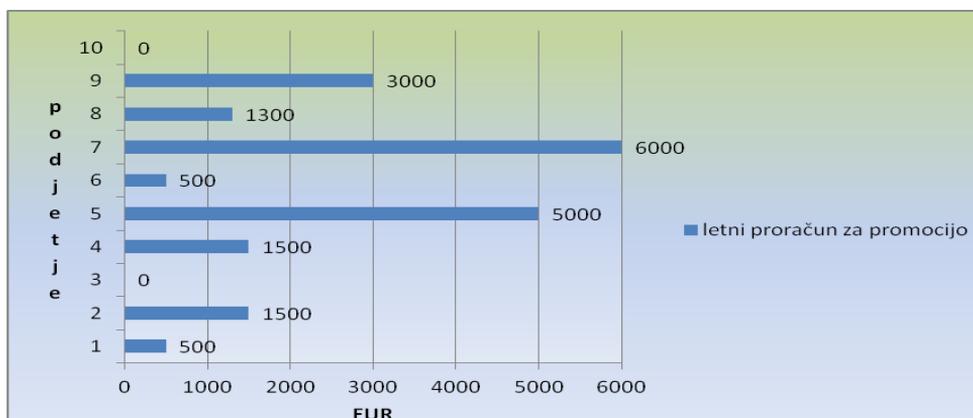
### 3.3 Trženjske aktivnosti za prepoznavnost pivovarn

Sedem izmed desetih vprašanih malih pivovarjev trži svoje pivo pod svojo tržno znamko. Preostali trije še ne. Pri elektronskem načinu oglaševanja jih osem od desetih uporablja spletne strani. Enako je pri aplikaciji Facebook, medtem ko uporabljata Twitter le dva pivovarja od desetih analiziranih.

Pri izgradnji pivovarske prepoznavnosti smo v anketi poizvedovali za uporabo lastnih reklamnih steklenic, kozarcev in podstavkov. Lastne steklenice uporablja 8 anketiranih malih pivovarjev, medtem ko ima lastne reklamne kozarce 6 v vzorec vključenih pivovarn. Reklamne podstavke za kozarce uporabljajo le 3 pivovarji. Med načine trženja s poudarkom na promociji odgovornega pitja piva spadajo še različne brošure, zgibanke in plakati, s katerimi dosežejo širši krog potrošnikov. Rezultati kažejo, da jih uporablja zgibanke 8, brošure in plakate 6, transparente 2, majice in nalepke pa le eden.

Na vprašanje ali sodelujejo pivovarji z mediji (radio in TV), je pritrdilno odgovorilo 8 anketirancev. Enako jih 8 sponzorira različne klube in dejavnosti ter finančno podpira razne dobrodelne projekte, medtem ko različne druge promocijske dejavnosti izvajajo trije. Rezultati raziskave kažejo, da so na različnih sejnih, festivalih in dogodkih, ki so povezani s pivom, aktivno sodelovali predstavniki 6 anketiranih pivovarn, strokovne sejme v tujini (npr. BrauBeviale v Nürnbergu) pa so obiskali zaposleni iz 4 pivovarn.

Male pivovarne namenijo letno 500 do 6.000 EUR sredstev za promocijo (slika 5). Pri podjetjih 3 in 10 ni podatka, saj v letu 2014 še nista poslovali. Primerjava promocijskega proračuna in proizvedenih količin piva kaže, da v pivovarnah, kjer namenijo največje zneske za promocijo (podjetja 5, 7, 9), proizvedejo tudi največje količine piva. Prav tako pa so tudi med najstarejšimi pivovarnami.



*Slika 5: Proračun za promocijo anketiranih malih pivovarn v letu 2014*

*Figure 5: The budget for the promotion of surveyed microbreweries in 2014*

### 3.4 Izobraževanje na področju pivovarstva

Največ anketirancev (6) je že predhodno imelo izkušnje z delom v tržno usmerjenih pivovarnah. Polovica (5) jih je navedla, da so se izpopolnjevali tudi z

različno tiskano in spletno literaturo. Z obiski strokovnih sejmov in pivovarn so dodatno obogatili znanje zaposleni iz 4 pivovarn. Le eden od vprašanih je bil začetnik, ki je ob nakupu pivovarne pridobil tudi celovito tehnološko svetovanje. Osem pivovarjev je mnenja, da jim bo pridobitev nacionalne poklicne kvalifikacije NPK Pivovar/pivovarka na ravni EU, omogočila konkurenčnejše poslovanje v poklicni karieri. Prav tako pa bi v prihodnosti omogočili tudi svojim sodelavcem tovrstno strokovno šolanje na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu.

#### 4 ZAKLJUČKI

Sodobni trendi v pivovarstvu predstavljajo tudi v Sloveniji vedno večje možnosti izbire med različnimi lokalnimi okusi in tržnimi znamkami piva. Predstavljeni rezultati raziskave domačega trga s pivom sodijo v raziskovalni sklop že uveljavljenega področja beer economics, oz. beeronomics, ki ima tudi že svoje mednarodno združenje The Beeronomics Society ([www.beeronomics.org/](http://www.beeronomics.org/)). Rezultati anketne analize v letu 2014 ilustrirajo podjetniško organiziranost, opremljenost, trženjske aktivnosti in prepoznavnost proizvodnje vzorca 20 % slovenskih malih pivovarn. Hkrati pa potrjujejo tudi v Sloveniji prisotne globalne trende povečanega povpraševanja po različnih tipih piva, rasti pestrejših ponudb novo nastajajočih pivovarn in dodatnih priložnostih zaposlovanja v agroživilstvu, gostinstvu in turizmu.

#### 5 LITERATURA

- Budna P. Tržno-tehnološka analiza majhnih pivovarn v Sloveniji. Magistrsko delo, UM Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor. 2016; 65 s.
- EESO. 2015. Evropsko-ekonomsko socialni odbor. Evropsko pivovarstvo: Osutek mnenja posvetovalne komisije za spremembe v industriji o spodbujanju potenciala rasti v evropskem pivovarstvu. Dostopno na: [https://webapi.eesc.europa.eu/documentsanonymous/CES2391-2013\\_00\\_00\\_TRA\\_PA\\_SL.doc](https://webapi.eesc.europa.eu/documentsanonymous/CES2391-2013_00_00_TRA_PA_SL.doc). (12. 10. 2016).
- IHPS. Interno gradivo v okviru izobraževanja za pridobitev NPK Pivovar/pivovarka. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec. 2016.
- Košir I.J. Mali pivovarji v Sloveniji. Hmeljar. 2014. 76(1-12): 45.
- Meier H. The Barth Report. Hops 2015/2016. Barth-Haas Group. Joh. Barth, Sohn GmbH & Co KG, Nürnberg. 2016; 7.
- Olšovská J., Štěrba K., Pavovič M., Čejka P. Determination of the Energy Value of Beer. J. Am. Soc. Brew. Chem. 2015; 73(2): 165-169.
- Pavlovič M., Košir I.J., Čerenak A., Ozimek J., Hribernik M. Pivovarska šola v Žalcu. Hmeljar. 2015. 77(1-12): 20-21.
- Pavlovič M. Rastoče pivovarne narekujejo globalno povpraševanje po surovinah za pivo. Hmeljar. 2015; 77(1-12): 23-25.

## SPENT BREWER'S YEAST – A SOURCE OF $\beta$ -GLUCAN FOR VARIOUS PURPOSES

Vlatka PETRAVIĆ-TOMINAC<sup>15</sup>, Božidar ŠANTEK<sup>16</sup> in Vesna ZECHNER-KRPAN<sup>17</sup>

Professional article / strokovni članek

Received / prispelo: 24. 10. 2016

Accepted / sprejeto: 18. 11. 2016

### Abstract

Spent brewer's yeast, a by-product of beer production, could be used as a raw-material for isolation of  $\beta$ -glucan. In spite of the fact that large quantities of brewer's yeast are used as feed, certain quantities are still treated as waste.  $\beta$ -Glucans are compounds that can achieve a greater commercial value than the brewer's yeast itself. Among various compounds that can be isolated from yeast,  $\beta$ -glucans are products that can be used as multipurpose ingredient and achieve a high price on the market. In addition of their immunostimulatory activity that makes them suitable for application in human and veterinary medicine,  $\beta$ -glucans can find application in pharmaceutical and chemical industries, food and feed production, as well as in production of cosmetics. Therefore, production of  $\beta$ -glucans, which have huge application potential, is suggested as an attempt to solve the problem of spent brewer's yeast.

**Keywords:**  $\beta$ -glucan, spent brewer's yeast

## UPORABLJEN PIVOVARSKI KVAS - VIR $\beta$ GLUKANOV ZA RAZLIČNE NAMENE

### Izvleček

Odpadni pivski kvas, stranski produkt proizvodnje piva, se lahko uporablja kot surovina za izolacijo  $\beta$ -glukanov. Kljub dejstvu, da se velike količine pivovarskega kvasa uporabljajo kot krma, se določena količina še vedno obravnava kot odpad.  $\beta$ -glukani so komponente, ki lahko doseže večjo tržno vrednost kot sam pivski kvas. Med različnimi komponentami, ki jih lahko izoliramo iz kvasa, so  $\beta$ -glukani izdelek, ki se lahko uporablja kot večnamenska sestavina ter lahko doseže visoko ceno na trgu. Poleg njihovega imunostimulacijskega delovanja, zaradi česar so primerni za uporabo v humani in veterinarski medicini,  $\beta$ -glukani lahko najdejo uporabo v farmacevtski in kemični industriji, proizvodnji hrane in krme, kakor tudi pri proizvodnji kozmetike. Zato se

---

<sup>15</sup> Associate Professor, University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Department of Biochemical Engineering, Laboratory for Biochemical Engineering, Industrial Microbiology and Malting and Brewing Technology, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Croatia, e-mail: vpetrav@pbf.hr

<sup>16</sup> Full professor, the same address, e-mail: bsantek@pbf.hr

<sup>17</sup> Full professor, the same address, e-mail: vzkran@pbf.hr

izolacija  $\beta$ -glukanov, ki imajo velik potencial uporabe, predlaga kot poskus rešitve problema odpadnega pivskega kvasa.

**Ključne besede:**  $\beta$ -glukan, odpadni pivski kvas

## 1 INTRODUCTION

D-Glucans are polymers of glucose (D-glucopyranose), joined by glycosidic linkages between the hemiacetal oxygen at C-1 on one monosaccharide residue and one of the four hydroxyl groups at C-2, C-3, C-4 or C-6 atom on the next glucose residue. Theoretically, eight different glucans homogenous with respect to linkage type can be formed by combination of the four possible linkage positions and the two possible configurations of the hemiacetal hydroxyl group ( $\alpha$ - and  $\beta$ -configuration; Stone and Clarke, 1992). The natural sources of  $\beta$ -glucans are bacteria, yeast, algae, mushrooms, barley and oat. The native chemical structure of  $\beta$ -glucans depends on their source. Each type of  $\beta$ -glucan, generally derived from different sources, has unique structure in which glucose units are linked together in different ways (Stone and Clarke, 1992; Stone, 2009).

$\beta$ -D-Glucans (hereafter referred to as " $\beta$ -glucans") belong to a group of physiologically active compounds called "biological response modifiers" (Gardiner, 2000; Tzianabos, 2000; Vetvicka et al., 2015). In addition to its use in human and veterinary medicine, various applications of  $\beta$ -glucan in pharmacy, production of food, feed and cosmetics are described in literature, as well as some other examples of its non-medical utilization.

In the Western world, dietary supplements containing  $\beta$ -glucans up to now have been mostly produced from baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* (Samuelsen et al., 2014). Baker's yeast has also been studied more often by several research groups, but in recent years there has been an increasing interest in isolation and use of  $\beta$ -glucan from brewer's yeast (Suphantarika et al., 2003; Thammakiti et al., 2004; Worrasinchai et al., 2006; Santipanichwong and Suphantarika, 2007; Satrapai and Suphantarika, 2007; Zechner-Krpan et al., 2010a; Zechner-Krpan et al., 2010b; Petravić-Tominac et al., 2011). Spent brewer's yeast is obtained in huge amounts as by-product in breweries all around the world. Most of it is usually sold after heat inactivation as a cheap feed supplement (Hayen and Pollman, 2001; Wheatcroft et al., 2002; Cook et al., 2003). The rest of it ends in waste water disposal and pollutes the natural water sources with organic material (Thammakiti et al., 2004). On the other hand, spent brewer's yeast could be a good source for isolation of high-value products. Many compounds of the yeast biomass, including the  $\beta$ -glucan, can achieve a higher price than the yeast itself.  $\beta$ -Glucan extracted from yeast cell walls can find wide application in various fields, or be further processed into other products of much higher commercial value (Seeley, 1977;

Wheatcroft et al., 2002; Supphantharika et al., 2003; Thammakiti et al., 2004; Liu et al., 2008). Various technological and laboratory methods are developed for isolation of soluble and insoluble  $\beta$ -glucan from cell walls of baker's or brewer's yeast. The purpose of this paper is to review recent research conducted on potential applications of  $\beta$ -glucan in various areas of human activity.

## 2 STRUCTURE OF THE YEAST CELL WALL AND CHEMICAL STRUCTURE OF YEAST $\beta$ -GLUCAN

The  $\beta$ -glucan component in the cell wall of yeast *Saccharomyces cerevisiae* is often simply called glucan or yeast glucan. Function of  $\beta$ -glucan in yeast cell wall is maintenance of rigidity and shape of the cell. That polysaccharide consists mainly of linear central backbone of D-glucose, i.e. linear  $\beta$ -(1,3)-glucan where glucose units are linked in the  $\beta$ -(1,3) position. It also has side branches of  $\beta$ -(1,6)-glucan of various sizes, consisting of D-glucose units that are linked by  $\beta$ -(1,6)-linkages. The branches occur at different intervals along the central backbone. In fact,  $\beta$ -glucans in yeast cell walls have so-called "branch-on-branch" structure, containing linear  $\beta$ -(1,3)-glucosyl chains that are joined through  $\beta$ -(1,6)-linkages. Cell wall of *Saccharomyces cerevisiae* contains  $\beta$ -glucan, mannan, protein, and small amounts of chitin. The structure and composition of yeast cell wall depend on the yeast strain and cultivation conditions (Klis et al., 1997; Nguyen et al., 1998; Osumi, 1998; Sauter et al., 2004; Zeković et al., 2005; Clavaud et al., 2009; Stone, 2009; Petravić-Tominac et al., 2010).

The cell walls of yeast *Saccharomyces cerevisiae* are one of the most common sources for the isolation of  $\beta$ -(1,3)(1,6)-D-glucan. The whole cell wall of the yeast contains 85 - 90 % of polysaccharides and 10 - 15 % of protein (Nguyen, 1998). The polysaccharide part of the cell wall consists of water-soluble mannan, alkali-soluble glucan, alkali-insoluble glucan, and a small amount of chitin (Klis, 1997).

## 3 $\beta$ -GLUCANS IN HUMAN MEDICINE

$\beta$ -Glucan was introduced into clinical practice in 1983 in Japan and since that time it is still successfully used. The Western world was significantly slower in recognizing  $\beta$ -glucan's potential, but according to the number of currently running clinical trials Vetvicka et al. (2015) suggested that  $\beta$ -glucan might soon become an approved drug.  $\beta$ -Glucans show various therapeutic effects and the most often described mechanism of their action is activation of the immune response through the immune cells, called macrophages. They are beneficial in treatment of many infectious diseases, caused by bacteria, viruses, parasites and fungi. Numerous animal and human studies conducted both *in vitro* and *in vivo* confirmed immunomodulation by  $\beta$ -glucan and its activity against a wide range of tumors (Zeković et al., 2005; Laroche and Michaud, 2007; Novak and Vetvicka, 2008;

Petravić-Tominac et al., 2010). Also, several additional effects were later shown, including reduction of stress, suppression of toxic effects of numerous substances such as mercury or aflatoxins as well as significant potential in the suppression or treatment of several gastrointestinal problems including colitis and Crohn disease (Vetvicka et al., 2015). Medicinal importance of fungal  $\beta$ -(1,3)(1,6)-glucans, including their effects on the immune system and possible mechanisms of their action, were reviewed by Chen and Seviour (2007). The authors also discussed their importance in the treatment of cancer and infectious diseases, as well as a role in the treatment of hypercholesterolaemia, diabetes, high blood pressure, and wound healing. In addition, they explained structure–function relationships in immunomodulation by fungal  $\beta$ -glucans. The importance of structure and its influence on biological activity was also discussed by other authors (Zeković et al., 2005).

Synergistic effect of  $\beta$ -glucans with various drugs and treatments is also reported in literature (Zeković et al., 2005). Use of  $\beta$ -glucan is beneficial for patients having a compromised immune system or suffering from various diseases, such as infections, cancer and hematological disorders. The patients undergoing demanding therapies, such as chemotherapy, surgery, radiation, etc., can also have a number of benefits of  $\beta$ -glucan (Gardiner, 2000; Laroche and Michaud, 2007). Results of Gu et al. (2005) suggested that  $\beta$ -glucan derived from yeast *S. cerevisiae* may be promising for the treatment of cancer patients receiving radiotherapy. This is in agreement with the other studies that confirmed radioprotective activity of yeast  $\beta$ -glucans (Ber, 1997). Ueno (2000) published a study on orally applied particulate yeast  $\beta$ -glucan in treatment of various types of cancer. Relapse was not observed in glucan-treated patients while in untreated control group there was 22 % of relapse. There was significant decrease of patients' mortality in terminal phase of illness.  $\beta$ -Glucans can reduce the risk of infections and increase the general level of resistance to pathogens, including those which are antibiotic-resistant. Therefore it could be helpful in preventing post-surgical infections and reduction of septic infection (Tzianabos, 2000; Chen and Seviour, 2007).

Both soluble and insoluble (particulate)  $\beta$ -glucans possess biological activity and therefore could find their medical applications. The effectiveness of orally applied  $\beta$ -glucan was proven in various studies. Vetvicka et al. (2002) demonstrated that oral administration of insoluble yeast  $\beta$ -glucan had significant effects as a prophylactic agent to reduce the mortality of anthrax infection in mice. In addition, the same type of treatment also inhibited the growth of cancer cells *in vivo*. These findings are important because oral administration of microparticulate  $\beta$ -glucans is especially suitable to consumers. No adverse effects in humans have been recorded when purified fungal  $\beta$ -glucans have been administered orally, however, it should be cautious with their co-administration with some drugs (Chen and Seviour, 2007).

Particle size distribution could be correlated with the immune activity of the insoluble  $\beta$ -glucan preparation. Its biological activity depends on its particle size, because they have to correspond to dimensions of  $\beta$ -glucan receptors, and diameter of 1–2  $\mu\text{m}$  is optimally phagocytized by macrophages. Agglomeration of insoluble glucan particles may also adversely affect its activity (Hunter et al., 2002). Dimensions and microscopic morphology of  $\beta$ -glucan depend on technological procedures applied during isolation, as well as on the method and parameters of drying and/or grinding (Hunter et al., 2002; Hromádková et al., 2003). Effects of orally administered yeast-derived  $\beta$ -glucans has been reviewed by Samuelsen et al., (2014).

Most  $\beta$ -glucans are insoluble, and injection of such microparticulate preparations cause adverse effects (Vetvicka, 2001). Procedures of chemical derivatization, such as sulfonation/sulfation, phosphorylation or carboxymethylation, of insoluble  $\beta$ -glucans are therefore used to produce water-soluble  $\beta$ -glucan preparations (Zeković et al., 2005), having several advantages in intravenous application, as well as in some other non-medical applications. The obtained molecules of soluble glucan can be further modified using enzymes or ultrasonic treatment to increase their biological activities.

Vetvicka and Vetvickova (2007) compared the basic immunological activities of a group of commercially available  $\beta$ -glucans, both soluble and insoluble, chosen among heavily advertised commercial products and obtained from various natural sources. The results showed that some of the commercial glucans had surprisingly low activity and differed in biological effects. The authors concluded that it is imperative to use a  $\beta$ -glucan from a solid vendor that is able to back the claims with solid scientific data. Biological activity of  $\beta$ -glucans may be lost during isolation if harsh procedures are applied, but they could still have other beneficial properties useful for non-medical application in other areas, as will be discussed later.

In addition to the above described immunostimulatory properties, useful for human and animal health,  $\beta$ -glucans have some other effects. They act as antioxidants and some of them have demonstrated wound healing activity (Ross et al., 2004; Salvador et al., 2008). Vetvicka (2011) reviewed various less known, but potentially significant roles that glucans might play in medicine. Besides its potential use as immunostimulant,  $\beta$ -glucan represents a natural, inexpensive and safe vehicle for drug delivery. Several studies have suggested a possible synergy of glucan with additional bioactive substances, e.g. in combination with vitamin C or resveratrol.

Macrophage activity plays the main role in wound healing after surgery or trauma. Immunomodulators that enhance macrophage activity, such as  $\beta$ -glucan, have

positive effects on collagen biosynthesis in the healing wounds. In animal and human studies, conducted with both soluble yeast  $\beta$ -glucan and the whole glucan particles, therapy with  $\beta$ -glucan showed improvements such as reduced mortality, lowered infection, and stronger tensile strength of scar tissue (Browder et al., 1990; Portera et al., 1997). This is especially beneficial in diabetic patients, who have increased susceptibility to infections, frequent occurrence of ulcers and delayed wound healing. Compared with some other polysaccharides in topical application on experimental wounds, yeast  $\beta$ -glucan showed faster repair rate (Lloyd et al., 1998). Ber (1997) published that a topical combination of  $\beta$ -glucan and antibiotic improves epithelialization and wound-healing in humans. He also suggested topical glucan applications as a treatment of decubitus wounds. Various applications of  $\beta$ -glucan in healing of burns and topical damages were also shown, either in direct effect on healing (Wei et al., 2002; Pillai et al., 2005) or as an ingredient of temporary coverage for partial thickness burns, donor sites, and other shallow wounds (Dellate et al., 2001).

Application of  $\beta$ -glucan as a component of so called bio-artificial skin, composed of gelatin and  $\beta$ -glucan, that promotes wound healing, was shown by Lee et al. (2003).

Human studies have demonstrated that  $\beta$ -glucan decreases blood cholesterol and high lipids level (Bell et al., 2001; Keogh et al., 2003). Lowering the blood lipids and total and low-density lipoprotein (LDL) cholesterol is the best way to prevent high blood pressure and arteriosclerosis.

$\beta$ -Glucans could also prevent some digestion problems, like constipation and stomach troubles (Gardiner, 2000). Apart from exerting the health-related benefits mentioned above,  $\beta$ -glucans may also provide health promoting effects by their action as potential prebiotics (Lam and Cheung, 2013). As prebiotics,  $\beta$ -glucans can improve growth of probiotic bacteria from genus *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*, living in intestinal tract (Gardiner, 2000).

#### **4 $\beta$ -GLUCANS IN VETERINARY MEDICINE AND FEED PRODUCTION**

It has been shown that  $\beta$ -glucan is active in a broad spectrum of biological species (Vetvicka, 2001; Vetvicka, 2002). Feed additives and veterinary drugs used for economically important species of animals and pets are therefore an important area of  $\beta$ -glucan application.

The research on substances that act on non-specific immune reactions are becoming increasingly important from the standpoint of veterinary medicine. Commercially important animals are raised under stressful conditions, and the

ability to stimulate their immunity by using commercial immunostimulants markedly reduced mortality that is induced by stress-associated diseases. Use of  $\beta$ -glucans as feed additives in intensive breeding of poultry, cattle, fish and crustaceans, reduced the occurrence of infection, thereby improving growth and reduced the need for addition of antibiotics (Keller, 2000; Hayen and Pollmann, 2001; Wheatcroft, 2002; Petravić-Tominac et al., 2009; Petravić-Tominac et al., 2010).

Protective and anti-infective activity of the insoluble  $\beta$ -glucans originating from yeast was investigated *in vivo* by Vetvicka et al. (2002) in mice infected with anthrax. Oral administration of 2 and 20 mg/kg, without the use of other drugs, achieved 100% survival for 10 days, while 50 % mortality was observed in the control group.

$\beta$ -Glucans obtained from brewer's yeast showed to be effective immunostimulants *in vitro* and *in vivo* in crustaceans (Wheatcroft et al., 2002; Thanardkit et al., 2002; Suphantharika . et al., 2003), fish (Wheatcroft et al., 2002) and poultry (Wheatcroft et al., 2002).

Cook et al. (2003) have described use of the commercial immunostimulatory preparation, containing glucan and mannan, with average particle size less than 1  $\mu$ m. The preparation was isolated from yeast *Saccharomyces cerevisiae* and added in food pellets that were given to fish species *Pagrus auratus*. The positive impact on the parameters of non-specific immunity and growth rate suggested the advantage of routine addition of this product in the fish food.

Administration of  $\beta$ -glucans through various routes including immersion, feed or injection have been found to enhance many types of immune responses, resistance to bacterial and viral infections and resistance to environmental stress (Vetvicka et al., 2013). Although its efficacy to some extent varies with type and administration,  $\beta$ -glucan used as an immunomodulatory additive elicit immunity in commercial aquaculture and is currently routinely used in commercial farming. Development of more efficient administration methods will facilitate the routine and prophylactic use of glucans as natural immunostimulants of fish.

Use of different  $\beta$ -glucans as immunostimulants in aquaculture (fish and shellfishes) has been shown in the review of Meena et al. (2013). The authors also summarized immunostimulative effects of  $\beta$ -glucans produced from baker's yeast and spent brewer's yeast.

Combination of  $\beta$ -glucan and vitamins, improving the resistance of aquatic animals (fish, crustaceans and invertebrates), as well as hot-water and cold-water decorative fish, was published by Kürzinger (2001). In animals,  $\beta$ -glucans have been tested

not only as a specific stimulus, but has also shown good results in addition to currently used vaccines (Vetvicka, 2001; Meena et al., 2013), and in combinations with other immunostimulants or probiotics (Meena et al., 2013).

## 5 NON-MEDICAL APPLICATIONS OF $\beta$ -GLUCAN

### 5.1 Yeast $\beta$ -glucans in food industry

Yeast  $\beta$ -glucan has approval for use as a food ingredient and has GRAS (Generally Recognized As Safe) status given by (FDA, 2008). It has been also approved as novel food ingredient by the European Food Safety Authority (EFSA, 2011). Furthermore, London (2010) discussed  $\beta$ -glucan as an immune-boosting component of functional foods. Zeković et al., (2005) also mentioned importance of  $\beta$ -glucan as functional food compound.

New components, which can reduce the price and improve the value of food products are interesting for food industry.  $\beta$ -Glucans, originating from various sources, have properties beneficial for food production (Reed and Nagodawithana, 1991; Thammakiti et al., 2004; Zechner-Krpan et al., 2009; Ahmad et al., 2012). They can be applied as food thickeners or fat replacers, suppliers of dietary fibers (Sucher et al., 1975; Lee et al., 2009), viscosity imparting agents, emulsifiers, films, prebiotics (Laroche and Michaud, 2007), as well as water-holding (Seeley, 1977; Thammakiti et al., 2004) and oil-binding agents (Reed and Nagodawithana, 1991; Wylie-Rosett, 2002; Thammakiti et al., 2004). Regarding water absorption and thickening,  $\beta$ -glucan is superior to dried yeast and other yeast fractions. Dispersibility, neutral flavour, fat-binding and gelling properties of yeast  $\beta$ -glucan (Seeley, 1977), as well as its neutral flavour and a smooth and creamy mouthfeel (Sucher et al., 1975) are also found as beneficial properties, enabling its use as a food ingredient and opening new application possibilities. Insoluble, so-called particulate yeast  $\beta$ -glucan, can be used together with soluble colour, giving the insoluble colouring agent used as food additive (Hobson and Greenshields, 1996; Hobson and Greenshields, 2001).

A variety of food ingredients and food products containing  $\beta$ -glucan from baker's or brewer's yeast can be produced, e.g. gelling thickeners for functional food products, biscuits and cookies, meat products, soft cheese, bread, bread mixture, pancakes, toast, dough, salty and sweet nibbling food, ice creams, frozen deserts, yogurts and other milk products, milk drinks, salad dressings, sauces, soups and beverages, including juices and dairy drinks (Seeley, 1977; Read and Nagodawithana, 1991; Lazzari, 2000; Thammakiti et al., 2004; Van Langerich et al., 2004; Neumann et al., 2006; Worrashinchai et al., 2006; Laroche and Michaud, 2007; Zechner-Krpan et al., 2009; London, 2010).  $\beta$ -Glucan from spent brewer's yeast is successfully applied in various food systems and showed to be equally

appropriate for food industry as well as preparations originating from baker's yeast (Thammakiti et al., 2004.; Worrasinchai et al., 2006.; Santipanichwong and Suphantharika, 2007.; Liu et al., 2008; Zechner-Krpan et al., 2009). The ability of brewer's yeast  $\beta$ -glucan to retain water can be used in the production of sausages and other meat products (Thammakiti et al., 2004). Its gelling, water-holding and oil-binding characteristics make it suitable for many food products, such as the production of mayonnaise and sausages (Reed and Nagodawithana, 1991; Lazzari, 2000; Wylie-Rosett, 2002; Thammakiti et al., 2004; Petravić-Tominac, et al., 2011).

## 5.2 Yeast $\beta$ -glucans in cosmetics

In the past few decades, the market for anti-aging products and services has grown into global industry, so  $\beta$ -glucan can definitely find its place in this field. Apart from the biological activity, water holding, oil binding, and rheological properties of  $\beta$ -glucan, as well as stabilizing and/or emulsifying properties make it an effective ingredient in cosmetic composition. It can be used as thickener and emollient in cosmetic preparation (Gardiner, 2000; Sajna et al., 2015).

$\beta$ -Glucans were introduced in nonclinical applications as aging prevention and moisture retention agents in cosmetics. They are used in creams and lotions for sensitive and irritated skin (Wheatcroft et al., 2002) or for its antioxidant properties, moisture retention, as well as prevention of ageing, skin diseases or irritation (Takahashi et al., 1978; Sajna et al., 2015).

$\beta$ -Glucan application could be an alternative to other, more invasive treatments of wrinkle reduction (Pillai et al., 2005). Topical application of  $\beta$ -glucan reduces signs of ageing by reducing number, depth and length of wrinkles, as well as thickening and reducing roughness and dryness of the skin (Ber, 1997; Sajna et al., 2015).

Commercial sunscreens prevent burns, but can not ensure the adequate prevention from skin cancer.  $\beta$ -Glucan is capable of epidermal macrophage (Langerhans cells) activations and has free-radical scavenging effect, and therefore could be used as a photoprotective agent in sunscreens that protects immunological function of the skin (Ber, 1997; Wheatcroft et al., 2002; Sajna et al., 2015). Stimulation of hair regeneration and growth by activation of hair follicles was also noticed (Sajna et al., 2015).

Carboxymethyl glucan (CM-glucan) is the example of modified yeast glucan with improved water solubility, that is used as an active ingredient in various cosmetic formulation. Its topical application offers substantial protection from UV rays by inhibiting the depletion of antioxidant molecule on skin. CM glucan also

accelerates skin recovery by promoting the growth of keratinocytes (Sajna et al., 2015).

### 5.3 Other non-medical applications of $\beta$ -glucan

Although the largest part on  $\beta$ -glucan literature describes their biological properties and possibilities of medical applications, they could also be applied in many other ways. Adhesive properties of  $\beta$ -glucan are used in production of adhesive layer for patch manufacturing (Laroche and Michaud, 2007). Curdlan is a type of  $\beta$ -glucan that has been used as antisegregating agent in concrete and mortar preparations (Park et al., 2003; Laroche and Michaud, 2007). Application of curdlan-sulfate has been suggested as an elictor agent in stimulating natural protection of plants (Yvin et al., 2006; Laroche and Michaud, 2007). Sulphated glucans are incorporated in new cigarette's filters (Vila et al., 2005; Laroche and Michaud, 2007).

Other possible applications include use of glucan as a solid support material for chromatographic separations (U.S. Congress, 1993). Takahashi et al. (1978) treated some  $\beta$ -glucans of bacterial and fungal origin using chemicals to obtain derivatives suitable for application as insoluble support material for affinity chromatography.

Vaidya and Singhal (2008) investigated insoluble yeast  $\beta$ -glucan (IYG) that was epoxy-activated and used as a support matrix for enzyme immobilization. The epoxy-activated IYG was evaluated for immobilization of *Candida rugosa* lipase (CRL), resulting with improved pH, temperature as well as storage stability. The biocatalytic IYG support showed considerable operational stability and reusability in non-aqueous medium.

$\beta$ -Glucan binds many yeast proteins as well as proteins from other sources *in vitro*. Simple and inexpensive one-step purification of proteins which have low binding-affinity for yeast glucan can be done using partially purified yeast glucan, that adsorbs impurities. Teparić and Mrša (1997) used this procedure to purify acid phosphatase from *Saccharomyces cerevisiae* cell extract and invertase from several commercially available preparations. In both cases, adsorption of impurities to glucan resulted in high yields of pure enzymes, without significant protein denaturation.

## 6 CONCLUSIONS

Spent brewer's yeast is mostly used as feed additive.  $\beta$ -Glucan is one of the compounds that can achieve a greater commercial value than the brewer's yeast itself. Considering the possibility of its use in human and veterinary medicine, as well as its various industrial applications, it can be considered as a multipurpose ingredient that can achieve a high price on the market.  $\beta$ -Glucan production, which

has huge application potential, is suggested as an attempt to solve the problem of spent brewer's yeast.

## 7 REFERENCES

- Ahmad A., Anjum F. M., Zahoor T., Nawaz H., Dilshad S.M.R. Beta glucan: a valuable functional ingredient in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2012; 52(3): 201-212.
- Bell S.J., Armour Forse R., Bistrrian B.R. Dietary supplement and method for lowering risk of heart disease. 2001; *US Patent 6 210 686*.
- Ber L. Yeast-derived  $\beta$ -1,3-glucan: an adjuvant concept. *American Journal of Natural Medicine*. 1997; 4(9): 21-24.
- Browder W., Williams D., Pretus H., Olivero G., Enrichens F., Mao P., Franshella A. Beneficial effect of enhanced macrophage function in trauma patients. *Annals of Surgery*. 1990; 211(5): 605-613.
- Chen J., Seviour R. Review – Medicinal importance of fungal  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 6)-glucans. *Mycological Research*. 2007; 111(6): 635–652.
- Clavaud C., Aimaniananda V., Latge J.P. Organization of fungal, oomycete and lichen (1,3)- $\beta$ -glucans. In: *Chemistry, biochemistry, and biology of 1,3- $\beta$ -glucans and related polysaccharides* (A Bacic, G Fincher, B Stone, eds.), 2009; Academic Press, New York, 387-424.
- Cook M.T., Hayball P.J., Hutchinson W., Nowak B.F., Hayball J.D. Administration of a commercial immunostimulant preparation, EcoActiva™ as a feed supplement enhances macrophage respiratory burst and the growth rate of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae (Bloch and Schneider)) in winter. *Fish & Shellfish Immunology*. 2003; 14(4): 333-345.
- Delatte S.J., Evans J., Hebra A., Adamson W., Othersen H.B., Tagge E.P. Effectiveness of beta-glucan collagen for treatment of partial-thickness burns in children. *Journal of pediatric surgery*. 2001; 36(1): 113-118.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on the safety of “yeast beta-glucans” as a novel food ingredient. *EFSA J*. 2011; 9(5), 2137.
- FDA (2008) <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/NoticeInventory/ucm153925.htm> (cited: 19. 10. 2016)
- Gardiner, T. Beta-glucan biological activities: A Review. *GlycoScience*. 2000; 1(32): 1-6.
- Gu Y.-H., Takagi Y., Nakamura T., Hasegawa T., Suzuki I., Oshima M., Tawaraya H., Niwano Y. Enhancement of radioprotection and anti-tumor immunity by yeast-derived  $\beta$ -glucan in mice. *Journal of Medicinal Food* 2005; 8(2): 154–158.
- Hayen D.G., Pollmann D.S. Animal feeds comprising yeast glucan. 2001; *US Patent 6 214 337*.
- Hobson J.C., Greenshields R. N. Water insoluble coloring agent. 1996; *US Patent 5 545 557*.
- Hobson J.C., Greenshields R. N. Yeast debris products. 2001; *US Patent 6 274 370 B1*.
- Hromádková, Z., Ebringerová, A., Sasinková, V., Šandulá, J., Hřibalová, V., Omelková, J. Influence of the drying method on the physical properties and immunomodulatory activity of the particulate (1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-glucan from *Saccharomyces cerevisiae*. *Carbohydrate Polymers*. 2003; 51(1): 9-15.

- Hunter Jr, K.W.; Gault, R.A.; Berner, M.D. Preparation of microparticulate  $\beta$ -glucan from *Saccharomyces cerevisiae* for use in immune potentiation. *Letters in Applied Microbiology*. 2002; 35(4), 267-271.
- Keller, T. Compounding with  $\beta$ -1,3-D-glucan. *International Journal of Pharmaceutical Compounding*. 2000; 4(5): 342-345.
- Keogh G.F., Cooper G.J., Mulvey, T.B., McArdle B.H., Coles, G.D., Monro J.A., Poppitt S.D. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly beta-glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 78(4): 711-718.
- Klis F.M., Caro L. H.P., Vossen J.H., Kapteyn J.C., Ram A.F.J., Montijn C.R., Van Berkel A.A.M., Van den Ende H. Identification and characterization of a major building block in the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochemical Society Transactions*. 1997; 25(3): 856 - 860.
- Kürzinger, H.M. Anti-stress agents for aquatic animals. 2001; *US Patent 6 306 453 B1*.
- Lam K.-L., Cheung P.C.-K., Nondigestible long chain beta-glucans as novel prebiotics (Review), *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2013; 2(1) 45–64.
- Laroche C., Michaud, P.H. New developments and properties for  $\beta$ -(1,3)-glucans. *Recent patents on biotechnology*. 2007; 1(1): 59-73.
- Lazzari F. Product based on polysaccharides from baker's yeast and its use as a technological co-adjuvant for bakery products. 2000; *US Patent 6 060 089*.
- Lee S.B., Jeon H.W., Lee Y.W., Song K.W., Park M.H., Nam Y.S., Ahn H.C. Bio-artificial skin composed of gelatin and (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 6)- $\beta$ -glucan. *Biomaterials*. 2003; 24(14): 2503-2511.
- Liu, X.-Y., Wang, Q., Cui, S. W., Liu H.-Z. A new isolation method of  $\beta$ -D-glucans from spent yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Hydrocolloids*. 2008; 22(2), 239–247.
- Lloyd L.L., Kennedy J.F., Methacanon P., Paterson M., Knill C.J. Carbohydrate polymers as wound management aids. *Carbohydrate Polymers* 1998; 37(3): 315 – 322.
- London C. Functional foods that boost the immune system. In: *Functional Food Product Development* (edited by J. Smith, E. Charter) John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 2010, pp 295- 321.
- Meena D.K., Das P, Kumar S, Mandal S.C., Prusty A.K. Singh S.K., Akhtar M.S., Behera B.K., Kumar K., Pal A.K., Mukherjee S.C. Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). *Fish Physiology and Biochemistry*. 2013; 39(3): 431–457.
- Neumann E., van Rees A.B., Onning G., Oste R., Wydra M., Mensink P. Beta-glucan incorporated into fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentration. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2006; 83(3): 601–605.
- Nguyen H.T., Fleet G.H., Rogers L.P. Composition of the cell walls of several yeast species. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1998; 50(2); 206 - 212.
- Novak M., Vetvicka V. Beta-glucans, history, and the present: immunomodulatory aspects and mechanisms of action. *Journal of Immunotoxicology*. 2008; 5(1): 47-57.
- Osumi, M. The ultrastructure of yeast: cell wall structure and formation. *Micron*. 1998; 29(2-3): 207-233.
- Park, Y.-H., Lee, I.-Y., Lee, J.-H., Kim, M.-K., Jung, K.-H.: Segregation reducing agent consisting of curdlan and alkaline solution and hydraulic composition containing the segregation reducing agent. 2000; *US Patent 6 616 754 B1*.

- Petravić-Tominac, V., Zechner-Krpan, V., Srećec, S., Šantek, B., Špoljarić, D., Valpotić, H., Popović, M., Valpotić, I. Iskorišteni pivski kvasac - sirovina za izdvajanje  $\beta$ -glukana primjenjivog u biotehnologiji i biomedicini. *Veterinarska stanica*. 2009; 40(5): 65-78.
- Petravić-Tominac V., Zechner-Krpan, V., Grba, S., Srećec, S., Panjkota-Krbavčić, I., Vidović, L. Biological effects of yeast  $\beta$ -glucans. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2010; 75(4), 149-158.
- Petravić-Tominac, V., Zechner-Krpan, V., Berković, K., Galović, P., Herceg, Z., Srećec, S., Špoljarić, I. Rheological properties, water-holding and oil-binding capacities of particulate  $\beta$ -glucans isolated from spent brewer's yeast. *Food Technology and Biotechnology*. 2011; 49(1); 56-64.
- Pillai R., Redmond M., J. Roding J. Anti-wrinkle therapy: significant new findings in the non-invasive cosmetic treatment of skin wrinkles with  $\beta$ -glucan. *IFSCC Magazine*. 2005; 8: 17-21.
- Portera C.A., Love E.J., Memore L., Zhang L., Millre A., Browder W., Williams D.L. Effect of macrophage stimulation on collagen biosynthesis in healing wound. *American Surgeon*. 1997; 63(2): 125-131.
- Reed G., Nagodawithana T. W. Yeast-derived products and food and feed yeast. In: *Yeast Technology*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991; pp. 369-440.
- Ross J. S., Schenkein D. P., Pietrusko R., Rolfe M., Linette G. P., Stec J., Stagliano N. E., Ginsburg G. S., Symmans W. F., Pusztai L., Hortobagyi G. N. (2004). Targeted therapies for cancer. *American Journal of Clinical Pathology*. 122(4): 598-609.
- Sajna K. V., Gottumukkala L. D., Sukumaran R. K., Pandey A. White biotechnology in cosmetics. In: *Industrial Biorefineries and White Biotechnology*. Edited by A. Pandey, R. Höfer, M. Taherzadeh, K. M. Nampoothiri, C. Larroche. Elsevier, Amsterdam 2015; pp. 607-652.
- Salvador C., Li B., Hansen R., Cramer D E., Kong M., Yan J. Yeast derived  $\beta$ -glucan augments the therapeutic efficacy mediated by anti-vascular endothelial growth factor monoclonal antibody in human carcinoma xenograft models. *Clinical Cancer Research*. 2008; 14(4): 1239-1247.
- Samuelsen A. B. C., Schrezenmeier J., Knutsen S. H. Effects of orally administered yeast-derived beta-glucans: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2014; 58(1): 183-193.
- Santipanichwong R., Supphantharika M. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast  $\beta$ -glucan as a fat replacer. *Food Hydrocolloids*. 2007; 21(4): 565-574.
- Satrapai S., Supphantharika M. Influence of spent brewer's yeast  $\beta$ -glucan on gelatinization and retrogradation of rice starch. *Carbohydrate Polymers*. (2007); 67(4): 500-510.
- Sauter, M., Freimund, S., Dutler, H., Käpelli, O., Al-Ghazavi A., Schwarz, E., Thomas L., Schoberl H. Isolation of glucan particles and uses thereof. 2004; *US Patent 2004/0054166*.
- Seeley, R.D. Fractionation and utilization of bakers yeast. *MBAA Technical Quarterly*. 1977; 14(1), 35-39.
- Stone, B.A., Clarke, A. E. *Chemistry and biology of 1,3- $\beta$ -glucans*, La Trobe University Press, Victoria 1992.
- Stone B. A. Chemistry of  $\beta$ -glucans. In: *Chemistry, biochemistry, and biology of 1-3 beta glucans and related polysaccharides* (edited by: A. Bacic, G.B. Fincher and B.A. Stone) Academic Press, San Diego, 2009; pp 5-46.

- Sucher R.E., Robbins E.A., Sidoti D.R., Schuldt Jr E.H., Seeley R.D. Yeast glucan and process of making the same. 1975; *US Patent 3 867 554*.
- Suphantarika, M., Khunrae, P., Thanardkit, P., Verduyn, C. Preparation of spent brewer's yeast  $\beta$ -glucans with a potential application as an immunostimulant for black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Bioresource Technology*. 2003; 88(1): 55-60.
- Takahashi T., Yamazaki Y., Kato K.  $\beta$ -1,3-derivatives. 1978; *US Patent 4 075 405*.
- Teparić, R., Mrša, V. Purification of yeast periplasmic proteins using protein adsorption to glucan. *Food Technology and Biotechnology*. 1997; 35(1): 29-32.
- Thammakiti, S., Suphantarika, M., Phaesuwan, T., Verduyn, C. Preparation of spent brewer's yeast  $\beta$ -glucans for potential applications in the food industry. *International Journal of Food Science and Technology*. 2004; 39(1), 21-29.
- Thanardkit P.; Khunrae P.; Suphantarika M.; Verduyn C. Glucan from spent brewer's yeast: preparation, analysis and use as a potential immunostimulant in shrimp feed. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2002; 18(6) 527–539.
- Tzianabos A.O. Review - Polysaccharide immunomodulators as therapeutic agents: structural aspects and biologic function. *Clinical Microbiology Reviews* 2000; 13(4): 523–533.
- Ueno, H.  $\beta$ -1,3-D-Glucan, its immune effect and its clinical use. *Japanese Journal Society Terminal Systemic Diseases*. 2000; 6: 151-154.
- U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Biopolymers: Making materials nature's way - Background Paper*, OTA-BP-E-102 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1993). <http://ota.fas.org/reports/9313.pdf> (cited: 19. 10. 2016).
- Vaidya B.K., Singhal R.S. Use of insoluble yeast  $\beta$ -glucan as a support for immobilization of *Candida rugosa* lipase. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2008; 61(1): 101–105.
- Van Lengerich B.H., Gruess O., Mauser F.P. Beta-glucan compositions and process therefore. 2004; *US Patent 6 835 558*.
- Vila, P., Francisco, J., Escalch, F. J., Ruhi, R. R., Morales, G. P.: Filtro para reducir sustancias nocivas presentes en el humo. *Oficina Española de Patentes y Marcas*. 2005; ES2243125.
- Vetvicka, V.  $\beta$ -Glucans as imunomodulators. *JANA*. 2001; 3, 31-34.
- Vetvicka, V., Terayama, K., Mandeville, R., Brousseau, P., Kournikakis, B., Ostroff, G. Pilot study: Orally-administered yeast  $\beta$ -1,3-glucan prophylactically protects against anthrax infection and cancer in mice. *JANA*. 2002; 5(2): 1-6.
- Vetvicka V., Vetvickova J. An evaluation of the immunological activities of commercially available  $\beta$ -1,3-glucans. *JANA*. 2007; 10(1): 25-31.
- Vetvicka V. Glucan-immunostimulant, adjuvant, potential drug. *World Journal of Clinical Oncology*. 2011; 2(2): 115-119.
- Vetvicka V., Vannucci L., Sima P. The effects of  $\beta$ -glucan on fish immunity. *North American Journal of Medical Sciences*. 2013; 5(10): 580–588.
- Vetvicka V., Vannucci L., Sima P. Role of  $\beta$ -glucan in biology of gastrointestinal tract. *Journal of Nature and Science*. 2015; 1(7): e129.
- Wheatcroft, R., Kulandai, J., Gilbert, R.W., Sime, K.J., Smith, C.G., Langeris, W.H. Production of  $\beta$ -glucan-mannan preparations by autolysis of cells under certain pH, temperature and time conditions. 2002; *US Patent 6444448*.

- Wei D., Zhang L., Williams D. L., Browder I.W. Glucan stimulates human dermal fibroblast collagen biosynthesis through a nuclear factor-1 dependent mechanism. *Wound Repair and Regeneration*. 2002; 10(3): 161–168.
- Worrasinchai S., Suphantharika M., Pinjai S., Jamnong P.  $\beta$ -glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids*. 2006; 20(1): 68-78.
- Wylie-Rosett J. Fat substitutes and health - an advisory from the nutrition committee of the American heart association. *Circulation*. 2002; 105(23): 2800-2804.
- Yvin J.C., Menard R., Kauffmann S., Fritig B. Agent for stimulating the natural defenses of plants, useful as antiviral, antibacterial, antifungal and insecticide, comprises curdlan sulfate. 2006; *Patent FR2865350*.  
[https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=FR&NR=2865350&KC=&FT=E&locale=en\\_EP#](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=FR&NR=2865350&KC=&FT=E&locale=en_EP#) (cited: 19. 10. 2016).
- Zechner-Krpan, V., Petravić-Tominac, V., Panjkota Krbavčić, I., Grba, S., Berković, K. Potential application of yeast  $\beta$ -glucans in food industry. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2009, 74(4): 277-282.
- Zechner-Krpan, V., Galović, V., Galović, P., Petravić-Tominac, V., Srečec, S. Application of different drying methods on  $\beta$ -glucan isolated from spent brewer's yeast using alkaline procedure. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2010a; 75(1), 45-50.
- Zechner-Krpan, V., Petravić-Tominac, V. Gospodarić, I. Sajli, L., Đaković, S., Filipović-Grčić, J. Characterization of  $\beta$ -glucans isolated from brewer's yeast and dried by different methods. *Food Technology and Biotechnology*. 2010b; 48(2): 189-197.
- Zeković Đ.B., Kwiatkowski S., Vrvic M.M., Jakovljević D., Moran C.A. Natural and modified (1→3)- $\beta$ -D-glucans in health promotion and disease alleviation. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2005; 25(4): 205-230.

## VPLIV SORTE IN KOLIČINE SEMENA ZA SETEV NA PRIDELEK VRŠIČKOV IN STEBEL NAVADNE KONOPLJE (*Cannabis sativa* L.)

Barbara ČEH<sup>18</sup> in Bojan ČREMOŽNIK<sup>19</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific paper

Prispelo / received: 24. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 5. 12. 2016

### Izveček

V bločnem poljskem poskusu, ki smo ga postavili v letu 2016 na poskusnem posestvu IHPS v Žalcu, smo preučevali, katera količina semena (20 kg/ha, 30 kg/ha, 40 kg/ha in 50 kg/ha) je najbolj primerna za setev dveh različnih sort navadne konoplje (USO 31 in Fedora 17) glede na namen rabe (pridelava za vršičke, stebela oziroma seme). Nakazalo se je, da je najbolj primerna količina semena za setev za pridelek vršičkov pri sorti USO 31 40 kg/ha, pri sorti Fedora 17 pa 20 kg/ha semena, vendar razlik med obravnavanji nismo dokazali. Prišlo je namreč do večjih razlik v pridelku med bloki, ki so nastale zaradi golobov, ki so po setvi zobali posejano seme. Za pridelek stebel se je pri obeh sortah pokazala kot najbolj primerna največja uporabljena količina semena za setev, to je 50 kg/ha. Pridelka semena po obravnavanjih nismo vrednotili, ker so dozorevajoče seme sproti zobali majhni ptiči in rezultati ne bi bili verodostojni, zato smo poželi celoten poskus skupaj. Kot druga velika težava pri pridelavi konoplje za seme, poleg ptičev, se je pokazala žetev; zaradi neenakomerne višine rastlin (1,3 m do 3 m) je bilo v pridelku veliko primesi, pridelek pa je bil majhen (263 kg/ha suhe snovi).

**Ključne besede:** konoplja, *Cannabis sativa*, sorta USO 31, sorta Fedora 17, pridelek vršičkov, pridelek stebel

## YIELD OF INFLORESCENCES AND STEMS OF HEMP (*Cannabis sativa* L.) RELATED TO VARIETY AND SOWING RATE

### Abstract

In a block field experiment, which was conducted in 2016 on the experimental field of IHPS in Žalec, we wanted to determine a recommendable seed rate at two hemp varieties (USO 31 in Fedora 17) for different purpose of growing. It was indicated, that among the studied seed rates (20 kg/ha, 30 kg ha, 40 kg/ha and 50 kg/ha) the most suitable was 40 kg/ha at variety USO 31 and 20 kg/ha at variety Fedora 17 to reach the highest yield of inflorescences, but the differences among treatments were not significant. There were in fact significant differences between the blocks because of the pigeons, which ate seed from the soil right after sowing. For the yield of stems at both varieties as the most suitable maximum density of sowing (50 kg/ha) was indicated. Seed yield per plots was not

<sup>18</sup> Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.keh@ihps.si

<sup>19</sup> Inž. agr. in hort., prav tam, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

valuated, because birds ate maturing seeds and the results would not be representative. Therefore, we harvested all plots together. As a big problem for hemp seed production, beside birds, harvest was revealed; because of uneven high of the plants (from 1.3 m to 3.0 m), there was a lot of impurities in the yield. Seed yield was there low (263 kg/ha dry matter).

**Key words:** hemp, *Cannabis sativa*, variety USO 31, variety Fedora 17, inflorescence yield, stem yield

## 1 UVOD

Naši predniki so pridelovali navadno konopljo več stoletij; prvi znani podatki o njeni razširjenosti v Sloveniji so iz druge polovice 18. stoletja (Kocjan Ačko, 2015). Potem je pridelava zamrla, na slovenskih njivah pa se pojavlja spet po letu 1998. Uradna statistika beleži njeno pridelavo od leta 2004 (Statistični ..., 2016). Vendar so pridelovalci soočeni z vrsto dilem, enotna poljedelska praksa za pridelovanje ni razširjena. V literaturi je več različnih informacij že o setvi konoplje glede na namen uporabe in tudi v praksi po Sloveniji so precejšnje razlike glede časa setve in načina gnojenja. Leta 2015 je bila konoplja pri nas na skoraj 500 ha njiv, v glavnem za pridobivanje semena za hladno stiskano konopljino olje in vršičke za čaj, a je veliko posevkov zaradi nepoznavanja tehnologije ostalo kar na njivi.

V zadnjih letih so prišle k nam različne tuje sorte konoplje, v letu 2015, na primer, je bilo pri nas v pridelavi kar 18 sort iz različnih evropskih držav, največ iz Madžarske in Francije. Ker pa se sorte lahko različno odzovejo na drugačne pridelovalne razmere od tistih, v katerih so bile požlahtnjene, je zanje potrebno ugotoviti, ali se bodo ustrezno razvijale v naših razmerah in pri kakšni agrotehnik. Tak postopek je značilen tudi v drugih državah; Williams in Mundell (2016) navajata, da bodo potrebne lokalne raziskave za Kentucky, ZDA, ki bodo podale specifične podatke o zahtevah konoplje, kot so na primer gostota posevka in potrebe po gnojenju, kakor tudi o metodah žetve in predelave.

Različne sorte se na agrotehnične ukrepe različno odzivajo. Tiste, ki jih pridelujejo za vlakna, se pridelujejo in žanjejo drugače kot tiste, ki se pridelujejo za seme ali za dvojni namen ali pa za kanabinoide (Kaiser in sod., 2015). Gostoto posevka prilagodimo sorti in namenu pridelave. Kocjan Ačko (1999) in Zadruga Konopko (2016) navajata, da je za setev za vlakna priporočljivo sejati 100 kg/ha semena na medvrstno razdaljo 12,5 cm do 15 cm s sejalnico za žita, setev z namenom pridelave semena in olja pa zahteva 30 do 50 kg/ha semena na medvrstno razdaljo 50 do 70 cm s sejalnico za koruzo ali sladkorno peso. Količina semena je med drugim odvisna tudi od absolutne mase semena (Kocjan Ačko, 1999). Po drugi strani pa Bavec (2000) navaja, da je v klasičnem načinu pridelave za pridelavo za seme potrebno 12 do 20 kg/ha semena. Sicer se glede na različne vire priporoča kot

najbolj primeren zelo širok razpon gostote posevka, od 30 do 500 rastlin/m<sup>2</sup> za pridelavo za vlakna (cit. po Townshend in Boleyn, 2016). Ta informacija za praktične namene ni uporabna, ker gre za ogromen razpon. Zato je zelo pomembno poznati, kako se posamezna sorta odziva v določenem okolju, da lahko zanjo določimo setveno količino in medvrstno razdaljo glede na namen pridelave.

Običajno se konoplja za pridelavo vlaken seje gosto, kar vpliva na višjo rast in ovira razvejanje in cvetenje, in s tem na večji pridelek vlaken. Nasprotno pa je pri pridelavi semena razvejanje in cvetenje konoplje zaželeno, zato je gostota setve manjša. Izkušnje iz Kanade kažejo, da zgodnje setve daje večji pridelek vlaken (Williams in Mundell, 2016). Vendar je treba biti pozoren, saj prevelika gostota rastlin po drugi strani povzroči veliko konkurenco med rastlinami in zaradi tega propadanje rastlin, kar se odraža v manjšem pridelku stebel in njihovi kakovosti (van der Werf in sod., 1995a). Zaradi tega razloga je pomemben tudi način razporeditve rastlin; v poskusih van der Werf in sod. (1995a) na Nizozemskem, na primer, je bilo več propadlih rastlin pri medvrstni razdalji 50 cm kot pri medvrstnih razdaljah 12,5 cm in 25 cm. Medvrstna razdalja med 8 cm in 20 cm se je pokazala kot najbolj primerna za doseganje največjih pridelkov stebel (povzetek cit. po van der Werf in sod., 1995a).

Z raziskavo smo želeli pridobiti prve informacije o primerni količini semena za setev za dve izmed trenutno najbolj razširjenih sort v Sloveniji, USO 31 in Fedora 17, glede na namen pridelave – za vršičke (za čaj), stebela in seme.

## 2 MATERIAL IN METODE

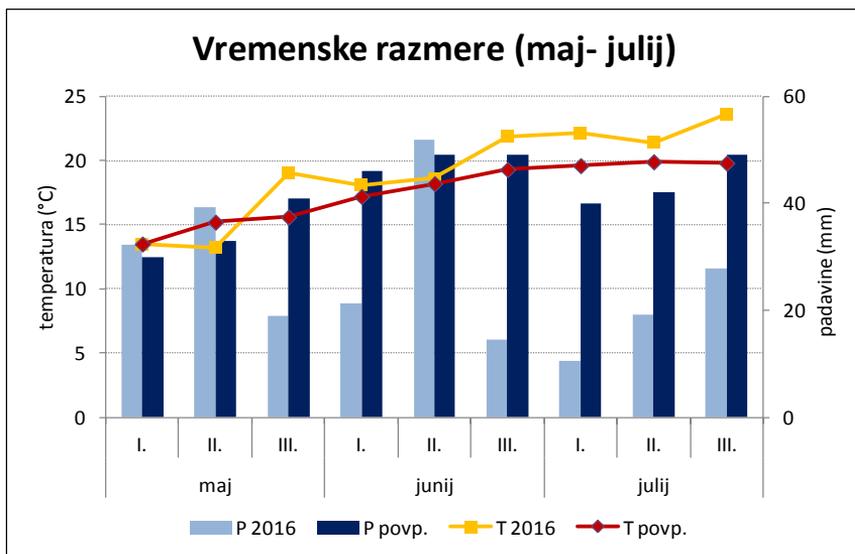
Bločni poljski poskus z dvema sortama navadne konoplje (USO 31 in Fedora 17) in štirimi količinami semena za setev (20 kg/ha semena, 30 kg/ha, 40 kg/ha in 50 kg/ha) v treh ponovitvah smo postavili v letu 2016 na poskusnem posestvu IHPS. Velikost osnovne parcele je bila 30,1 m<sup>2</sup>.

USO 31 in Fedora 17 sta enodomni, zgodnji sorti (vegetacijska doba manj kot 125 dni), atlantski tip, v višino zrasteta 200 do 250 cm, pridelek stebel (suha masa) imata med 8 in 10 t/ha. USO 31 je primerna za seme in vlakna, Fedora 17 za seme, vlakna in pridobivanje kanabinoida kanabidiola (CBD) (Hemp variety ..., 2016). Sorte za kombinirano rabo so primerne za pridelavo semena in vlaken, vendar pa so sodobni trendi takšni, da se žlahtni sorte, specifične za en namen (Kaiser in sod., 2015). Rastlina je sicer po naravi dvodomna, žlahtniteljski programi v Evropi pa so se usmerili na pridobivanje enodomnih sort (Townshend in Boleyn, 2016).

Tla smo vzorčili 2. 12. 2015 ter analizirali po metodi Al. pH je bil 6,7, preskrbljenost s fosforjem pretirana (36,7 mg/100 g), preskrbljenost s kalijem dobra (29,6 mg/100 g), vsebnost organske snovi dobra (3,8 %). Glede na vrednost

V (nasičenosti z bazičnimi kationi) se tla uvrščajo med evtrična (nevtralna) tla. Kationska izmenjalna kapaciteta (vrednost T - skupna vsota izmenljivih kationov, ki jih lahko tla absorbirajo) je bila visoka, 44,6.

Pred setvijo smo pripravili tla z vrtavkasto brano in pognojili s kalijevim kloridom (220 kg/ha  $K_2O$ ). Poskus smo posejali na medvrstno razdaljo 12,5 cm 20. maja 2016, po setvi smo posevek povaljali. Poskus ni bil namakan.



**Slika 1:** Primerjava povprečnih dekadnih mesečnih temperatur in višine padavin v času od maja do julija v letu 2016 z dolgoletnim obdobjem (1962 – 1992)

**Figure 1:** Day-decade average temperature and sum of precipitation in 2016 from May to July in 2016 compared to long-term (1962 – 1992) average

Prva dekada maja leta 2016 je bila na lokaciji Žalec glede temperatur na nivoju dolgoletnega povprečja, v drugi dekadi se je ohladilo (slika 1). Padlo je 39 mm dežja. Zadnja dekada maja je bila zelo topla, s povprečno dnevno temperaturo 19,0 °C, dežja pa je padlo 19 mm. V prvih dveh dekadah junija so bile pogoste kratkotrajne plohe in nalivi, skoraj vsak dan je deževalo. Začetek poletja je bil topel in sorazmerno suh. V zadnji dekadi junija so maksimalne dnevne temperature v Žalcu petkrat presegle vrednost 30 °C, zabeležili smo le manjšo količino padavin, 14,4 mm. Toplo vreme se je nadaljevalo tudi v prvi dekadi meseca julija. Potem so temperature v drugi in tretji dekadi meseca julija precej nihale. Prva dekada julija je bila topla, vendar je maksimalna dnevna temperature le dvakrat preseгла vrednost 30 °C, v drugi dekadi julija dvakrat, zelo vroča pa je bila zadnja dekada meseca julija, ki je v Žalcu za 3,8 °C odstopala od vrednosti dolgoletnega

povprečja. Dobra razporeditev padavin in zmerne temperature v juliju so ugodno vplivale na rast in razvoj posevka.

14. junija smo prešteli rastline po parcelah, in sicer v okvirju 50 cm x 50 cm na treh mestih na vsaki parceli.

Vršičke in stebila smo poželi ročno, s škarjami, z vsake parcele ločeno, in sicer 2. avgusta. Obe sorti sta imeli v času pobiranja v spodnji polovici že oblikovano zeleno seme, v zgornji polovici pa seme še ni bilo oblikovano. Na vsaki parceli smo želi brez robnih vrst, v notranjem pravokotniku površine 3,5 m<sup>2</sup>. Posebej smo stehali pridelek vršičkov in stebel z vsake posamezne parcele ter takoj vzeli vzorce za analizo na vsebnost vlage (Analytica EBC 7.2. /1998/). Sočasno smo na vseh pobranih vršičkih določili spol rastline (ženska, moška oz. enodomna rastlina). Rezultate smo obdelali s pomočjo računalniških paketov Excel in Statgraphics Centurion. Razlike med obravnavanji smo zaznavali z Duncanovim testom mnogoterih primerjav,  $p=0,05$ . Po sortah smo istočasno vzeli še vzorce vršičkov in jih dali v analizo na vsebnost eteričnega olja; določevali so ga po metodi Analytica EBC 7.12. /2006/ na svežih vzorcih.

Ker so v času dozorevanja semena tega v velikem številu sproti zobali ptiči, pridelka semena ni bilo smiselno vrednotiti po parcelicah, saj škoda zagotovo ni bila narejena enakomerno. 23. septembra smo zato s kombajnom poželi celotno parcelo skupaj. Pridelek smo očistili skozi sito velikosti 5 mm, nato pa prevetrili z vejevko in stehali vsako frakcijo posebej (seme konoplje, primesi zelenih delov ter primesi drobnih semen drugih rastlin) ter vzeli vzorce vseh frakcij za določitev vlage (Analytica EBC 7.2. /1998/).

### 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Gostota posevka se je 14. junija značilno povečevala s povečevanjem količine semena za setev pri obeh sortah, pri isti količini semena za setev med sortama ni bilo razlik. Čeprav značilnih razlik v številu rastlin na enoto površine med ponovitvami 14. junija ni bilo (preglednica 1), smo opazili trend padanja števila od prvega bloka, ki je najbližje stavbi inštituta in kjer se je dnevno pojavljalo več ljudi, do tretjega bloka, ki je bil od stavbe najbolj oddaljen (prvi blok 175 rastlin/m<sup>2</sup>, drugi blok 171 rastlin/m<sup>2</sup> in tretji blok 166 rastlin/m<sup>2</sup>). Po setvi so namreč posevek še isti dan napadli golobi in zobali posejano seme, kljub globini setve 2 do 3 cm.

Ponovno smo prešteli število rastlin na enoto površine v času vrednotenja pridelka vršičkov in stebel. Le-to se je pri sorti USO 31 povečevalo s povečevanjem količine semena za setev, pri sorti Fedora 17 pa je bila gostota posevka ne glede na količino semena za setev primerljiva. Delež propadlih rastlin se je povečeval s

povečevanjem količine semena za setev, in sicer bolj pri sorti Fedora 17 (preglednica 1). Največji delež propadlih rastlin je bil pri količini semena za setev 50 kg/ha pri sorti Fedora 17, in sicer kar 77 %.

**Preglednica 1:** *Pridelek vršičkov in stebel navadne konoplje (suha snov) sort USO 31 in Fedora 17 glede na količino semena za setev v letu 2016 (Žalec)*

**Table 1:** *Yield of inflorescences and stems (dry matter) of hemp varieties USO 31 and Fedora 17 related to sowing rate in 2016 (Žalec)*

Sorta	Semena za setev (kg/ha)	Št. rastlin/m <sup>2</sup> (14. 6. 2016)	Pridelek vršičkov (kg/ha)	Pridelek vršičkov (kg/ha) v I. bloku	Pridelek stebel (kg/ha)	Pridelek stebel (kg/ha) v I. bloku	Št. rastlin/m <sup>2</sup> (2. 8. 2016)
USO 31	20	131 b*	2468 a*	2423	6371 a*	7872	52 ab*
	30	163 c	2061 a	2699	7091 a	7567	60 cd
	40	182 d	2459 a	3045	7718 a	8246	65 de
	50	215 e	2046 a	2849	7068 a	8629	71 e
Fedora 17	20	108 b	2192 a	3189	7138 a	9075	47 a
	30	160 c	2086 a	2833	8215 a	10011	54 abc
	40	177 cd	2051 a	2784	8483 a	10249	57 bc
	50	229 e	1733 a	2484	8508 a	10528	54 abc

\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema ni statistično značilne razlike (Duncanov test,  $p=0,05$ ).

Pridelek vršičkov in stebel sta bila po ponovitvah zaradi prisotnosti golobov po setvi zelo neizenačena. V prihodnje bo potrebno posevek takoj po setvi do vznika pokriti s tkaninasto prekrivko. Zaradi značilne razlike po blokih ni bilo značilne razlike v pridelku med obravnavanji ne v pridelku vršičkov in ne v pridelku stebel. V prvem bloku, ki je bil najbližje stavbi IHPS, je bil značilno večji pridelek vršičkov in stebel kot v drugih dveh blokkih. Zato smo kot orientacijo v preglednico 1 dodali tudi informacijo o tem, kakšen je bil pridelek vršičkov in stebel v prvem bloku. Pri preučitvi obeh informacij se nakazuje, da je bila najbolj primerna količina semena za setev za pridelek vršičkov pri sorti USO 31 40 kg/ha, pri sorti Fedora 17 pa je zadoščalo že 20 kg/ha semena. Za pridelek stebel se je pri obeh sortah nakazala kot najbolj primerna največja količina semena za setev, torej 50 kg/ha. Kot so poročali van der Werf in sod. (1995b), se je delež stebel v celotni suhi snovi v njihovih poskusih povečeval s povečevanjem gostote posevka (10, 30, 90 in 270 rastlin/m<sup>2</sup>), pridelek stebel je bil največji pri 90 rastlinah/m<sup>2</sup> (kar v našem poskusu ni doseglo nobeno obravnavanje).

V raziskavah Kocjan Ačko in sod. (2002) v okviru CRP V4-0298-99 Pridelovanje in predelava navadne konoplje so v Prekmurju v letih 2000 in 2001, med drugim, primerjali pridelek stebel petih sort konoplje pri količinah semena za setev 70 do

80 kg/ha (medvrstna razdalja 12,5 cm) in 35 do 40 kg/ha (medvrstna razdalja 50 cm) in v dveh časih setve (aprila in v začetku julija – kot strniščna setev). Pridelek stebel je bil značilno odvisen od sorte in od količine semena za setev. Pri vseh petih sortah je bil v letu 2000 večji pri večji količini posejanih semen; pri količini semena 70 do 80 kg/ha je bil glede na sorto od 6,7 do 9,4 t/ha, pri 35 do 40 kg/ha pa od 4,6 do 7,5 t/ha. V letu 2001 je bilo izrazito sušno poletje; pridelek stebel je bil večji pri večji količini semena za setev le pri dveh sortah, pri ostalih je bil večji pri manjši setveni količini, pridelki so bili v vseh primerih manjši v primerjavi z letom prej. Strniščna setev (v začetku julija) se je pokazala kot neprimerna za pridelavo stebel ne glede na količino semena za setev (pridelek stebel od 0,1 do največ 3,1 t/ha glede na sorto in leto pridelave).

Pri sorti USO 31 je bilo v času vrednotenja pridelka vršičkov in stebel v našem poskusu v povprečju vseh parcel 17 % moških rastlin, 83 % je bilo enodomnih, pri sorti Fedora 17 pa je bilo 4 % rastlin moških in 66 % enodomnih. Vsebnost eteričnega olja v vršičkih je bila pri sorti USO 31 0,34 ml/100 g, pri sorti Fedora 17 pa 0,31 ml/100 g.

Zaradi neizenačenih rastlin po višini (posevek je bil pri sorti USO 31 visok od 130 cm do 280 cm po posameznih parcelah, pri sorti Fedora 17 pa od 135 cm do 300 cm), je bila v pridelku semena, kljub zelo izkušenemu kombajnistu, velika količina primesi. Pridelek očiščenega semena je bil namreč 263 kg/ha (suhe snovi), masa primesi (nalomljena stebela, listje) kar 243 kg/ha (suhe snovi), masa drobnega semena drugih rastlin pa 22 kg/ha (suhe snovi). Zopet se je pokazalo, da je velik problem pri pridelavi konoplje za seme spravilo, kar so ugotovili že Kocjan Ačko in sod. (2002). Pridelek semena je bil torej relativno majhen; težko pa je oceniti, kakšno škodo so naredili ptiči. Konopljna semena se sicer uporabljajo tudi kot hrana za ptice (Williams in Mundell, 2016).

#### **4 ZAKLJUČKI**

V poskusu se je nakazalo, da je bila najbolj primerna količina semena za setev za namen pridelave za vršičke pri sorti USO 31 40 kg/ha, pri sorti Fedora 17 pa je zadoščalo že 20 kg/ha semena, vendar razlik med obravnavanji nismo mogli dokazati zaradi golobov, ki so kljuvali posejano seme, in zaradi tega neizenačenosti posevka po ponovitvah. Za pridelavo stebel se je pri obeh sortah nakazala kot najbolj primerna največja količina semena za setev, to je 50 kg/ha. Poskus bomo v prihodnjem letu ponovili z namenom, da dobimo informacije še iz najmanj iz ene rastne sezone, vključili pa bomo še večje količine semena za setev in posevek zavarovali pred ptiči takoj po setvi.

Kot velika težava za pridelavo semena so se pokazali ptiči; poleg golobov še majhne ptice v času dozorevanja semena. Kot druga velika težava pri pridelavi

konoplje za seme se je pokazala žetev; zaradi neenakomerno visokih rastlin (1,3 m do 3,0 m) je bilo v pridelku veliko primesi, kar je potrebno tehnološko rešiti, predvsem s primerno agrotehniko, ki vpliva na to, da so rastline relativno nizke in bolj izenačene. Pridetek semena je bil zaradi vseh navedenih težav le 263 kg/ha (suhe snovi).

**Zahvala.** Delo je nastalo v sklopu projekta CRP V4-1611 Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji, ki ga financirata MKGP in ARRS.

## 5 LITERATURA

- Bavec F. Nekatero zastopane in/ali nove poljščine. Fakulteta za kmetijstvo, Maribor. 2000; 51.
- Hemp variety datasheet, USO 31, DE. Dostopno na: [http://www.ihempfarms.com/documents/Datasheet%20-%20USO%2031%20\(DE\).pdf](http://www.ihempfarms.com/documents/Datasheet%20-%20USO%2031%20(DE).pdf) (nov. 2016)
- Kaiser C., Cassady C., Ernst, M. Industrial Hemp Production. Cooperative Extension Service University Of Kentucky College Of Agriculture, Food And Environment. 2015; 6 s. Dostopno na: <https://www.uky.edu/Ag/CDBREC/introsheets/hempproduction.pdf> (nov. 2016)
- Kocjan Ačko D., Baričević D., Rengeo D., Andrešek S. Gospodarsko pomembne lastnosti petih sort konoplje (*Canabis sativa* L. var. *sativa*) iz poljskih poskusov v Markišavceh pri Murski Soboti. V: Zbornik Biotehniške fakultete univerze v Ljubljani, Kmetijstvo. 2002; 79(1): 237-252.
- Kocjan Ačko D. Poljščine, pridelava in uporaba. ČZP Kmečki glas, Ljubljana. 2015; 130-135.
- Kocjan Ačko D. Pozabljene poljščine. ČZP Kmečki glas, Ljubljana. 1999; 101-118.
- Konopko, Baza znanja. Dostopno na: <http://www.konopko.si/> (nov. 2016)
- Statistični urad RS. 2016. Rastlinska pridelava, Podatki. Dosegljivo na: <http://www.stat.si/> (nov. 2016)
- Townshend J.M., Boleyn J.M. Agronomy Society of New Zealand Special Publication No. 13 / Grassland Research and Practice Series No. 14. Dostopno na: [http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland\\_publication\\_2492.pdf](http://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_2492.pdf) (nov. 2016)
- Werf van der H.M.G., Geel van W.C.A., Gils van L.J.C., Haverkort A.J. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). Field Crops Research. 1995a. 42: 27-37.
- Werf van der H.M.G., Wijlhuizen M., Schutter J. de. A.A. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). Field Crops Research. 1995b; 40: 153-164.
- Williams D.W., Mundell R. An Introduction to Industrial Hemp, Hemp Agronomy, and UK Agronomic Hemp Research. Dostopno na: [http://hemp.ca.uky.edu/sites/hemp.ca.uky.edu/files/general/2015\\_hemp\\_article.pdf](http://hemp.ca.uky.edu/sites/hemp.ca.uky.edu/files/general/2015_hemp_article.pdf) (nov. 2016)

## MORFOLOŠKE IN TEHNOLOŠKE LASTNOSTI SORT NAVADNE KONOPLJE (*Cannabis sativa* L.) IZ POLJSKEGA POSKUSA BIOTEHNIŠKE FAKULTETE V LETU 2016

Marko FLAJŠMAN<sup>20</sup>, Jerneja JAKOPIČ<sup>21</sup>, Katarina KOŠMELJ<sup>22</sup> in Darja KOCJAN AČKO<sup>23</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific article

Prispelo / received: 24. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 5. 12. 2016

### Izveček

V preliminarni poljski poskus na Biotehniški fakulteti v letu 2016 smo vključili 7 sort konoplje (*Cannabis sativa* L.), in sicer sorte Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, KC Dóra, Finola, Kompolti hibrid TC in Monoica ter uporabili dva načina setve (različna količina in razporeditev semen ob setvi) glede na namen pridelave (seme in stebila). Preučevali smo vpliv sorte in načina setve ter vpliv njune interakcije na število rastlin na m<sup>2</sup>, višino rastlin, premer stebel ter pridelek semena in stebel. Statistična analiza je potrdila vpliv načina setve glede na namen pridelave samo na pridelek stebel, ne pa tudi na ostale parametre, npr. na količino semena, čeprav smo v nekaj primerih opazili razlike več 100 kg znotraj ene sorte. Vpliv interakcije sorte in načina setve na merjene parametre s statistično analizo ni bil ugotovljen. Največji pridelek semena (1573 kg/ha semen) in stebel (3248 kg/ha suhe snovi stebel) je imela sorta Futura 75. Neodvisno od medvrstne razdalje smo naredili tudi kemično analizo kanabinoidov CBD in  $\Delta^9$ THC v posameznih sortah ter ugotovili, da je bila povprečna vsebnost CBD od 0,07 do 0,27 % in povprečna vsebnost  $\Delta^9$ THC od 0,005 do 0,059 %.

**Ključne besede:** navadna konoplja, *Cannabis sativa*, način setve, seme, steblo, kanabinoidi

## MORPHOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HEMP (*Cannabis sativa* L.) VARIETIES FROM FIELD TRIALS OF BIOTECHNICAL FACULTY IN 2016

### Abstract

In this preliminary field trial we used 7 varieties of hemp (Fedora 17, Santhica 27, Futura 75, KC Dóra, Finola, Kompolti hibrid TC and Monoica) and two sowing method (seed rate and row spacing at sowing) according to the purpose of production. At the harvest, which took place at the maturity of the seeds, we studied the impact of varieties, sowing method and their interaction on the number of plants per m<sup>2</sup>, plant height, diameter of stems and

<sup>20</sup>Asist. dr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta:

marko.flajsman@bf.uni-lj.si

<sup>21</sup>Dr., prav tam, e-pošta: jerneja.jakopic@bf.uni-lj.si

<sup>22</sup>Prof. dr., prav tam, e-pošta: katarina.kosmelj@bf.uni-lj.si

<sup>23</sup>Doc. dr., prav tam, e-pošta: darja.kocjan.acko@bf.uni-lj.si

yield of seeds and stems. Statistical analysis confirmed the influence of sowing method only for yield of stems, but not on other parameters, although in a few cases we observed differences over few 100 kg for yield of seed within a single variety, which was probably the consequence of row spacing and sowing quantity. The impact of the interaction of variety and sowing method on the measured parameters was statistically not confirmed. The biggest yield of seeds (1573 kg /ha) and stems (3248 kg of dry matter/ha) had a variety Futura 75. Analysis of cannabinoids CBD in  $\Delta^9$ THC were performed for each variety, but independently of sowing method. Average content of the CBD was between 0.07 do 0.27% in the average content  $\Delta^9$ THC was from 0,005 to 0.059%.

**Key words:** hemp, *Cannabis sativa*, sowing method, seed, stem, cannabinoids

## 1 UVOD

Agrotehnika pridelave industrijske konoplje je prilagojena namenu končne uporabe rastline. Konopljo lahko pridelujemo za seme, stebila, vršičke ali za kombinirano rabo. Za posamezen namen ali kombinirano uporabo so bile požlahtnjene tudi sorte navadne konoplje, ki se uporabljajo danes in so na evropski sortni listi (Kocjan Ačko, 2015). Morfologijo rastlin konoplje lahko usmerjamo z agrotehniko. Višina, debelina in razvejitev stebila ter velikost cvetnega nastavka so odvisni ne le od sorte, ampak tudi od količine semena za setev, medvrstne razdalje in drugih agrotehničnih ukrepov, ki morajo biti prilagojeni namenu uporabe konoplje (Kocjan Ačko, 1999; Čeh, 2009; Amaducci in sod., 2002).

V različnih literaturnih virih lahko najdemo različne podatke o količini semena za setev in medvrstni razdalji glede na namen pridelave (preglednica 1). V splošnem velja, da se za pridelavo semena konoplje seje na večjo medvrstno razdaljo, pri čemer uporabimo manjšo količino semena za setev, za pridelavo stebel pa se seje na manjšo medvrstno razdaljo z večjo količino semena na hektar.

Medvrstna razdalja in količina semena za setev vplivata na število rastlin na  $m^2$  in s tem na življenjski prostor rastlin v posevku. Za vlakna potrebujemo rastline, ki imajo manjši premer stebel (3 do 10 mm) in obenem čim daljša stebila. To je mogoče doseči z večjo količino posejanih semen na enoto površine. Pri večji gostoti posevka dobimo namreč tanjša stebila, ki imajo večji delež vlaken. Pri večji gostoti rastline tekmujejo za prostor. Ker senčijo druga drugo, so primorane rasti višje, da dosežejo čim boljše osvetlitev; zaradi tekmovanja za hranila v tleh pa ne razvijejo debelih stebel. Toda če so tla pregnojena z dušikom, to zmanjša kakovost vlaken v steblih (Martin in sod., 2006). Ker je konoplja rastlina kratkega dne, se je pri pridelavi za vlakna izkazalo kot dobro, če so sorte iz južnejših predelov pridelovali v bolj severnih krajih (Chen in Liu, 2013).

**Preglednica 1:** Podatki o setvi navadne konoplje (*Cannabis sativa* L.) iz nekaj virov literature

**Table 1:** Data on sowing of hemp (*Cannabis sativa* L.) from literature

Namen pridelave	Čas setve	Globina setve (cm)	Količina semena (kg/ha)	Medvrstna razdalja ali gostota rastlin	Vir
Stebila	10.4. do	3 do 4	100	10 do 15 cm	Kocjan
Seme	10.5		50	50 do 70 cm	Ačko, 1999
Seme in stebila	začetek marca, konec maja	2 do 3	35 do 80	30 do 300 rastlin/m <sup>2</sup> v vrste ali naključno	Desanlis in sod., 2013
Stebila	T tal 8 do 10 °C	-	60 do 75	-	Chen in Liu, 2010
Stebila	zgodaj spomladi	3,5	20	90 rastlin/m <sup>2</sup>	Elzebroek in Wind, 2008
Stebila	malo pred setvijo koruze	1,3 do 2,5	62	-	Martin in sod., 2006
Seme, stebila in cvetovi	10.5.do 10.6.; naknadni posevek do 10.8.	-	25 do 35	od 15 cm 100 do 150 rastlin/m <sup>2</sup>	Konopljarna Hannah Bizz..., 2016
Stebila ali cvetovi	konec marca do sredine aprila	do 3	30 do 50	12,5 do 25 cm	Institut ..., 2016
Seme ali cvetovi	konec aprila do konca maja		5 do 20	50 do 70 cm	
Stebila	začetek aprila do	3 do 4	100	12,5 do 15 cm	Zadruga
Seme	sredine maja		30 do 50	50 do 70 cm	Konopko ..., 2016

- ni podatka

Pri setvi za seme morajo imeti posamezne rastline čim več prostora, da lahko razvijejo bolj bujne cvetne nastavke in s tem več semena. Zato se predlaga setev na večjo medvrstno razdaljo z manjšim številom kalivih semen na m<sup>2</sup>. Vendar pa lahko redka setev privede do tega, da so rastline višje. To se pokaže kot težava poleti zaradi neviht, ko lahko močan veter lomi stebila. Visoke rastline z močnimi

stebli (premer 3 do 4 cm) tudi otežujejo strojno spravilo. Pregnojitvev z dušikom lahko povzroči prebujno vegetativno rast (Čeh, 2009).

Glede delitve uporabe za semena in stebila je priporočljivo upoštevati tudi čas setve. Konoplja za pridelovanje vlaken se načeloma seje bolj zgodaj spomladi, da se lahko pridelek konec poletja pospravi. Žetev konoplje za vlakna je namreč že dva do tri tedne po začetku cvetenja (Čeh, 2009). Za seme je načeloma bolj priporočljivo sejati kasneje spomladi; s tem dosežemo, da so ob enakem cvetnem nastavku stebila rastlin nižja, zaradi česar je strojno spravilo lažje (Kocjan Ačko in sod., 2002). Z uporabo različnega načina setve glede na namen pridelave konoplje je povezana še ena težava, ki se kaže tudi v praksi. To je zatiranje plevelov pri večjih medvrstnih razdaljah in manjši količini semena za setev, kjer je nujen ukrep mehansko zatiranje plevelov, saj nikjer na svetu še ni odobren noben herbicid za uporabo v konoplji (Desanlis in sod., 2013).

Na podlagi pobude delovne skupine za seme Slovenskega združenja za konopljo v prehranske in neprehranske namene je nastala tu predstavljena preliminarna študija oz. enoletni poljski poskus s sedmimi sortami industrijske konoplje, v katerem smo preučevali vpliv sorte in načina setve glede na namen pridelave (za seme oziroma za stebila) na število rastlin na m<sup>2</sup>, višino rastlin, premer stebel ter pridelek semena in stebel. Poleg tega smo izmerili še vsebnost kanabidiola (CBD) in delta-9-tetrahidrokanabinola ( $\Delta^9$ THC) v vršičkih rastlin ob žetvi. Pri t.i. industrijski konoplji je razmerje CBD: $\Delta^9$ THC večje od 3 (de Meijer in sod., 1992). Obdelava rezultatov tega poljskega poskusa je bila del CRP projekta V4-1611 »Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji«, ki se je začel izvajati 1. oktobra 2016.

## 2 MATERIAL IN METODE

### 2.1 Zasnova in izvedba poljskega poskusa

Sorte, ki smo jih uporabili v poskusu, so bile enodomne Fedora 17, Santhica 27, Futura 75 in Monoica ter dvodomne KC Dóra, Finola in Kompolti hibrid TC. Poskus smo izvedli v zasnovi blokov v štirih ponovitvah in z dvema faktorjema. Preučevali smo vpliv sorte ter načina setve glede na namen pridelave (za seme oziroma za stebila) pri strnjeni setvi na pridelek semena, stebel, višino rastlin ter premer stebel. Upoštevali smo, da je kalivost semen 90 %.

Način setve glede na namen pridelave:

- za seme: medvrstna razdalja 50 cm in količina semena za setev 25 kg/ha,
- za stebila: medvrstna razdalja 12,5 cm in količina semena za setev 35 kg/ha.

Predposevek v letu 2015 je bil delno kolekcija poljščin za študijske namene in delno poskus s sojo. Tla na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete so meljasto-glinasta, srednje globoka, psevdoglejna in meliolirana. Kljub temu lahko ob obilnejših jesenskih ali spomladanskih padavinah na površini zastaja voda. Tla so glede preskrbljenosti s fosforjem in kalijem uvrščena v C razred (dobra preskrbljenost). Površina je bila jeseni 2015 preorana do globine 20 do 25 cm. Pred setvijo spomladi 2016 je bila njiva dopolnilno obdelana z vrtavkasto brano do globine 5 cm. Poskus smo sejali s parcelno sejalnico Wintersteiger, ki je namenjena strnjeni setvi. Posamezna parcelica je bila dolga 4,9 m, široka pa 1,25 m pri gosti setvi (10 vrst) ter 2 m pri redki setvi (4 vrste). Sejali smo 19. maja 2016. Takoj po setvi smo poskus v celoti pokrili s protitočno mrežo, ki je bila bolj kot zaščiti pred točo namenjena zaščiti pred ptiči. Dognojevali smo 1. junija 2016 z odmerkom 400 kg/ha NPK (15:15:15). 13. julija 2016 smo posevek okopali. Zaradi nedostopnosti smo okopali samo parcelice z redko setvijo, parcelic z gosto setvijo nismo okopavali. Žetev smo izvedli ročno, in sicer žetev sorte Finola 15. septembra 2016, preostale sorte pa v dneh od 27. do 29. septembra 2016. Pred žetvijo smo izmerili višino in premer stebela 20 rastlin na parcelico. Kjer so bile dvodomne sorte, smo merili premer ter višino ločeno pri moških in ženskih rastlinah. Rastline smo porezali ročno. Pri gosti setvi smo vzorčili osem notranjih vrst, pri redki setvi pa notranji dve vrsti. Rastline smo tudi prešteli in določili število rastlin/m<sup>2</sup> ob spravilu. Zrnje smo omlatili z žitno električno mlatilnico, ga posušili, stehali in določili vlago po standardni metodi ISTA (ISTA, 1999). Pridelek semena smo preračunali na hektar pri 9-odstotni vlažnosti. Stebla smo sušili 48 ur pri 65 °C, jih stehali ter preračunali v pridelek suhe snovi stebel na ha (kg/ha ss).

Za določanje vsebnosti CBD in  $\Delta^9$ THC smo ob žetvi vzorčili vršičke petih rastlin vsake ponovitve, jih združili po sortah ter posušili na zraku. Vzorcem smo določali vsebnosti  $\Delta^9$ THC in CBD z metodo HPLC-MS na APCI ionskem izvoru v pozitivnem načinu. Suhe vzorce smo ekstrahirali v ultrazvočni kopeli z metanol:kloroformom (9:1) po metodi, kot jo opisujejo Swift in sod. (2013). Kromatografske razmere za HPLC-MS analizo so bile povzete po Stolker in sod. (2004) z manjšimi spremembami, in sicer uporabljena je bila kolona C18 (Gemini, Phenomenex), mobilna faza A (acetonitril/methanol/mravljična kislina - 70/30/0,1) in mobilna faza B (destilirana voda z 0,1 % mravljične kisline). Uporabljena je bila gradienta metoda z razmerjem mešanja pri 0 min 80 % A, 3 min 100 % A, 22 min 100 % A, 28 min 80 % A in 30 min 80 % A. Izmerjene koncentracije smo izrazili v ekvivalentih CBD (98 % standard, CBDepot, Češka) kot odstotke zračno suhe snovi.

Za statistično analizo smo uporabili program R (R Core Team, 2016). Ugotavljali smo vpliv sorte, načina setve glede na namen pridelave in vpliv njune interakcije na: pridelek semena, pridelek stebel, višino rastlin ob žetvi in premer rastlin ob žetvi. Z analizo variance smo analizirali dvofaktorski poskus v bločni zasnovi. Če

vpliv interakcije ni bil statistično potrjen, smo razlike med povprečji za statistično značilne dejavnike preverili z Duncan-ovim testom.

## 2.2 Vremenske razmere v času poskusa

Mesec maj je bil precej bolj moker od 30-letnega povprečja (preglednica 3). Večina padavin je bila v prvi polovici maja, ko je padlo 129 mm padavin, kar predstavlja 82 % padavin v maju, zaradi česar je bila setev prestavljena šele na začetek tretje dekade maja. Glede temperatur je bil maj nekoliko hladnejši od dolgoletnega povprečja, ostali meseci v rastni dobi konoplje pa so bili toplejši; julij za 1,6 stopinje in september za 2,3 stopinje. Glede količine padavin je bil prav tako kot maj tudi junij nadpovprečen, medtem ko je bila količina padavin v preostalih treh mesecih močno pod dolgoletnim povprečjem. Še najbolj izrazita je razlika za mesec september, ko je padlo le 30 % padavin glede na dolgoletno povprečje v tem mesecu.

**Preglednica 3:** Povprečne mesečne temperature in vsote padavin za mesece v času izvedbe poljskega poskusa v 2016 ter za obdobje 1985 - 2015 v Ljubljani (ARSO, 2016)

**Table 3:** Mean monthly temperature and total monthly precipitation for the time of field experiment in 2016 and long-term period (1985 - 2015) for the experiment location Ljubljana (ARSO, 2016).

Leto/obdobje	Povprečna mesečna temperatura (°C)					Vsota padavin v mesecu (mm)				
	maj	junij	julij	avgust	sept.	maj	junij	julij	avgust	sept.
2016	15,3	20	23,2	20,3	18,3	157	175	86	90	47
1985-2015	17,2	19,5	21,6	21	16	105	131	121	131	159

## 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

### 3.1 Vpliv sorte in medvrstne razdalje

V času žetve poskusa pri sorti Finola pri tehnologiji za stebila (gosta setev) rastlin konoplje ni bilo. Zaradi goste setve posevka nismo mehansko obdelali, a le pri tej sorti so bile parcele v celoti preraščene s pleveli, ki so onemogočili rast konoplji. Tudi v primeru redke setve (setev na medvrstno razdaljo 50 cm), kjer smo plevele enkrat mehansko zatirali, je bila ena parcela kljub temu preraščena s pleveli in ni bilo rastlin konoplje.

Statistična analiza je pokazala, da je imela sorta pri vseh merjenih parameterih statistično značilen vpliv, le pri višini rastlin je bil vpliv sorte mejno statistično značilen. Način setve glede na namen pridelave je imel statistično značilen vpliv samo na pridelok stebel. Vpliva interakcije sorte in načina setve glede na namen pridelave na merjene paramere s statistično analizo nismo dokazali, razen v

primeru premera rastlin, kjer pa je vpliv interakcije mejno statistično značilen (preglednica 4).

**Preglednica 4:** *p* – vrednosti vpliva na merjene parametre pri konoplji

**Table 4:** *p* - values for the measured parameters for hemp.

	Pridelek semena	Pridelek stebel	Višina rastlin	Premer rastlin
Sorta (S)	0,0446	0,0416	0,0593	0,0189
Način setve (NS)	n.s.	0,0313	n.s.	n.s.
Interakcija S in NS	n.s.	n.s.	n.s.	0,0523

n.s. – ni statistično značilnega vpliva ( $p > 0,05$ )

### 3.2 Povprečno število rastlin na m<sup>2</sup> ob žetvi konoplje

Pri sorti Finola rastlin pri tehnologiji pridelave za vlakna (setev na medvrstno razdaljo 12,5 cm) ni bilo. Opazili smo zelo slabo kalivost pri sortah Monoica in Kompolti hibrid TC, ob žetvi je bilo pri teh dveh sortah, poleg Finole, prisotnih najmanj rastlin na m<sup>2</sup>. Samo pri sorti Kompolti hibrid TC je število rastlin na m<sup>2</sup> pri pridelavi za seme (redka setev) večje od števila rastlin pri pridelavi za vlakna (gosta setev). Spol se pri konoplji določa in deduje preko spolnih kromosomov XY. Vendar pa imajo na izražanje spola vpliv tudi avtosomni geni in okoljski dejavniki, lahko pa tudi različne kemikalije (Mandolino in sod., 1999). Pri dvodomnih sortah je pričakovati razmerje med spoloma blizu 1:1 (Berenji in sod., 2013). Iz preglednice 5 je razvidno, da je bilo ob žetvi pri vseh dvodomnih sortah v povprečju prisotnih več ženskih rastlin kot moških.

**Preglednica 5:** *Povprečno število rastlin na m<sup>2</sup> ob žetvi konoplje*

**Table 5:** *The average number of plants per m<sup>2</sup> at hemp harvest.*

Sorta	Pridelava za					
	Seme			Stebila		
	Skupaj	Odstotek MR <sup>II</sup>	Odstotek ŽR <sup>III</sup>	Skupaj	Odstotek MR <sup>II</sup>	Odstotek ŽR <sup>III</sup>
<b>Fedora 17<sup>I</sup></b>	64	-	-	97	-	-
<b>Santhica 27<sup>I</sup></b>	50	-	-	109	-	-
<b>Futura 75<sup>I</sup></b>	59	-	-	119	-	-
<b>Monoica<sup>I</sup></b>	21	-	-	36	-	-
<b>KC Dóra</b>	51	46 %	54 %	88	44 %	56 %
<b>Kompolti hibrid TC</b>	28	45 %	55 %	16	36 %	64 %
<b>Finola</b>	19	41 %	59 %	-	-	-

<sup>I</sup> - enodomna sorta, MR<sup>II</sup> - moške rastline, ŽR<sup>III</sup> - ženske rastline

### 3.3 Povprečna višina rastlin konoplje ob žetvi

Pri sortah Monoica, Futura 75 in Kompolti hibrid TC so bile rastline, ki so bile posejane za pridelavo za stebila, višje od rastlin, ki so bile posejana za pridelavo za seme. Največjo povprečno višino sta imeli sorti Monoica in KC Dóra, najnižjo pa sorta Fedora 17. Sorta Finola, ki ni bila vključena v statistično analizo, je bila še nižja (preglednica 6).

V poskusu se je izkazalo, da so bile v povprečju vse sorte nižje od navedenih višin v literaturi. Predvsem madžarske sorte so znane po tem, da lahko zrastejo v višino tudi 4 m in več (Bosca, 1999). Razlog so lahko vremenske razmere, in sicer predvsem slabo razporejena količina padavin. Zaradi obilja padavin se je setev prestavila v drugo polovico maja. V juniju, ko je potekala implantacija rastlin, je bilo padavin veliko, ponekod je bilo opazno zastajanje vode na površini in zaradi tega slabša rast rastlin. V juliju, ko je potekala aktivna rast, pa je padavin primanjkovalo. Prav tako je bilo padavin malo v avgustu. V celotnem obdobju rasti konoplje je bilo v letu 2016 skupno 421 mm padavin, optimalna količina padavin za konopljo v rastni dobi pa je od 635 do 760 mm (Kraenzel in sod., 1998). Pri dvodomnih sortah so praviloma moške rastline višje od ženskih (Čeh, 2009). To se je videlo tudi v našem poskusu, kjer so bile pri vseh dvodomnih sortah, razen pri Finoli, moške rastline ob žetvi v povprečju višje od ženskih rastlin. Razlike v višini med spoloma so bile tudi pri vseh sortah statistično značilne.

**Preglednica 6:** Povprečna višina rastlin konoplje ob žetvi (cm)

**Table 6:** The average height of the hemp plants at harvest (cm).

Sorta	Pridelava za seme				Pridelava za stebila				Povp. višina
	Vse rastline	MR <sup>II</sup>	ŽR <sup>III</sup>	M/Ž	Vse rastline	MR <sup>II</sup>	ŽR <sup>III</sup>	M/Ž	
<b>Monoica<sup>I</sup></b>	153	-	-	-	186	-	-	-	169 <sup>a</sup>
<b>KC Dóra</b>	173	182	164	** *	144	155	134	** *	159 <sup>a</sup>
<b>Futura 75<sup>I</sup></b>	144	-	-	-	169	-	-	-	157 <sup>ab</sup>
<b>Kompolti hibrid TC</b>	144	154	142	**	151	152	143	*	148 <sup>ab</sup>
<b>Santhica 27<sup>I</sup></b>	141	-	-	-	140	-	-	-	140 <sup>ab</sup>
<b>Fedora 17<sup>I</sup></b>	137	-	-	-	119	-	-	-	128 <sup>b</sup>
<b>Finola<sup>III</sup></b>	074	069	078	** *	-	-	-	-	074

<sup>I</sup> - enodomna sorta, MR<sup>II</sup> - povprečna višina moških rastlin, ŽR<sup>III</sup> - povprečna višina ženskih rastlin, Finola<sup>III</sup> - ni bila vključena v statistično analizo

M/Ž - razlika med spoloma, t-test; \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Vrednosti v zadnjem stolpcu z različnimi črkami so statistično značilno različne (Duncan,  $p < 0,05$ ).

### 3.4 Povprečni premer stebela rastlin konoplje ob žetvi

Tanjša in daljša stebela rastlin konoplje imajo večji delež vlaken, zato želimo imeti pri pridelavi za vlakna manjši premer rastlin (Čeh, 2009). V tanjših stebelih so vlakna tanjša oz. bolj fina ter tudi daljša, s čimer imajo visoko uporabno vrednost v tekstilni industriji (Amaducci in sod., 2008). V številnih študijah je bilo ugotovljeno, da se z večanjem količine semena za setev premer rastlin zmanjšuje (Amaducci in sod., 2002; Svennerstedt in Severson, 2006; Jankauskienė in Gruzdevienė, 2009; Sankari, 2000; Schäfer in Honermeier, 2006; Struik in sod., 2000). V našem poskusu statistična analiza ni potrdila vpliva načina setve glede na namen pridelave na premer rastlin (preglednica 7).

**Preglednica 7:** Povprečni premer stebela rastlin konoplje ob žetvi (mm)

**Table 7:** The average diameter of the hemp plant stems at harvest (mm).

Sorta	Pridelava za seme				Pridelava za stebela				Povp. premer stebela
	Vse rastline	MR <sup>II</sup>	ŽR <sup>III</sup>	M/Ž	Vse rastline	MR <sup>II</sup>	ŽR <sup>III</sup>	M/Ž	
<b>Monoica<sup>I</sup></b>	5,75	-	-	-	6,80	-	-	-	6,28 <sup>a</sup>
<b>Kompolti hibrid TC</b>	5,55	4,57	6,84	***	6,28	4,92	7,52	***	5,92 <sup>ab</sup>
<b>Futura 75<sup>I</sup></b>	5,27	-	-	-	5,63	-	-	-	5,45 <sup>ab</sup>
<b>Santhica 27<sup>I</sup></b>	5,42	-	-	-	4,73	-	-	-	5,07 <sup>b</sup>
<b>KC Dóra</b>	5,63	4,84	6,41	***	4,44	4,22	4,66	**	5,03 <sup>b</sup>
<b>Fedora 17<sup>I</sup></b>	5,47	-	-	-	4,56	-	-	-	5,01 <sup>b</sup>
<b>Finola<sup>III</sup></b>	3,13	2,62	3,63	***	-	-	-	-	3,13

<sup>I</sup> - enodomna sorta, MR<sup>II</sup> - povprečna višina moških rastlin, ŽR<sup>III</sup> - povprečna višina ženskih rastlin, Finola<sup>III</sup> - ni bila vključena v statistično analizo, M/Ž - razlika med spoloma, t-test; \*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,05$

Vrednosti v zadnjem stolpcu z različnimi črkami so statistično značilno različne (Duncan,  $p < 0,05$ ).

Pri sortah Monoica in Kompolti hibrid TC so bila pri redki setvi stebela celo debejša – to ni presenetljivo, saj je bilo število rastlin na m<sup>2</sup> ob žetvi nizko tudi pri gosti setvi, zato so lahko posamezne rastline razvile debelejša stebela. Podobno so večji premer stebel konoplje pri večji gostoti opazili tudi Tang in sod. (2016). Monoica ima povprečen premer stebela največji, medtem ko imajo Santhica 27, KC Dóra in Fedora 17 najtanjša stebela. Pri Finoli se izrazito opazi njena sortna lastnost, to je nizka rast in tudi tanka stebela. Povprečen premer stebela je pri Finoli manjši za približno 2 do 3 mm glede na druge sorte. Velika vrednost stebel Finole pa ostaja v tem, da se, predvsem iz moških rastlin, pridobiva najbolj fina vlakna, ki so primerna za izdelavo ročno pletenih izdelkov (Callaway, 2004). Moške rastline so

imele pri dvodomnih sortah v povprečju vedno statistično značilno manjši premer stebela od ženskih rastlin.

**Preglednica 8:** Povprečen pridelek semena konoplje (kg/ha)

**Table 8:** The average yield of hemp seed (kg/ha).

Sorta	Pridelava za		Razmerje pridelka semena (seme/stebela)	Povprečen pridelek semena
	seme	stebela		
<b>Futura 75<sup>I</sup></b>	1439	1707	0,84	1573 <sup>a</sup>
<b>Santhica 27<sup>I</sup></b>	1223	1372	0,89	1298 <sup>a</sup>
<b>Monoica<sup>I</sup></b>	1329	1227	1,08	1278 <sup>a</sup>
<b>KC Dóra</b>	1472	0914	1,61	1193 <sup>ab</sup>
<b>Fedora 17<sup>I</sup></b>	1386	0948	1,46	1167 <sup>ab</sup>
<b>Kompolti hibrid TC</b>	0553	0906	0,61	729 <sup>b</sup>
<b>Finola<sup>II</sup></b>	0300	-	-	300

<sup>I</sup>enodomna sorta, Finola<sup>II</sup> - ni bila vključena v statistično analizo

Vrednosti v zadnjem stolpcu z različnimi črkami so statistično značilno različne (Duncan,  $p < 0,05$ ).

### 3.5 Pridelek semena konoplje

Pri sorti Finola pridelka semena pri tehnologiji za stebela ni bilo. Pri ostalih sortah se je pokazalo, da način pridelave za seme ne pomeni nujno večjega pridelka semena, kar prikazuje razmerje pridelka semena glede na način pridelave (četrti stolpec preglednice 8).

S statistično analizo smo ugotovili, da je na pridelek semena vplivala samo sorta, ne pa tudi način setve glede na namen pridelave ali njuna interakcija. Kljub temu je iz rezultatov razvidno, da obstajajo razlike v pridelku semena posameznih sort zaradi različne tehnologije pridelave, npr. pri sortah KC Dóra in Fedora 17 sta povprečna pridelka semena pri tehnologiji za seme večja za kar 558 kg oz. 438 kg od povprečnih pridelkov semena pri tehnologiji za vlakna. Pri sorti Kompolti hibrid TC je bil pridelek semena pri pridelavi za vlakna v povprečju večji za 353 kg od pridelka semena, pridobljenega pri pridelavi za seme. To je bila edina sorta, kjer je bilo ob žetvi pri redki setvi (pridelava za seme) večje število rastlin na m<sup>2</sup> kot pri gosti setvi (pridelava za vlakna). Pri sortah Monoica, KC Dóra in Fedora 17 smo s tehnologijo za seme pridobili večji pridelek semena, pri sortah Futura 75, Santhica 27 in Kompolti hibrid TC pa je bil večji pridelek semen dosežen pri tehnologiji za vlakna. S tehnologijo za vlakna so večje pridelke semena pri nekaterih sortah pridobili že Kocjan Ačko in sod. (2002), ki so preizkušali pet sort navadne konoplje v glavni in strniščni setvi v dvoletnem poskusu. Predvsem pri strniščni setvi so imele sorte, sejane na manjšo medvrstno razdaljo in pri večji količini

semena za setev, večji pridelek semena. V našem poskusu je dosegla največji povprečen skupen pridelek semena sorta Futura 75 (1573 kg/ha), ki je imela pri tehnologiji za vlakna povprečen pridelek 1707 kg/ha, ki je bil največji dosežen. Najnižji povprečen pridelek je imela sorta Finola s 300 kg semena na ha.

### 3.6 Pridelek stebel konoplje

V poskusu smo stebila vzorčili v času žetve za seme oziroma smo želeli iz poskusa pridobiti tako pridelek semena kot tudi stebel. Če bi pridelovali konopljo izključno samo za vlakna, bi morali žetev stebel opraviti prej. Običajno se konopljo za stebila žanje v začetku cvetenja ali v fazi polnega cvetenja (Amaducci in sod., 2002). S tem je zagotovljena tudi večja količina stebel, saj se lahko gostota posevka ob zakasnjeni žetvi že precej zmanjša (Cromack, 1998). Namreč ob večji gostoti posevka pride do kompeticije, kjer del rastlin odmre, del jih preneha rasti in samo preostali del raste normalno ter prispeva k pridelku stebel (van der Werf in sod., 1995). Na pridelek stebel imajo velik vpliv tudi vremenske razmere. Če so v času aktivne rasti zagotovljene vse potrebe po hranilih in vodi, ki v tem obdobju znaša 250 do 300 mm (Bócsa in Karus, 1998), je lahko prirast eno tono suhe snovi na hektar na vsakih 120 °C (vsota dnevni temperatur) (Chabbert in sod., 2013).

**Preglednica 9:** Povprečen pridelek stebel konoplje glede na sorto (kg/ha ss)

**Table 9:** The average yield of hemp stems related to variety (kg/ha dry matter)

Sorta	Pridelava za						Razmerje pridelka (seme/ stebila)	Povp. pridelek stebel
	Skup.	seme Odst. MR <sup>II</sup>	Odst. ŽR <sup>III</sup>	Skup.	Odst. MR <sup>II</sup>	Odst. ŽR <sup>III</sup>		
<b>Futura 75<sup>I</sup></b>	2186	-	-	4309	-	-	0,51	3248 <sup>a</sup>
<b>KC Dóra</b>	2905	34 %	66 %	2196	44 %	56 %	1,32	2551 <sup>ab</sup>
<b>Santhica 27<sup>I</sup></b>	1362	-	-	3181	-	-	0,43	2272 <sup>ab</sup>
<b>Monoica<sup>I</sup></b>	1331	-	-	2610	-	-	0,51	1970 <sup>ab</sup>
<b>Fedora 17<sup>I</sup></b>	1531	-	-	1768	-	-	0,87	1649 <sup>b</sup>
<b>Kompolti hibrid TC</b>	1369	27 %	73 %	1275	36 %	64 %	1,07	1322 <sup>b</sup>
<b>Finola<sup>III</sup></b>	163	18 %	82 %	-	-	-	-	163

<sup>I</sup> - enodomne sorte

MR<sup>II</sup> - moške rastline

ŽR<sup>III</sup> - ženske rastline

Finola<sup>III</sup> - ni bila vključena v statistično analizo

Vrednosti v zadnjem stolpcu z različnimi črkami so statistično značilno različne (Duncan,  $p < 0,05$ )

Pri sorti Finola pridelka stebel pri tehnologiji za stebila ni bilo. S statistično analizo smo pri ostalih sortah potrdili vpliv sorte in tudi vpliv načina setve glede na namen pridelave na pridelek stebel, medtem ko njuna interakcija ni bila statistično značilna (preglednica 9). Ker interakcija ni statistično značilna, lahko trdimo, da je povprečni pridelek stebel pri gosti setvi večji kot pri redki ( $p=0,0313$ ). Način setve je imel največji vpliv pri sortah Futura 75 in Monoica, kjer smo s tehnologijo za vlakna pridobili skoraj dvakrat večji pridelek kot pri pridelavi za seme. Razmerje pridelka stebel je pokazalo, da smo s tehnologijo za vlakna pri večini sort dobili večjo maso stebel na hektar kot pa pri pridelavi za seme. To se ni zgodilo pri sortah KC Dóra in Kompolti hibrid TC, kjer je bil pridelek stebel večji pri tehnologiji za seme. Skupno največjo povprečno količino stebel smo ugotovili pri sorti Futura 75 (3248 kg/ha ss), najmanjšo pa pri sorti Finola (163 kg/ha ss).

### 3.7 Vsebnost CBD in $\Delta^9$ THC v konoplji

CBD je kanabinoid iz konoplje, ki se vse bolj uporablja v medicini zaradi številnih terapevtskih učinkov na zdravje (Aizpurua-Olaizola in sod., 2016). Tudi žlahtnjenje navadne konoplje poteka v smeri pridobitve sort z izboljšanim razmerjem kanabinoidov (čim večja vsebnost CBD in majhna vsebnost  $\Delta^9$ THC pod 0,2 %) (Salentijn in sod., 2015).

Največjo količino CBD smo določili v sortah Monoica (0,27 %), Futura 75 (0,25 %) in KC Dóra (0,21 %). Kompolti hibrid TC, Finola in Fedora 17 so imele približno enako količino kanabinoida CBD (okoli 0,15 %), medtem ko ga je imela Santhica 27 najmanj (0,07 %) (preglednica 10).

V našem poskusu smo določili nizke vrednosti kanabinoida CBD, kar pa ni presenetljivo glede na čas vzorčenja, ki je bil v času žetve konoplje za namene pridobivanja semena. Kanabinoidi se sintetizirajo v glandularnih trihomih, katerih se največ nahaja na ženskih socvetjih v času cvetenja, zato je takrat vsebnost kanabinoidov največja. V cvetovih navadne konoplje je lahko v času polnega cvetenja vsebnost CBD tudi več kot 3 % (Sikora in sod., 2011). Sorte, ki so namenjene za pridelovanje semena, so zaradi večjega števila ženskih socvetij bolj primerne za pridobivanje CBD (Cherney in Small, 2016).

Vsebnosti  $\Delta^9$ THC so bile okoli pet do šestkrat nižje od vrednosti CBD. Največjo vsebnost smo ugotovili pri sorti Kompolti hibrid TC (0,059 %), najnižjo pa pri Santhici 27 (0,005 %) (preglednica 10). Dovoljena vsebnost  $\Delta^9$ THC industrijske konoplje za pridelavo v Evropi je 0,2 % v zgornji tretjini rastline in je bila določena z Uredbo (ES) št. 1420/98 leta 1998. Vse sorte industrijske konoplje, ki se nahajajo na evropski sortni listi, dosegajo to merilo, kar je pogoj za vpis na sortno listo. V realnosti pa imajo številne sorte, ki so v pridelavi, vsebnosti  $\Delta^9$ THC še dosti nižje (Sikora in sod., 2011; Svennerstedt in Severson, 2006; Galasso in sod., 2016). Tudi

v našem poskusu smo izmerili precej nižje vsebnosti  $\Delta^9\text{THC}$  od dovoljene, verjetno tudi na račun vzorčenja šele v času žetve za seme. Kocjan Ačko in sod. (2002) so opazili, da je bila vsebnost  $\Delta^9\text{THC}$  pri večini izmed petih sort navadne konoplje največja v času cvetenja, nato pa se je v poznejših merjenjih znižala.

**Preglednica 10:** Povprečne vsebnosti CBD in  $\Delta^9\text{THC}$  v konoplji (%) glede na sorto  
**Table 10:** The average content of CBD and  $\Delta^9\text{THC}$  in hemp (%) related to variety

Sorta	CBD		Sorta	$\Delta^9\text{THC}$	
	%	Skupina*		%	Skupina*
Monoica	0,27	a	Kompolti hibrid TC	0,059	a
Futura 75	0,25	b	Finola	0,050	b
KC Dóra	0,21	c	Monoica	0,032	c
Kompolti hibrid TC	0,16	d	Futura 75	0,018	d
Finola	0,15	d	KC Dora	0,017	d
Fedora 17	0,14	d	Fedora 17	0,012	de
Santhica 27	0,07	e	Santhica 27	0,005	e
Povprečje	0,18			0,030	

\* med vrednostmi, označenimi z različnimi črkami, so statistično značilne razlike (Duncan,  $p < 0,05$ )

Sorte navadne konoplje spadajo v skupino kemotip III, za katerega je značilna vsebnost  $\Delta^9\text{THC}$  pod 0,3 % in CBD nad 0,5 % (Small in Beckstead, 1973). Čeprav je CBD/ $\Delta^9\text{THC}$  razmerje močno genetsko pogojena lastnost (Mandolino in sod., 2003), na sintezo obeh pomembno vplivajo tudi klimatske razmere. Sikora in sod. (2011) so ugotovili, da se s povečevanjem temperature zraka povečujeta tudi vsebnosti CBD in  $\Delta^9\text{THC}$  (za CBD je povečanje bolj značilno). Višja temperatura tal ugodno vpliva na količino kanabigerola (CBG), iz katerega se sintetizirata tako CBD kot  $\Delta^9\text{THC}$ . Ugotovljena ja bila tudi negativna povezava med količino padavin in vsebnostjo kanabinoidov, in sicer se pri količini padavin nad 350 mm med rastno sezono vsebnost kanabinoidov močno zmanjša (Pate, 1999).

#### 4 ZAKLJUČKI

V okviru predstavljenega preliminarne poljskega poskusa s sedmimi sortami navadne konoplje smo ugotovili, da v danih rastnih razmerah sorta Finola ni primerna za pridelavo za vlakna (gosta setev), saj ni bila sposobna prevladati nad pleveli, ki so rastline v celoti zadušili. Pleveli so pri tej sorti povzročali težave tudi pri setvi za seme (redka setev), čeprav smo plevele enkrat mehansko zatirali. Za uspešno pridelavo sorte Finola bi morali plevele mehansko zatirati bolj pogosto. Preostale sorte so pri pridelavi za vlakna bolj ali manj uspešno zavrle rast plevelov.

Kot najbolj uspešna sorta se je glede pridelkov izkazala Futura 75, ki je imela največji povprečni pridelek semena (1573 kg/ha) kot tudi stebel (3248 kg/ha). Po količini pridelka semen sledijo sorte Santhica 27, Monoica, KC Dóra, Fedora 17, Kompolti hibrid TC in Finola. Po količini pridelka stebel Futuri 75 sledijo KC Dóra, Santhica 27 in Monoica. Fedora 17, Kompolti hibrid TC in Finola so na zadnjih treh mestih tudi v pridelku stebel.

Največjo povprečno vsebnost CBD smo določili v sorti Monoica (0,27 %), najmanjšo pa v sorti Santhica 27 (0,07 %), ki je imela tudi najnižjo povprečno vsebnost  $\Delta^9$ THC (0,005 %). Največjo vsebnost  $\Delta^9$ THC smo ugotovili pri sorti Kompolti hibrid TC (0,059 %), vendar je ugotovljena vrednost dosti nižja od dovoljene meje, ki znaša v Evropi 0,2 %.

Iz literature je razvidno, da gostota rastlin pomembno vpliva tako na morfologijo rastlin kot tudi na kvantitativne in kvalitativne lastnosti pridelka semen in/ali stebel (vlaknen), zato sta izbira sorte in agrotehnika prirejena namenu končne uporabe navadne konoplje. Statistična analiza našega poljskega poskusa je pokazala, da način setve glede na namen pridelave vpliva samo na pridelek stebel, ne pa tudi na pridelek semena, višino rastlin in premer stebel. Kljub temu so bile v pridelku semena razlike med pridelavo za seme in pridelavo za vlakna pri sortah KC Dóra in Fedora 17 nezanemarljive, iz česar lahko zaključimo, da je način setve vendarle pomemben dejavnik pri pridelavi konoplje. Interakcija med načinom setve in sorto ni statistično značilno vplivala na noben merjen parameter. Statistični modeli so velik del variabilnosti merjenih parametrov pripisovali nepojasnenim dejavnikom, kar je najverjetneje razlog, da v večini primerov nismo dokazali vpliva načina setve glede na namen pridelave in/ali vpliva interakcije med sorto in načinom setve na merjene parametre.

**Zahvala.** Zahvaljujemo se podjetju Hannah biz d.o.o., zadrugi Konopko in g. Dejanu Rengeu za seme različnih sort navadne konoplje. Hvala študentu Janu Erženu za pomoč pri HPLC analizah ter tehničnima sodelavcema Mateju Šiferju in Marjeti Žabnikar za pomoč pri izvedbi poljskega poskusa.

Poljski poskus je bil delno narejen v okviru CRP projekta V4-1611 »Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji«, ki ga financirata ARRS in MKGP.

## 5 LITERATURA

Aizpurua-Olaizola O., Soydaner U., Öztürk E., Schibano D., Simsir Y., Navarro P., Usobiaga A. Evolution of the Cannabinoid and Terpene Content during the Growth of *Cannabis sativa* Plants from Different Chemotypes. Journal of natural products. 2016; 79(2): 324-331.

- Amaducci S., Errani M., Venturi G. Response of hemp to plant population and nitrogen fertilisation. *Italian journal of agronomy*. 2002; 6(2): 103-112.
- Amaducci S., Zatta A., Pelatti F., Venturi G. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*. 2008; 107(2): 161-169.
- ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016. Dostopno na: <http://www.arsp.gov.si> (okt. 2016)
- Berenji J., Sikora V., Fournier G., Beherec O. Genetics and selection of hemp. V: Bouloc P., Allegret S., Laurent A. (ur.). *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston. 2013; 48-71.
- Bócsa I., Karus M. The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting. *Hemptech*. Sebastopol, California. 1998; 184 s.
- Bosca I. Genetic improvement: Congentiona Approaches. V: Ranalli P. ur. *Advances in hemp research*. Food Products Press, New York. 1999; 153-184.
- Callaway J. C. Hemp seed production in Finland. *Journal of Industrial Hemp*. 2004; 9(1): 97-103.
- Chabbert B., Kurek B., Beherec O. Physiology and botany of industrial hemp. V: Bouloc P., Allegret S., Laurent A. (ur.). *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston. 2013; 27-47.
- Chen J. Y., Liu, F. Bast fibres: from plants to products. V: *Industrial Crops and Uses*. Singh, B. P., ur. CABI, Wallingford (Oxfordshire), Cambridge. 2010; 510 s.
- Cherney, J. H., Small E. *Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential*. *Agronomy*. 2016; 6(4): 58.
- Cromack H. T. H. The effect of cultivar and seed density on the production and fibre content of *Cannabis sativa* in southern England. *Industrial crops and products*. 1998; 7(2): 205-210.
- Čeh B. Navadna konoplja 2009. V: Čeh B. (ur.) *Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel*. Fakulteta za strojništvo in Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. 2009; 34-41.
- Desanlis F., Cerruti N., Warner. *Hemp agronomics and cultivation*. V: Bouloc P., Allegret S., Laurent A. (ur.) *Hemp: industrial production and uses*. CABI, Wallingford, Boston. 2013; 98-124.
- Elzebroek A. T. G., Wind K. *Guide to cultivated plants*. CABI, Wallingford (Oxfordshire), Cambridge. 2008; 540 s.
- Galasso I., Russo R., Mapelli S., Ponzoni E., Brambilla I. M., Battelli G., Reggiani, R. Variability in seed traits in a collection of *Cannabis sativa* L. genotypes. *Frontiers in plant science*. 2016; 7.
- Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Srbija. *Proizvodnja industrijske konoplje*. 2016. Dostopno na: <http://www.nsseme.com/?p=21337> (oktober 2016)
- ISTA. *International Rules for Seed Testing*. *Seed Science Technoogy*. 1999; 27: 1-333.
- Jankauskienė Z., Gruzdevienė E.. Beniko and Bialobrezskie–industrial hemp varieties in Lithuania. In *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. 2009; 1: 176-182.
- Kocjan Ačko D. *Pozabljene poljščine*. *Kmečki glas*, Ljubljana. 1999; 187 s.
- Kocjan Ačko D. *Poljščine, pridelava in uporaba*. *Kmečki glas*, Ljubljana. 2015; 187 s.

- Kocjan Ačko D, Baričević D., Rengeo D., Andrenšek S. Gospodarsko pomembne lastnosti petih sort konoplje (*Cannabis sativa* L. var. *sativa*) iz poljskih poskusov v Markišavcih pri Murski Soboti. Acta agriculturae slovenica. 2002; 79(1): 237-252.
- Konopljarna Hannah Biz, d.o.o., Ljubljana. Priročnik za gojenje industrijske konoplje. 2016. Dostopno na: <http://www.hannah-biz.si/> (oktober 2016)
- Kraenzel D. G., Petry T., Nelson B., Anderson M. J., Mathern D., Todd R. Industrial hemp as an alternative crop in North Dakota. Agricultural Economics Report. 1998; 402.
- Mandolino G., Bagatta M., Carboni A., Ranalli P., de Meijer E. Qualitative and quantitative aspects of the inheritance of chemical phenotype in Cannabis. Journal of Industrial Hemp. 2003; 8(2): 51-72.
- Mandolino G., Carboni A., Forapani S., Faeti V., Ranalli P. Identification of DNA markers linked to the male sex in dioecious hemp (*Cannabis sativa* L.). Theoretical and Applied Genetics. 1999; 98(1): 86-92.
- Martin J.H., Waldren R.P., Stamp D.L. Principles of field crop production. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio. 2006; 954 s.
- Meijer de E. P. M., van der Kamp H. J., van Eeuwijk F. A. Characterization of Cannabis accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characters. Euphytica. 1992; 62: 187-200.
- Pate D.W. The phytochemistry of Cannabis: Its ecological and evolutionary implications. V: Ranalli P., (ur.) Advances in hemp research. Food Product Press, New York. 1999; 21-42.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. Dostopno na: <https://www.R-project.org/>
- Salentijn E.M., Zhang Q., Amaducci S., Yang M., Trindade L.M. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. Industrial Crops and Products. 2015; 68: 32-41.
- Sankari H. S. Comparison of bast fibre yield and mechanical fibre properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars. Industrial crops and products. 2000; 11(1): 73-84.
- Schäfer T., Honermeier B. Effect of sowing date and plant density on the cell morphology of hemp (*Cannabis sativa* L.). Industrial Crops and Products. 2006; 23(1): 88-98.
- Sikora V., Berenji J., Latković D. Influence of agroclimatic conditions on content of main cannabinoids in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Genetika. 2011; 43(3): 449-456.
- Small E., H.D. Beckstead. Common cannabinoid phenotypes in 350 stocks of Cannabis. Lloydia. 1973; 36: 144-165.
- Stolker A., Van Schoonhoven J., De Vries A., Bobeldijk-Pastorova I., Vaes W., Van den Berg R. Determination of cannabinoids in cannabis products using liquid chromatography-ion trap mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 2004; 1058(1): 143-151.
- Struik P. C., Amaducci S., Bullard M. J., Stutterheim N. C., Venturi G., Cromack H. T. H. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. Industrial Crops and Products. 2000; 11(2): 107-118.
- Svennerstedt B., Severson G. Hemp (*Cannabis sativa* L.) trials in southern Sweden 1999-2001. Journal of industrial hemp. 2006; 11(1): 17-25.
- Swift W., Wong A., Li K.M., Arnold J.C., McGregor I.S. Analysis of cannabis seizures in NSW, Australia: cannabis potency and cannabinoid profile. 2013; PLoS One 8(7): e70052.

- Tang K., Struik P. C., Yin X., Thouminot C., Bjelková M., Stramkale V., Amaducci S. Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products*. 2016; 87: 33-44.
- Van der Werf H. M., Wijnhuizen M., De Schutter J. A. A. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*. 1995; 40(3): 153-164.
- Zadruga Konopko, zadruga za razvoj trajnostne pridelave in predelave konoplje z.o.o., socialno podjetje, Frankolovo. 2016. Dostopno na: <http://www.konopko.si/> (oktober 2016)

## PREDELAVA KONOPLJE KOT DOPOLNILNA DEJAVNOST KMETIJ

Martin PAVLOVIČ<sup>24</sup>, Karmen PAŽEK<sup>25</sup> in Borut GRAŠIČ<sup>26</sup>

Znanstveni članek / scientific article

Prispelo / received: 14. 10 2016

Sprejeto / accepted: 12. 11.2016

### Izvelek

V raziskavi smo z metodo neto sedanje vrednosti (NSV) analizirali ekonomsko upravičenost pridelave konopljinih semen, socvetij in listov konoplje v izdelke za prehrano. Pridelava konoplje ima količnik ekonomičnosti večji od 1 že pri hektarskem pridelku zgolj 700 kg semena. Investicija v opremo in prostore za primarno pridelavo konopljinih surovin v izdelke je ekonomsko upravičena, saj je njena neto sedanja vrednost pozitivna tudi pri obdelovanju zgolj 1 ha površin. Najdonosnejša je pridelava konopljinih socvetij in listov v zeliščne izvlečke. Izračuni v prispevku prikazujejo, da finančni rezultat opravičuje investicijo. Z aktivnim trženjskim nastopom (višje cene, prepoznavnost) pa lahko še dodatno povečamo dohodek.

**Ključne besede:** konoplja, dopolnilna dejavnost, stroški, ekonomika pridelave, kmetija

## PROCESSING OF HEMP AS A SUPPLEMENTARY ACTIVITY OF FARMS

### Abstract

The paper discusses investment analysis for processing of hemp seeds, flowers and leaves into food products - based on the net present value (NPV). Hemp production is economically justified, because it has an operating ratio higher than 1 even in crops grown from only 700 kg/ha of seeds. The investment in equipment and rooms for primary processing of hemp components into products is economically justified, because its net current value is positive even on just 1 hectare of cultivated area. The processing of hemp flowers and leaves into herbal extracts is the most lucrative. The paper illustrates that financial output justifies the investment. And with an active marketing approach (higher prices, image), proceeds can only be further increased.

**Key words:** hemp, complementary activity, costs, processing economics, farm

---

<sup>24</sup> Prof., dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec in Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: martin.pavlovic@ihps.si

<sup>25</sup> Prof., dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, 2311 Hoče, e-pošta: karmen.pazek@um.si

<sup>26</sup> Mag. agr. ekon., prav tam, e-pošta: borut22@gmail.com

## 1 UVOD

Povprečna velikost kmetije v Sloveniji je le 6,5 ha (Popis, 2010), s čimer – zgolj z delom na kmetiji – zaposlenim komaj še zagotavlja primerljiv socialni status (Rednak, 1998; Pajntar, 2016). Posledično se število kmetij zmanjšuje. Vseeno pa lahko kmetije s specializirano tržno usmeritvijo in predvsem tržno zanimivimi izdelki v okviru dopolnilnih dejavnosti dosežejo primerljiv socialni status. Dopolnilne dejavnosti v kmetijstvu omogočajo namreč večji prihodek in dodatno zaposlitev na kmetijah (Kulovec, 2002; Pažek in sod., 2003). Vendar velikokrat za odločanje o izbiri dodatnih proizvodnih programov ni na voljo dovolj informacij o tržnih razmerah, ponudniki izdelkov iz dopolnilnih dejavnosti so tako velikokrat prepuščeni sami sebi. Podobne razmere so trenutno tudi še na trgu konopljinih surovin in izdelkov (Bavec, 2000; Čeh in sod., 2009; Kocjan Ačko, 2015; Pravilnik, 2015).

V Sloveniji je povpraševanje po konopljinih predivih, ki pa jih nihče ne proizvaja in to kljub obstoječim kapacitetam v predilnicah. Tako ostaja naša konopljna slama nepredelana in se uporablja na primer za podor, uvažamo pa konopljin tekstil in vlakna, kar predstavlja za slovensko kmetijstvo neizkoriščeno priložnost. V Sloveniji bi lahko pridelovali surovine za tekstilno industrijo v večjem obsegu, tudi na delu površin 293 ha obstoječih hmeljišč v premeni (Pavlovič, 2016).

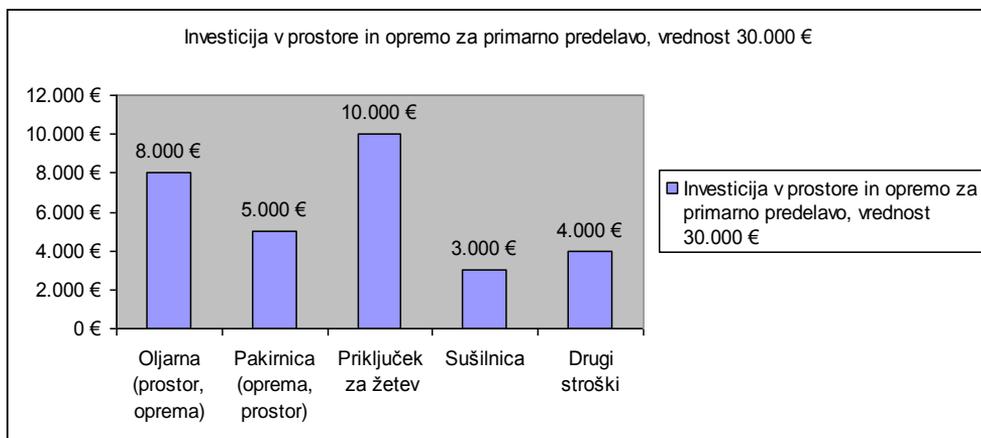
Cene za konopljino drobljeno slamo, za vlakna ali za izolacijski gradbeni material se zelo razlikujejo. Ker v Sloveniji ni opaznega povpraševanja po konopljinih vlaknih, tudi težje ocenimo tržno ceno. Za tono drobljene konopljne slame, ki jo lahko uporabljamo kot gradbeni oz. izolacijski material, ocenjujemo v letu 2015 tržno ceno na okoli 100 EUR. Ker pa je trg sorazmerno majhen, je velika večina konopljne slame in tako tudi vlaken ostala na njivah, ali pa so jo uporabili namesto slame v živinoreji. Pri predvidenem pridelku 3.000 kg/ha pa bi lahko znašali prihodki stranskih proizvodov 300 EUR/ha. Po drugi strani se trg s konopljinimi semeni v Sloveniji širi, saj se število ponudnikov konopljinih semen, pogač in olja vseskozi povečuje. Cena sušenega konopljnega semena je bila v letu 2015 od 1,70 do 2,50 EUR/kg, kolikor so znašale uvozne cene. Kljub sorazmerno velikemu porastu pridelovanja konoplje v Sloveniji še vseeno uvozimo veliko semena iz tujine, največ iz Romunije, Francije in Madžarske, ki so obenem največje pridelovalke konoplje v EU. Povprečni pridelek slovenskih pridelovalcev konoplje v letu 2015 je znašal okoli 1.000 kg/ha (Grašič, 2016). Cene na trgu nihajo predvsem zaradi sezonskih nihanj. Tako je bila jeseni cena za kilogram semena 1,70 EUR/kg, spomladi pa je znašala že 2,50 EUR/kg, saj je na trgu semena primanjkovalo. Kot prihodek pri pridelavi industrijske konoplje lahko upoštevamo tudi višino subvencij 276 EUR/ha, kolikor sta znašala plačilna pravica in dodatek za zeleno komponento za leto 2015 (Pavlovič, 2016).

V prispevku smo z metodo neto sedanje vrednosti (NSV) analizirali ekonomsko upravičenost predelave konopljinih semen, socvetij in listov v izdelke za prehrano. Vsebina vključuje del rezultatov magistrske naloge, opravljene na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru (Grašič, 2016).

## 2 OCENA DOHODKA ZA PREDELAVO INDUSTRIJSKE KONOPLJE

### 2.1 Stroški investicije

Pri vsaki investiciji je potrebno najprej ugotoviti, če obstaja trg za naše izdelke in predvsem kakšni so trenutni trendi, saj je investicija dolgoročna. Poleg trga moramo biti pozorni tudi na višino investicije in predvsem na to, kje bomo pridobili finančna sredstva in za kakšno ceno. Tudi investicija v opremo in stroje za primarno predelavo konoplje je enaka kot vse ostale investicije. Investicija je sestavljena iz več manjših investicijskih vlaganj. V prispevku je celotna investicija ocenjena na 30.000 €. Struktura investicije po posameznih segmentih je prikazana na sliki 1 (Grašič, 2016).



**Slika 1:** Strukturna porazdelitev investicije za primarno predelavo konoplje

**Figure 1:** Structural distribution of investments for primary processing of hemp.

Največji del investicije predstavlja priključek za žetev konopljinih socvetij in listov. Takšnih priključkov v Sloveniji še ni, so pa že v tujini. Strošek takšnega priključka smo v raziskavi ocenili na 10.000 €, kolikor je znašala cena za podoben priključek v tujini. Priključek za žetev je kardanska grebenska kosilnica, predelana za potrebe košnje zgornjega dela konoplje, bogatega z listi in socvetji.

Žetev socvetij in listov poteka skupaj s še enim traktorjem in prikolico, ki je obložena s folijo, da ne pride do izgub semena. Ob spravilu je potrebno socvetja in liste posušiti, da ne zginejo in ne izgubijo svojih zeliščnih vsebnosti. Socvetja in liste lahko sušimo tudi na zraku na skednju, vendar moramo nenehno paziti, da se kakovostno sušijo. Investicijo v manjšo sušilnico, ki je potrebna za sušenje pridelka, smo ocenili na 3.000 €, kolikor je dovolj za manjšo sušilnico glede na tržne cene v letu 2015.

Povprečna količina socvetja in listja na hektar je od 200 kg do 250 kg, za kar je potrebno 20 ur dodatnega dela. Investicija v pakirnico je sestavljena iz stroškov nakupa opreme za pakiranje v papirnate vrečke ter v prostor, kjer se bo to delo opravljalo. Investicijo v pakirnico, ki zajema nakup strojev in ureditev prostora za pakiranje, smo ocenili na 5.000 €. Stroške stiskalnice olja in pripadajoče stroške ostale opreme in prostora za pridelavo hladno stiskanega olja smo ocenili na 8.000 €.

Druge stroške smo ocenili kot nepredvidene dodatne stroške pri izvedbi same investicije in znašajo 4.000 €. V te stroške bi lahko všteli tudi stroške nakupa stroja za razpihovanje semen, ki je tudi potreben pri ločevanju semen od plev in nam zelo olajša delo. Strošek nakupa smo v raziskavi umestili med druge stroške, ker stroj za ločevanje semen od plev, socvetja in listov ni nujno potreben za izvedbo same investicije.

## 2.2 Neto sedanja vrednost

Za izračun ekonomske upravičenosti investicije se največkrat poslužujemo izračuna neto sedanje vrednosti, ki je diskontirana vrednost bodočih donosov na začetek investicije. Neto sedanja vrednost je definirana kot:

$$NSV = -I + \sum_{i=1}^n SP - \frac{SS}{(1+r)^t}$$

Kjer pomeni:

NSV = neto sedanja vrednost (€)

I = višina investicije (€)

SP = skupni prihodki (€)

SS = skupni stroški (€)

r = povprečna letna obrestna mera (%)

t = časovna komponenta (število let) (Turk 2001)

Pravilo za odločitev o naložbi na osnovi NSV je, da naložbo sprejmemo, če je NSV večja od 0 (nič), in jo zavrremo, če je NSV manjša od 0 (nič). Če je NSV enaka nič, smo pri odločitvi ravnodušni. Med več alternativnimi investicijskimi možnostmi pa izberemo tisto, ki ima najvišjo pozitivno NSV (Turk, 2001).

### **3 OCENA EKONOMIKE PRIMARNE PREDELAVE INDUSTRIJSKE KONOPLJE**

#### **3.1 Struktura hektarskih prihodkov in analiza investicije v primarno pridelavo**

Industrijska konoplja nam s svojo široko paletto možnosti uporabe nudi eno boljših izbir za doseganje primerljivega socialnega statusa na majhni kmetiji. Ker pridelava industrijske konoplje ni zahtevna, ne potrebujemo veliko strojne opreme za pridelavo. To je v celoti izkoristljiva rastlina in zato jo je potrebno tudi v celoti uporabiti. Spravilo vrhnjih delov rastline, kjer so listi in socvetja, zahteva veliko ročnega dela. Socvetje in liste lahko nabiramo ročno tako, da posamezne rastline izpulimo iz zemlje in jih v snopih odpeljemo do skednja, kjer jih posušimo.

Konopljo moramo kakovostno posušiti, da ne zgnije in bi bili tako ob veliko zaslužka, saj so socvetja in listi najdonosnejši del rastline. Sušimo lahko na skednju, ki mora biti dobro prezračevan, ali kar na soncu, saj je spravilo konoplje praviloma konec avgusta, ko so temperature poletne in je manj dežja. Posušena semena, socvetja in liste je potrebno ločiti, kar slovenski pridelovalci naredijo z razpihovalniki za ločevanje žitnih semen od plev.

Takšen način pridelave konopljinih surovin zahteva veliko več domačega dela, ki pa ga lahko vračunamo v paritetni dohodek, če lastno delo ovrednotimo in s tem dejansko pokrijemo stroške kupljenih storitev, ki so potrebne pri žetvi z žitnim kombajnom. Stroški pridelave se sicer nekoliko povečajo in s tem zmanjšajo ekonomsko učinkovitost proizvodnje, kar kaže bruto dodana vrednost, ki je zgolj 29 €, vendar neto sedanja vrednost, ki je obračunana kot dohodek brez ovrednotenega lastnega dela, ostaja na enaki ravni kot pri izračunu stroškov pridelave konoplje le za semena (preglednica 1).

Stroške dodatnega dela smo povzeli iz analitične kalkulacije za pridelavo semen, socvetij in čaja in so različni zgolj zaradi stroškov dodatnega dela ob spravilu in sušenju. V izračunih nismo upoštevali stroškov ročnega spravila, saj jih je zelo težko oceniti. Takšno spravilo pride v poštev predvsem v hribovitih predelih z manjšimi njivskimi površinami, ki so neprimerne za strojno spravilo.

**Preglednica 1:** *Ekonomski kazalci pridelave konoplje za seme, socvetja in liste*  
**Table 1:** *Economic indicators of production of hemp seeds, inflorescences and leaves*

<b>EKONOMSKI KAZALCI</b>		
<b>Konoplja za seme, socvetja in liste</b>	<b>Prodajna cena v EUR</b>	<b>1,7</b>
<b>Intenzivnost pridelave</b>	<b>kg/ha</b>	<b>1.000</b>
<b>Velikost parcele</b>	<b>ha</b>	<b>1,0</b>
<b>IZVLEČEK ANALITIČNE KALKULACIJE</b>		
<b>Stroški blaga in storitev</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>1.086,0</b>
Od tega: seme	EUR/ha	385,0
gnojila	EUR/ha	0,0
sredstva za varstvo	EUR/ha	0,0
najete storitve	EUR/ha	317,0
zavarovanje	EUR/ha	50,0
domače strojne storitve	EUR/ha	334,0
Amortizacija	EUR/ha	0,0
<b>Stroški domačega dela in kapitala</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>311,0</b>
Od tega: domače delo neto	EUR/ha	133,0
<b>Dodatni stroški dela s cvetovi in listi</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>550,0</b>
<b>Stroški skupaj</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>1.947,0</b>
Stranski pridelki	EUR/ha	300,0
Stroški glavnega pridelka	EUR/ha	1.647,0
Subvencije	EUR/ha	276,0
Stroški, zmanjšani za subvencije	EUR/ha	1.671,0
<b>Stroški, zmanjšani za subvencije/kg</b>	<b>EUR/kg</b>	<b>1,671</b>
<b>Prodajna cena</b>	<b>EUR/kg</b>	<b>1,70</b>
<b>Vrednost proizvodnje skupaj</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>1.700,0</b>
<b>OBRAČUN DOHODKA</b>		
Vrednost finalne proizvodnje skupaj	EUR/ha	1.700,0
Stroški brez domačega dela	EUR/ha	654,0
Amortizacija	EUR/ha	100,0
Bruto dodana vrednost	EUR/ha	29,0
<b>Neto dodana vrednost</b>	<b>EUR/ha</b>	<b>1.046,0</b>
Neto dodana vrednost - Am	EUR/ha	946,0

Predviden dohodek (preglednica 2) smo izračunali na osnovi ocenjenega hektarskega pridelka v višini 1.000 kg semena in 200 kg socvetja in listov. Izkušnje slovenskih oljarjev s konopljinimi semeni kažejo na to, da je za 1 liter olja potrebnih nekaj manj kot 7 kg semena. Iz hektarskega pridelka dobimo 150 litrov hladno stiskanega konopljinega jedilnega olja in dobrih 700 kg pogače za proteine

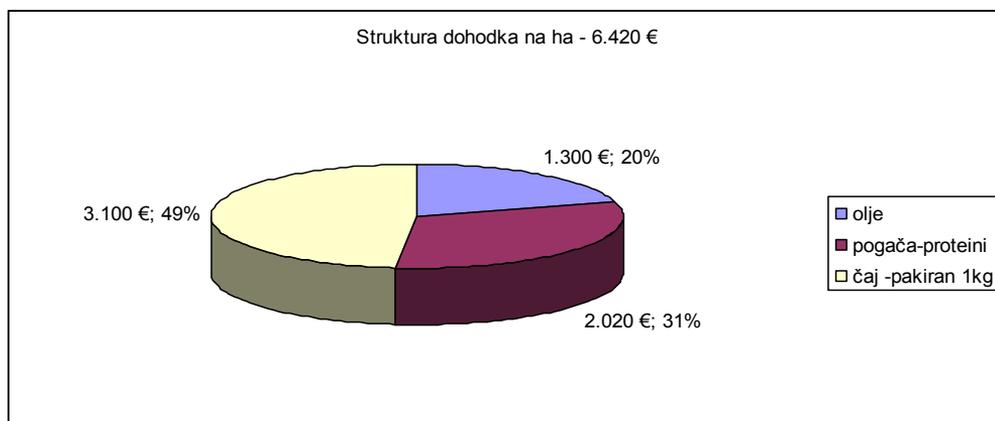
in konopljino moko. Cene v izračunu smo povzeli po odkupnih cenah zadrug in trgovcev v letu 2015 in so bile nižje od tržnih cen, ki so do 3-krat višje. Spremenljive stroške smo ocenili na 40 % vrednosti prihodkov, kar naj bi več kot zadostovalo za pokritje vseh spremljajočih stroškov primarne predelave. Stalni stroški so za posamezen izdelek ocenjeni enako in znašajo 500 € na posamezen izdelek, kar vključuje vse stroške energentov in zavarovanja. Iz izračuna v kalkulaciji razberemo, da je skupni dohodek 6.420 € za hektarski pridelek, kar je osnova za izračune in kalkulacije.

**Preglednica 2:** Izračuni ocenjenega dohodka glede na posamezne izdelke

**Table 2:** Calculations of estimated income according to individual products.

Predelava semena in čaja	Enote l,kg	Cena v €	Prihodki v €	Sprem. stroški v €	Stalni stroški v €	Skup. stroški v €	Dohodek v €
Olje – pakiran 1 l	150	20	3.000	1.200	500	1.700	1.300
Pogača – proteini 1kg	700	6	4.200	1.680	500	2.180	2.020
Čaj – pakiran 1kg	200	30	6.000	2.400	500	2.900	3.100
Skupaj seme in čaj							6.420

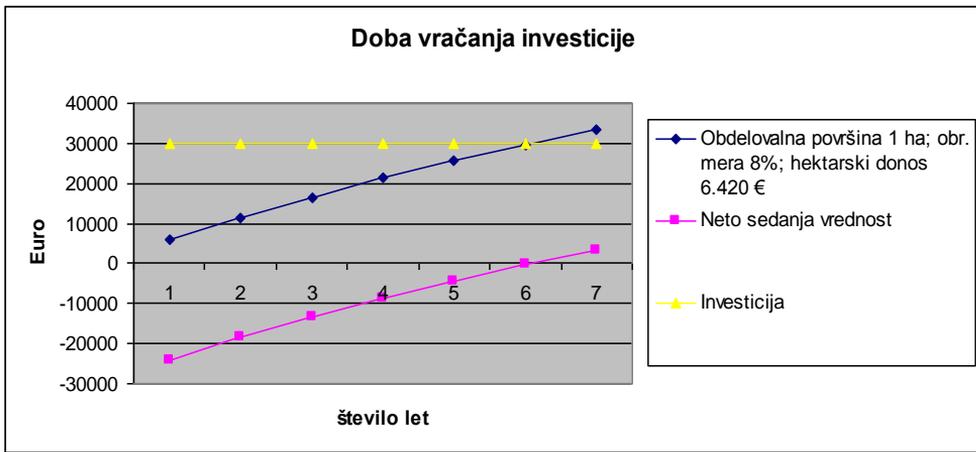
V nadaljnjih izračunih smo investicijo v primarno predelavo konoplje ocenili na 30.000 €, saj smo upoštevali nakup priključka za košnjo socvetja in listov, ki je potreben pri spravilu na ravninskih predelih. Struktura prihodkov je ocenjena na osnovi dejanskih rezultatov slovenskih pridelovalcev in na osnovi ocene 40 % spremenljivih stroškov v prodajni ceni. Tako izračunan prihodek znaša 6.420 € na hektar (slika 2).



**Slika 2:** Struktura hektarskih prihodkov, prodaja trgovcem

**Figure 2:** Structure of hectare income, sold to traders.

Na sliki 3 je prikazana neto sedanja vrednost investicije za 7-letno obdobje, ob upoštevanju 8 % obrestne mere in višine investicije 30.000 €. Investicije v strojno opremo in prostore, kar investicija v primarno predelavo konoplje tudi je, so dolgoročne naložbe, z dobo vračanja več kot 10 let. Neto sedanja vrednost za investicijo v primarno predelavo konoplje je pozitivna že v sedmem letu poslovanja, kar je ekonomsko popolnoma upravičeno in smotrno.



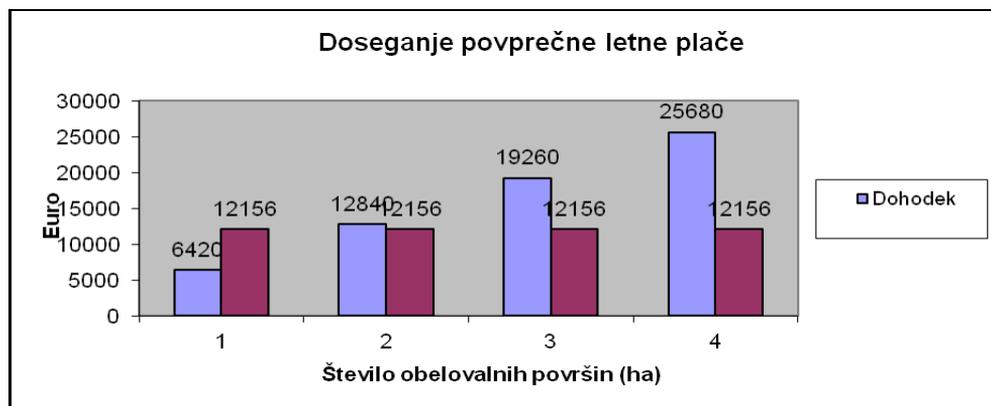
**Slika 3:** Doba vračanja investicije, 1 ha obdelovalne površine, prodaja trgovcem  
**Figure 3:** Payback period of investment, 1 ha of arable land, sold to traders

Za specializirano kmetijo so investicijski stroški v opremo in prostore za primarno predelavo konoplje nižji za 10.000 €, ker ne potrebujejo priključka za košnjo socvetja in listov. Investicijski stroški bi v tem primeru znašali 20.000 €, kar ob hektarskem donosu predelanih izdelkov v vrednosti 6.420 € in ob 8 % obrestni meri, pomeni pozitivno neto sedanjo vrednost že v četrtem letu. To ob upoštevanju 10-letne življenjske dobe opreme pomeni, da gre za donosno in predvsem upravičeno investicijo.

Ob upoštevanju povprečne velikosti kmetije in možnosti obdelave površin ene osebe, kar smo ocenili na 2 ha obdelovalnih njiv s konopljo, se prihodki podvojijo in s tem dobo vračanja investicije zmanjšajo na 3 leta, s čimer tudi pozitivno neto sedanjo vrednost dosežemo že v tem letu. Dohodek, ki ga lahko dosežemo s pridelki na 2 ha obdelovalnih površin, znašajo 12.840 €, kar je že doseganje paritetnega dohodka. Paritetni dohodek, ki je izračunan na osnovi povprečne letne neto plače, je v letu 2015 znašal 12.156 € (SURS, 2016).

S slike 4 je razvidno, da je doseganje paritetnega dohodka možno v primeru obdelave 2 ha površin. Pri obdelavi 3 ha površin bi že krepko presegali paritetni

dohodek, vendar bi ob spravilu in sušenju že potrebovali pomoč, ki pa v izračunih ni povzeta. Najprimernejša velikost obdelovalnih površin je 2,5 ha, ki že zagotavlja paritetni dohodek in s tem primerljiv socialni status. Za obdelavo 2,5 ha površin kmetije tudi ne potrebujejo najemanja dodatnih delavcev, saj lahko celotno delo opravijo na kmetiji.



*Slika 4: Povprečne neto plače glede na površino, prodaja trgovcem*

*Figure 4: Average net wages in relation to the acreage, sold to traders*

#### 4 ZAKLJUČEK

V prispevku smo z metodo neto sedanje vrednosti (NSV) analizirali ekonomsko upravičenost predelave konopljinih semen, socvetij in listov v izdelke za prehrano. V obravnavanih primerih smo upoštevali prodajo produktov zadrugam in trgovcem, kjer dosegamo nižje cene kot v primeru lastne prodaje. Rezultati študije kažejo, da je neto sedanja vrednost za investicijo v primarno predelavo konoplje pozitivna že pred desetim letom poslovanja, kar je ekonomsko upravičeno in smotno. Pozitivna neto sedanja vrednost naznanja, da so finančni donosi večji od investicijskih izdatkov.

#### 5 LITERATURA

- Bavec F. Nekatere zapostavljene in/ali nove poljščine. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo. 2000; 37-53.
- Čeh B., Tajnšek A., Žveplan A., Rak C.M., Pavlovič M., Košir I.J., Hrastar R., Kržan B., Vižintin J., Matanović N.N. Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel. IHPS, Žalec in Fakulteta za strojništvo UL, Ljubljana. 2009; 51-57, 72, 81.
- Grašič B. Tržno-tehnološka analiza konopljinih surovin in izdelkov. Magistrsko delo, UM Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Maribor. 2016; 99 s.
- Kocjan Ačko D. Poljščine, pridelava in uporaba. Kmečki glas, Ljubljana. 2015; 187 s.

- Kulovec M. Dopolnilne dejavnosti na kmetiji. Ljubljana. Kmečki glas. 2002; 175 s.
- Pajntar N. Spremljanje dohodkovnega položaja kmetij v Sloveniji po FADN metodologiji. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava Republike Slovenije za pospeševanje kmetijstva, Ljubljana. 2016; 110 s. Dostopno tudi na: [http://www.mkgp.gov.si/si/delovna\\_podrocja/kmetijstvo/fadn/](http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/fadn/) (10. 6. 2016).
- Pavlovič M. Industrijska konoplja – dopolnilna dejavnost na kmetijah. Hmeljarske informacije. 2016; 33(8): 44-45.
- Pažek K., Rozman Č., Turk J., Bavec M. Finančna analiza ocenjevanje investicij dopolnilnih dejavnosti na ekoloških kmetijah v Sloveniji. 2003. Dostopno na: [http://stari.bf.uni-lj.si/daes/index\\_files/pazek\\_pl.pdf](http://stari.bf.uni-lj.si/daes/index_files/pazek_pl.pdf) (10. 3. 2014).
- Popis kmetijstva Slovenije 2000. Dostopno na: [http://www.mkgp.gov.si/si/delovna\\_podrocja/kmetijstvo/kmetijski\\_trgi/poljedelstvo/](http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/kmetijski_trgi/poljedelstvo/) (24. 10. 2016)
- Pravilnik o spremembah Pravilnika o pogojih za pridobitev dovoljenja za gojenje konoplje in maka. Ur.l. RS, št. 007-207/2015. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2015; 5670.
- Rednak M. Modelne kalkulacije 1997. Splošna izhodišča in metodologija izdelave modelnih kalkulacij za potrebe kmetijske politike. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. 1998; 15 s.
- Turk J. Teoretične in empirične analize v agrarni ekonomiki. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo. 2001; 225 s.
- SUSR, Statistični urad RS. Dostopno na: <http://www.stat.si/StatWeb/pregled-podrocja?idp=74&headerbar=13> (24. 10. 2016)

## ANALIZA RAZLIČNIH METOD UGOTAVLJANJA DOHODKA NA KMETIJAH ZA NAMENE OBDAVČENJA

Alojz ŠTUHEC<sup>27</sup>, Matjaz GLAVAN<sup>28</sup>, Stane KAVČIČ<sup>29</sup> in Andrej UDOVČ<sup>30</sup>

Izvirni znanstveni članek / original scientific article

Prispelo / received: 26. 10. 2016

Sprejeto / accepted: 22. 11. 2016

### Izveleček

Prispevek je nastal z namenom pomagati kmetijam pri optimizaciji davka od dohodka. V sklopu raziskave je bil izdelan simulacijski odločitveni model v programu Microsoft Excel. Model omogoča enostaven izračun najoptimalnejšega načina ugotavljanja dohodka s pomočjo ustreznih računovodskih podatkov davčnega knjigovodstva kmetije ali EU metodologije knjigovodstva na kmetijah (FADN). Model je oblikovan tako, da z njim lahko optimiziramo dohodnino celotnega kmečkega gospodinjstva z do 6 člani zavezanci za dohodnino. Model je bil preverjen na devetih tržno usmerjenih kmetijah. Na petih, ki so ali še vedno ugotavljajo dohodek po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih, in na štirih, katere vodijo FADN knjigovodstvo. Izbrane kmetije so se razlikovale še na podlagi števila članov kmečkega gospodinjstva, ki so zavezanci za dohodnino ter različnih dohodkov, ki jih ti člani imajo. Obravnavane kmetije so raznovrstne tudi glede na socio-ekonomski tip. Rezultati so pokazali, da je ne glede na omenjene kriterije večinoma najbolj ugoden način ugotavljanja dohodka na podlagi pavšalne obdavčitve, kar pomeni, po katastrskem dohodku. Večina obravnavanih kmetij tudi, če bi ugotavljale dohodek na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov, ne bi bila bistveno bolj obremenjena z dohodnino ampak samo bolj z administriranjem ter stroški računovodstva. Kot najbolj neugoden se je pokazal način ugotavljanja dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov.

**Ključne besede:** kmetijstvo, dohodnina, simulacijski odločitveni model, knjigovodstvo

## ANALYSIS OF DIFFERENT FARMS' INCOME ASSESSMENT METHODS FOR TAXATION PURPOSES

### Abstract

The purpose of this paper is to help farmers with optimisation of income taxes. As a part of this work, the simulation decision support model in Microsoft Excel was developed. This model enables easy calculation of the most optimal income assessment, when used with suitable accounting data of tax bookkeeping at farm or the Farm Accountancy Data

<sup>27</sup> Dipl. inž. agr., KGZS – Zavod Ptuj, naslov, e-pošta: aljoz.stuhec@soil.net

<sup>28</sup> Doc. dr., univ. dipl. inž. agr., Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

<sup>29</sup> Izr. prof. dr., univ. dipl. inž. zoot., prav tam, e-pošta: matjaz.glavan@bf.uni-lj.si

<sup>30</sup> Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: andrej.udovc@bf.uni-lj.si

Network (FADN). The model optimises the income tax of the whole farm household when composed from up to six taxpayers. We tested the model at nine market-oriented farms. Five of them have calculated or still calculate their income after actual revenues and expenses and the remaining four, which use FADN farm, bookkeeping. The chosen farms differed in a number of taxpayers per household and in their personal income sources. The farms also vary according to a socio-economic type. Results have shown that regardless on the mentioned criteria, the most useful way to establish the taxable income is a lump sum method i.e. the cadastral income assessment. Most analysed farms would just have more administration work and additional accounting expenses when establishing their income based on actual revenues and expenses. The least favourable of assessing the income is a method based on actual revenues and standardised expenses.

**Key words:** agriculture, income taxes, simulation decisive model, accounting

## 1 UVOD

Z letom 2006 se je z novo dohodninsko zakonodajo večini kmetijskih gospodarstev v Sloveniji, ki so obdavčena po KD, zvišala davčna obremenitev. Od takrat se namreč v dohodek, poleg KD, vštrevajo tudi drugi dohodki v zvezi z osnovno kmetijsko in osnovno gozdarsko dejavnostjo. Med te se štejejo tudi plačila iz naslova ukrepov kmetijske politike, dotacije, donacije in denarne pomoči, zaradi naravnih ali drugih nesreč. Na slovenskih kmetijah predstavljajo ta plačila velik del dohodka, zato se je davčna obremenitev le teh bistveno povečala. Od leta 2006 do 2016 se je na področju tovrstne zakonodaje že precej spremenilo. Hkrati te stalne spremembe povzročajo veliko nejasnosti in zahtevajo sprotno optimiziranje davčnih obveznosti.

Davek na dohodek (dohodnina) je poleg davka na promet (davek na dodano vrednost DDV) eden najpomembnejših davčnih prihodkov vsake države. Ta davek ni pomemben samo zaradi svojega obsega, temveč se pojavlja kot pomemben elastičen in dela tvoren instrument ekonomske in socialne politike (Pernek, 2001). Oba davka, tako kot v drugih panogah, tudi v kmetijstvu zaslužita posebno pozornost, če hočemo na kmetiji primerno optimizirati davčno obremenitev. Cilj vsakega takega optimiziranja je, da se izognemo plačilu nepotrebne davka, seveda na pravilen in zakonit način. Cilj nam ne sme biti minimiziranje davčnih obveznosti, kajti to bi pomenilo, da kmetija ne ustvarja dohodka, ampak pri optimiziranju davčne obveznosti, le to ustrezno znižamo z uporabo zakonitih metod ter tako težimo k doseganju načrtovane uspešnosti in donosnosti (Trnovšek, 2006).

Dohodki, ki so obdavčeni z davkom na dohodek, so dohodek iz zaposlitve, dohodek iz dejavnosti, dohodek iz osnovne kmetijske in osnovne gozdarske dejavnosti, dohodek iz premoženja, dobiček iz kapitala ter drugi dohodki. Ker se v Sloveniji dohodek iz kmetijstva velikokrat prepleta tudi z dohodkom iz zaposlitve,

imamo veliko število tako imenovanih mešanih kmetijskih gospodarstev. Zato smo preučili tudi vidike kombinacije različnih dohodkov. Novost od leta 2013 je tudi oblika skupnosti ene ali več fizičnih oseb, članov enega ali več gospodinjestev, evidentiranih na istem naslovu, kar dohodka iz osnovne kmetijske dejavnosti več ne obravnava popolnoma individualno, ampak omogoča celovit pogled na dohodek vseh članov, ki živijo in delajo na kmetiji. Ta skupnost se imenuje kmečko gospodinjstvo. Optimizacija je zaradi tega potrebna prav na ravni kmečkega gospodinjstva (Zakon o dohodnini, 2011). Dohodki, ki jih fizične osebe dosegajo v okviru opravljanja kmetijske ali gozdarske dejavnosti, so po Zakonu o dohodnini (2011) obdavčene kot dohodek iz osnovne kmetijske in osnovne gozdarske dejavnosti oziroma kot dohodek iz dejavnosti.

Namen prispevka je predstaviti model za izračun različnih metod ugotavljanja dohodka na kmetijah za namene obdavčevanja. V analizo smo vključili različne tipe kmetijskih gospodarstev in različne sestave kmečkih gospodinjestev. Analize temeljijo na realnih podatkih. Ob tem smo izdelali tudi enostavno orodje v programu Excel, kar kmetijam omogoča optimizacijo davčne obveznosti.

## **2 MATERIAL IN METODE DELA**

Za namen raziskave smo uporabili dejanske podatke obravnavanih kmetij. Te smo pridobili na podlagi ustne privolitve nosilca in članov kmečkega gospodinjstva. Podatke o katastrskem dohodku, drugih dohodkih, vzdrževanih družinskih članih in plačanih prispevkih smo pridobili iz informativnega izračuna dohodnine, odločb o odmeri zborničnega prispevka Kmetijsko gozdarske zbornice Slovenije ter odločb o odmeri obveznosti iz kmetijstva. Podatke o plačilih iz ukrepov kmetijske politike smo pridobili na podlagi izdanih odločb za posamezno izplačilo. Podatke o dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih smo pridobili za pet kmetij, ki vodijo knjigovodstvo za davčne namene iz bilance stanja in bilance uspeha, medtem ko za štiri kmetije iz obdelanih podatkov FADN knjigovodstva (The Farm Accountancy Data Network). Za reševanje problema je bil izbran simulacijski odločitveni model. Model je ustvarjen v generatorju Excel. Po vpisu podatkov ta izračuna dohodnino vsakega posameznega člana kmečkega gospodinjstva in skupno. Z modelom lahko ugotovimo, kateri način ugotavljanja dohodka je najprimernejši na kmetiji. Z njim lahko tudi optimiziramo dohodnino. Rezultati so prikazani v obliki preglednice.

Izsledki v analizah so izračunani na podlagi pravil slovenskih zakonodajnih predpisov, veljavnih v letu 2016, na uradnih pojasnilih državnih organov ter drugih strokovnih inštitucij. Analizirani podatki se nanašajo na kmečka gospodinjstva z območja Pomurja. Vsa kmečka gospodinjstva so zavezanci za davek kot fizične osebe in so kot takšna tudi obravnavana. Izsledki raziskave zato niso primerljivi za kmetije z drugačno organizacijsko obliko - kot samostojni podjetnik, oziroma gospodarska družba. Za namen raziskovanja smo podatke o kmetijskih

gospodarstvih povzeli iz zadnjih razpoložljivih evidenc. Tako se podatki nanašajo večinoma na leto 2015, nekaj tudi na leto 2014 ali prej, nekateri podatki pa so ocenjene vrednosti.

## 2.1 Opis orodja

Za namen primerjave različnih načinov ugotavljanja dohodka na kmetijah, smo razvili orodje, s katerim je mogoče za vsako kmetijo posebej zelo enostavno izračunati najprimernejši način ugotavljanja dohodka. To je nadgradnja do sedaj razvitih orodij, ki sta jih razvila Pajntar (2006) in Pavše (2010). Orodje omogoča celovit pregled obdavčitve kmečkega gospodinjstva, se pravi vseh članov. Tako najbolje odraža davčni vidik kmetije. Orodje bodo lahko uporabljali kmetje sami, kot tudi svetovalci – in sicer pri odločitvah o najprimernejšem načinu ugotavljanja dohodka za določeno kmečko gospodinjstvo. V orodju so zajeti vsi vidiki, ki vplivajo na končno obdavčitev in zajemajo zelo veliko raznolikost slovenskih kmečkih gospodinjstev (preglednica 1).

Orodje je narejeno v Excelu in je sestavljeno iz štirih listov:

- list »Optimiranje dohodnine«, v katerem uporabnik vnaša podatke obravnavanega kmečkega gospodinjstva. Tu se mu na tej podlagi izračuna višina dohodnine pri vseh načinih ugotavljanja dohodka ter pogoj za vodenje knjigovodstva po dejanskih dohodkih in normiranih odhodkih;
- list »Javni podatki«, v katerem lahko uporabnik spremeni osnovne podatke iz dohodninske lestvice. Ti podatki so za vsako leto določeni s Pravilnikom o določitvi olajšav in lestvice za odmero dohodnine;
- list »Podrobni podatki«, v katerem lahko uporabnik zelo natančno pregleda podatke za vsakega posameznega člana kmečkega gospodinjstva v vseh načinih ugotavljanja dohodka;
- list »Rezultati«, kjer je prikazana preglednica dohodnine vseh članov kmečkega gospodinjstva glede na različne načine ugotavljanja davčne osnove. Drugi rezultat je predstavitev obremenitev z dohodnino posameznega člana kmečkega gospodinjstva glede na način obdavčitve.

Model samostojno upošteva dohodninsko lestvico, splošno olajšavo in olajšavo za vzdrževane družinske člane do 5 otrok, medtem ko je potrebno vse ostale olajšave (olajšave za več kot 5 otrok, osebna olajšava invalida s 100 % telesno okvaro, posebno olajšavo za rezidenta, ki se izobražuje in ima status dijaka ali študenta, olajšavo za vzdrževanega otroka, ki potrebuje posebno nego in varstvo in olajšavo za prostovoljno dodatno pokojninsko zavarovanje) izračunati posebej in to vpisati pri posameznem članu kmečkega gospodinjstva. Model omogoča vnos do šestih članov kmečkega gospodinjstva, ki so zavezanci za dohodnino, kar pokriva tri generacije na kmetiji. Za točen izračun je potrebno vstaviti vse zahtevane podatke vseh članov kmečkega gospodinjstva. Zelo pomembno je tudi, da ti podatki

dejansko odražajo stanje za prihodnost, saj je izračun pravzaprav namenjen prihodnosti oziroma odločitvi, kateri način ugotavljanja davčne osnove na kmetiji bi bil najugodnejši. Model sicer omogoča uporabo preteklih podatkov, predvsem za izračun povprečij, vendar v primeru, da ti podatki ne bodo realnost prihodnosti, je boljše, da uporabimo podatke, ki jih v prihodnosti planiramo.

## 2.2 Izračun dohodnine

### 2.2.1 Izračun dohodnine na podlagi katastrskega dohodka

Dohodnina na podlagi katastrskega dohodka se izračuna za vsakega člana kmečkega gospodinjstva posebej. Podatki, izračunani za kmečko gospodinjstvo, so vsota posameznih dohodnin članov. Tako je za vsakega člana kmečkega gospodinjstva izračunana davčna osnova kot vsota katastrskega dohodka, drugih pripisanih dohodkov ter glede na to ali ima član tudi na katastrski dohodek pripisano sorazmerno vrednost obdavčljivih neposrednih plačil. Le ta je zmanjšana za prispevke za pokojninsko in invalidsko zavarovanje, stroške od ostalih dohodkov, olajšave za vlaganje, splošne olajšave ter olajšave za vzdrževane družinske člane.

Dohodnina za vsakega posameznega člana (DKD) in skupna dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva, obdavčenih po sistemu katastrskega dohodka (KDKG), se izračunana po sledečih enačbah:

$$DKD = ((KD + OD + PP + PVO + PMK - PK - POD - ST - OI - SOL - DOL - OOL) \times SDL) - ZDUP + NDOH$$

(1)

$$KDKG = DKDN + DKD\check{C}2 \dots + DKD\check{C}n \dots(2)$$

kjer je: DKD - dohodnina po katastrskem dohodku posameznega člana kmečkega gospodinjstva (nosilca, drugega člana, do n števila članov); KD - katastrski dohodek posameznega člana kmečkega gospodinjstva; OD - ostali dohodki; PP - plačilne pravice; PVP - proizvodno vezana plačila; PMK - plačilo za mlade kmete; PK - prispevki za pokojninsko in invalidsko zavarovanje iz kmetijstva; POD - prispevki za pokojninsko in invalidsko zavarovanje iz ostalih dohodkov; ST - upoštevani stroški vseh ostalih dohodkov; OI - olajšava za investiranje; SOL - splošna olajšava; DOL - druge olajšave; OOL - olajšava za vzdrževane otroke; SDL - stopnja dohodninske lestvice; ZDUP - zmanjšanje dohodnine upokojeencev; NDOH - dohodnina po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih dopolnilne dejavnosti; KDKG - skupna dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva obdavčenih po sistemu katastrskega dohodka, DKDN - dohodnina po katastrskem dohodku nosilca kmečkega gospodinjstva; DKDČ2 - dohodnina po katastrskem dohodku drugega člana kmečkega gospodinjstva; DKDČn - dohodnina po katastrskem dohodku za vsakega naslednjega člana kmečkega gospodinjstva.

**Preglednica 1:** Primer vnosne table orodja v generatorju Excel za izračun najprimernejšega načina obdavčitve, ki kmetijam omogoča optimizacijo davčne obveznosti

**Table 1:** Example of input table of the tool in the Excel programme for calculation of the most optimal income assessment, which enables farms to optimize tax liability

Kmetija 1						
	KDKG	NormDoh	DejDoh			
BRUTO DAVČNA OSNOVA KMEČEĀEGA GOSPODINSTVA	62.002,98€	71.461,54€	68.803,52€			
DAVČNA OSNOVA IZ KMETIJSKE DEJAVNOSTI	14.791,90 €	24.250,46 €	21.592,44 €			
DAVČNA OSNOVA IZ OSTALIH DOHODKOV	47.211,08 €	47.211,08 €	47.211,08 €			
NETO DAVČNA OSNOVA	32.853,24 €	22.197,62 €	39.653,78 €			
DOHODNINA	5.957,27 €	9.511,61 €	9.860,50 €			
<b>Kmetija nima pogojev za vodenje knjigovodstva po Normiranih odhodkih</b>						
	Nosilec	2. član	3. član	4. član	5. član	6. član
Katastrski dohodek (KD)	1.170,19		13,51	10,51		
Vsi ostali dohodki (plača, pokojnina,...) (OD)	19.221,38	26.362,76	6.139,60	5.296,84		
Prihodek od dopolnilnih dejavnosti obdavčenih po NormDoh	21.820,03					
Skupaj plačani prispevki iz kmetijske dejavnosti (PK)						
Skupaj plačani prispevki iz vseh ostalih dohodkov (POD)	4.075,10	5.673,22				
Skupaj upoštevani stroški vseh ostalih dohodkov (SOD)	61,18					
Čas vzdrževanja družinskih članov - otrok (v mesecih) pri KD	6	6				
Čas vzdrževanja družinskih članov - otrok (v mesecih) pri NormDoh	6	6				
Čas vzdrževanja družinskih članov - otrok (v mesecih) pri DejDoh	12					
Višina drugih olajšav (drugi vzdr. člani, otrok s posebno nego ipd.) (DOL)						
Zmanjšanje dohodnine upokojenci 13,5 % (ZDUP)			828,85	715,07		
	Povprečje	Vnos podatkov za izračun povprečja				
Plačilne pravice (PP)	10.011,95	10.011,95				
Višina proizvodno vezanih plačil (PVP)	3.585,74	3.585,74				
Plačilo za mlade kmete (PMK)	0,00		Drugi prihodki kmetije		40%	
Zelena komponenta (ZK)	6.005,65	6.005,65	Prihodki od prodaje		60%	
Višina KOPOP in DŽ plačil (KOPOP)	21.466,87	21.466,87				
Trošarina (TR)	173,49	173,49				
OMD plačila (OMD)	1.749,04	1.749,04				
Število kmetijskih zavarovancev (ŠKZ)						
Prihodek od prodaje - DejDoh in NormDoh (DP)	78.259,58	64.103,29	59.036,42	95.803,02	87.156,00	85.199,15
Dolgoročno razmejene investicijske podpore (IP)	0,00					
Olajšave za investiranje (OI)	0,00					
Stroški materiala in storitev (SMS)	63.829,84	52.532,85	58.297,27	51.913,85	88.284,07	68.121,14
Odpisi vrednosti (Amortizacija) (AM)	33.071,27	32.644,63	21.074,33	32.566,36	41.600,96	37.470,08
Stroški najete delovne sile (SNDS)	0,00					
Finančni odhodki iz finančnih obveznosti - obresti in stroški kreditov (FO)	2.758,76	2.012,58	2.352,80	2.270,17	4.713,53	2.444,74
Davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva od drugih dejavnosti (DODD)	0,00					
Število vzdrževanih družinskih članov (otrok) (ŠO)	3	3				

### 2.2.2 Izračun dohodnine na podlagi dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov

Dohodnina na podlagi dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov je izračunana za vsakega člana kmečkega gospodinjstva posebej. Davčna osnova za nosilca kmečkega gospodinjstva je izračunana iz vsote dejanskih prihodkov od prodaje in vseh ostalih prihodkov, v katere so všeta neposredna plačila, plačila KOPOP, plačila OMD, vračila trošarine za pogon kmetijske mehanizacije in investicijske podpore. Dejanski prihodki so zmanjšani za 80 % normiranih odhodkov. Ta davčna osnova se ne vševa v osnovo za dohodnino po dohodninski lestvici, ampak se obdavči direktno ali cedularno. Izračun dohodnine po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih:

$$DNO = (DP + PP + PVP + PMK + ZK + KOPOP + OMD + TR + IP - NO) \times DSO \dots (3)$$

kjer je: DNO - dohodnina po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih; DP - dejanski prihodki kmetijske in dopolnilnih dejavnosti; PP - plačilne pravice; PVP - proizvodno vezana plačila; PMK - plačilo za mlade kmete; ZK - zelena komponenta; KOPOP - kmetijsko okoljsko podnebna plačila; OMD - plačila za območja z omejenimi dejavniki; TR - vračilo trošarine za energente za pogon kmetijske mehanizacije; IP - investicijske podpore (dolgoročno časovno razmejene); NO - normirani odhodki (80 % prihodkov) po zakonu o dohodnini (ZDoh-2, 59. člen); DSO - dokončna stopnja obdavčitve (20 %) po zakonu o dohodnini (ZDoh-2, 135a. člen).

V primeru ostalih dohodkov nosilca, se ti v dohodnini izračunajo popolnoma enako, kot dohodnina vseh ostalih članov kmečkega gospodinjstva. Davčna osnova za člane je izračunana iz seštevka ostalih dohodkov, ki niso povezani s kmetijo ali dopolnilno dejavnostjo, saj se v tem primeru vsi dohodki, ki se tičejo kmetije, pripišejo nosilcu kmečkega gospodinjstva. Za vsakega posameznega člana se odštejejo plačani nekmetijski prispevki, stroški in osebne ter olajšave za vzdrževane družinske člane.

Izračun dohodnine nosilca kmečkega gospodinjstva po normiranih odhodkih:

$$DNON = (OD - PO - SOD - SOL - DOL - OOL) \times SDL + DNO - ZDUP + NDOH \dots (4)$$

$$DNO\check{c} = (OD - POD - SOD - SOL - DOL - OOL) \times SDL - ZDUP \dots (5)$$

$$NormDoh = DNON + DNO\check{c}2 \dots + DNO\check{c}n \dots (6)$$

kjer je DNON - dohodnina nosilca kmečkega gospodinjstva po normiranih odhodkih; DNOČ - dohodnina članov kmečkega gospodinjstva po normiranih odhodkih (drugega člana, do n števila članov); OD -ostali dohodki (plača, pokojnina in vsi drugi dohodki, ki so obdavčeni po dohodninski lestvici); POD - prispevki od ostalih dohodkov; SOD - stroški od ostalih dohodkov; SOL - splošna

olajšava; DOL - druge olajšave OOL - olajšava za vzdrževane otroke; SDL - stopnja dohodninske lestvice; ZDUP - zmanjšanje dohodnine upokojencev; NDOH - dohodnina po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih dopolnilne dejavnosti; DNO - dohodnina iz dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov; NormDoh - dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva, obdavčenih po sistemu dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov.

### 2.2.3 Izračun dohodnine na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov

Tudi pri izračunu dohodnine na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov program izračuna dohodnino za vsakega člana kmečkega gospodinjstva posebej. Za nosilca, kateremu so v tem primeru pripisani vsi dohodki iz kmetijske in vseh dopolnilnih dejavnosti, osnovo za dohodnino izračunamo, kot je prikazano v enačbi 7. Tako dobimo davčno osnovo iz kmetijske dejavnosti. To davčno osnovo lahko povprečimo na podlagi ZDoh-2 glede na število članov kmečkega gospodinjstva, ki so obvezno pokojninsko in invalidsko zavarovani iz naslova kmetijske in dopolnilne dejavnosti. Povprečna davčna osnova se izračuna tako, da se dohodek iz kmetijske dejavnosti razdeli na toliko delov, koliko je članov kmečkega gospodinjstva, ki so pokojninsko in invalidsko zavarovani iz naslova kmetijske in dopolnilnih dejavnosti, ter izračuna, kakšna bi bila dejanska oziroma efektivna davčna stopnja ob takšni višini dohodkov. S to nižjo stopnjo se nato pri nosilcu obdavči ves dosežen dohodek. Enačba za izračun dohodninske osnove iz kmetijstva nosilca kmečkega gospodinjstva obdavčenega po sistemu dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov:

$$DODDNK = DP + PP + PVP + PMK + ZK + KOPOP + OMD + TR + IP - SMS - AM - SNDS - FO - PK - OI - SOL - DOL - OOL$$

... (7)

kjer je: DODDNK - dohodninska osnova iz kmetijstva nosilca kmečkega gospodinjstva na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov iz kmetijstva; DP - dejanski prihodki kmetijske in dopolnilnih dejavnosti; PP - plačilne pravice; PVP - proizvodno vezana plačila; PMK - plačilo za mlade kmete; ZK - zelena komponenta; KOPOP - kmetijsko okoljsko podnebna plačila in plačila za ukrep dobrobit živali; OMD - plačila za območja z omejenimi dejavniki; TR - vračilo trošarine od energentov za pogon kmetijske mehanizacije; IP - investicijske podpore – dolgoročno časovno razmejene; SMS - stroški materiala in storitev; AM – amortizacija; SNDS - stroški najete delovne sile; FO - finančni odhodki (stroški in obresti kreditov); PK - prispevki kmetijstvo; OI - olajšava za investiranje; SOL - splošna olajšava; DOL - druge olajšave; OOL - olajšava za vzdrževane otroke.

Enačba za izračun dohodninske osnove iz drugih dohodkov za nosilca kmečkega gospodinjstva se glasi:

$$DODDNOD = OD - POD - SOD$$

... (8)

kjer je: DODDNOD - davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov iz ostalih dohodkov OD - ostali dohodki (plača, pokojnina in vsi drugi

dohodki ki so obdavčeni po dohodninski lestvici); *POD* - prispevki od ostalih dohodkov; *SOD* - stroški od ostalih dohodkov.

Enačba za izračun skupne dohodninske osnove nosilca se glasi:

$$ODDN = DODDNK + DODDNOD \quad \dots (9)$$

kjer je: *DODDN* - dohodninska osnova nosilca; *DODDNK* - davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva na podlagi; dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov iz kmetijstva; *DODDNOD* - davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva na podlagi; dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov iz ostalih dohodkov.

Enačba za izračun dohodninske osnove za povprečenje je:

$$DOP = (DODDNK / \check{S}KZ) + DODD \quad \dots (10)$$

kjer je: *DOP* - dohodninska osnova za povprečenje; *DODDNK* - davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva na podlagi; dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov iz kmetijstva  
*\check{S}KZ* - število kmečkih zavarovancev; *DODD* - davčna osnova nosilca kmečkega gospodinjstva ki se nanaša na druge dejavnosti.

Enačba za izračun povprečne stopnje dohodnine je:

$$PS = (DOP \times SDL) / DOP \quad \dots (11)$$

kjer je: *PS* - povprečna stopnja dohodnine; *DOP* - dohodninska osnova za povprečenje; *SDL* - stopnja dohodninske lestvice.

Enačba za izračun dohodnine nosilca kmečkega gospodinjstva s povprečenjem je:

$$DDDN = DODDN \times PS - ZDUP \quad \dots (12)$$

kjer je: *DDDN* - dohodnina iz kmetijstva nosilca na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov; *DODDN* - dohodninska osnova nosilca; *PS* - povprečna stopnja dohodnine; *ZDUP* - zmanjšanje dohodnine upokojenecv.

Enačba za izračun dohodnine članov kmečkega gospodinjstva je:

$$DDD\check{C} = (OD - POD - SOD - SOL - DOL - OOL) \times SDL - ZDUP \quad \dots (13)$$

kjer je: *DDD\check{C}* - dohodnina članov kmečkega gospodinjstva po dejanskih odhodkih (drugega člana, do n števila članov); *OD* - ostali dohodki (plača, pokojnina in vsi drugi dohodki, ki so obdavčeni po dohodninski lestvici); *POD* - prispevki od ostalih dohodkov; *SOD* - stroški od ostalih dohodkov; *SOL* - splošna olajšava; *DOL* - druge olajšave; *OOL* - olajšava za vzdrževane otroke; *SDL* - stopnja dohodninske lestvice; *ZDUP* - zmanjšanje dohodnine upokojenecv.

Enačba za izračun dohodnine kmečkega gospodinjstva, ki je obdavčeno po sistemu dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov:

$$DejDOH = DDDN + DDČ2 \dots + DDČn \quad \dots (14)$$

kjer je: DejDoh - dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih; DDDN - dohodnina iz kmetijstva nosilca na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov; DDČ - dohodnina članov kmečkega gospodinjstva obdavčenih po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih (drugega člana, do n števila članov).

### 3 REZULTATI

#### 3.1 Kmetija 1

Kmetija 1 je mešana poljedelsko živinorejska. Obsega 38,98 ha kmetijskih zemljišč, od tega 38,25 ha njiv, 0,50 ha travnikov in 0,23 ha vinogradov. Ob kmetijskih poseduje še 10,20 ha gozda. Glavna proizvodnja na kmetiji je pridelava pšenice, koruze, ječmena, buč in reja govejih pitancev. Glede na socio-ekonomski tip je dopolnilna kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz sedmih članov, od tega so štiri dohodninski zavezanci. Nosilec kmečkega gospodinjstva in njegova žena sta zaposlena izven kmetije. Imata tri otroke, ki so še vzdrževani družinski člani. Nosilčeva oče (ded) (tretji član) in mati (babica) (četrti član) sta upokojenca iz kmetijstva. Na kmetiji se opravlja tudi dopolnilna dejavnost, proizvodnja elektrike s sončno elektrarno. V primeru obdavčitve po katastrskem dohodku se predvideva, da bo dopolnilna dejavnost obdavčena po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih. Kmetija uveljavlja plačila za neposredna plačila in je vključena v kmetijsko okoljsko podnebna plačila ter ima zelo majhen delež zemljišč na območjih z omejenimi dejavniki za kmetijstvo. Kmetija uveljavlja še trošarino od goriv za pogon kmetijske mehanizacije.

Rezultati kažejo (preglednica 2), da je za kmetijo 1 najugodnejši način obdavčitve obdavčitev po katastrskem dohodku.

#### 3.2 Kmetija 2

Kmetija 2 je mešana živinorejsko poljedelska. Obsega 25,63 ha kmetijskih zemljišč, od tega 23,19 ha njiv - in 2,44 ha travnikov. Kmetija je usmerjena v mlečno proizvodnjo, ta je glavni vir dohodka. Ob tem prodajo še nekaj tržnih viškov koruze in pšenice. Glede na socio-ekonomski tip govorimo o čisti kmetiji. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz 7 članov, od katerih so štiri dohodninski zavezanci. Nosilec kmečkega gospodinjstva in njegova žena (drugi član) sta pokojninsko in invalidsko zavarovana iz kmetijstva in jima kmetijstvo pomeni edini vir dohodka. Imata tri otroke, ki so še predšolski ali šoloobvezni in so še vsi vzdrževani družinski člani. Ded (tretji član) in babica (četrti član) sta upokojenca iz

kmetijstva. Nosilčev oče (ded) je vključen v ukrep Zgodnje upokojevanje kmetov, tako da dobiva del dohodka še iz tega ukrepa. Katastrski dohodek na kmetiji ima samo nosilec, saj je prevzel kmetijo v celoti, ko je vstopil v ukrep Pomoč mladim prevzemnikom ob prevzemu kmetije. Dopolnilne dejavnosti na kmetiji nimajo. Kmetija uveljavlja vlogo za neposredna plačila, vključena je v kmetijsko okoljsko podnebna plačila in ima zelo majhen delež zemljišč na območjih z omejenimi dejavniki za kmetijstvo. Kmetija uveljavlja tudi trošarino od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija je obveznica za vodenje FADN knjigovodstva, zato prevzemnik že od prevzema kmetije vodi to knjigovodstvo.

Rezultati kažejo (preglednica 2), da sta za kmečko gospodinjstvo najbolj ugodna načina obdavčitve na podlagi katastrskega dohodka in na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov. V nobenem od teh dveh načinov namreč kmečkemu gospodinjstvu ni potrebno plačati dohodnine.

### 3.3 Kmetija 3

Kmetija 3 je mešana živinorejsko poljedelska in je usmerjena v prašičerejo. Obsega 41,76 ha kmetijskih zemljišč, od tega 41,40 ha njiv in 0,36 ha travnikov. Glavna proizvodnja na kmetiji je prireja in prodaja vseh kategorij prašičev. Imajo zaključeno rejo okrog 60 plemenskih svinj, od katerih prodajajo prašiče različne teže, glede na povpraševanje na trgu. Kmetija je registrirana tudi kot vzrejno središče za rejo plemenskih živali, tako na trgu prodajajo tudi nebreje ali breje plemenske mladice. Glede na socio-ekonomski tip govorimo o čisti kmetiji. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz osmih članov treh generacij. Šest članov je dohodninskih zavezancev. Nosilec kmetijskega gospodarstva je mladi prevzemnik, ki je pokojninsko in invalidsko zavarovan iz kmetijstva in je lastnik večjega dela kmetije. Žena mladega prevzemnika (drugi član) je zaposlena izven kmetijstva in je prav tako lastnica dela kmetije, ki jo je prevzela od svojih staršev. Nosilec in žena imata dva otroka, ki sta še oba vzdrževana družinska člana. V gospodinjstvu sta še nosilčeva oče (ded) (tretji član) in mati (babica) (četrti član), ki sta prav tako oba pokojninsko in invalidsko zavarovana iz kmetijstva. Babica ima registrirano tudi dopolnilno dejavnost (trgovina s pridelki iz kmetije). V kmečkem gospodinjstvu sta še tudi nosilčeva stara starša (praded in prababica) (peti in šesti član), ki sta oba upokojenca iz kmetijstva. Katastrski dohodek v kmečkem gospodinjstvu imata nosilec in njegova žena, saj sta edina lastnika kmetije. Žena nosilca je zaposlena izven kmetije, zato bo zaradi ugodnejšega načina obdavčitve določila dejanskega uporabnika njenih kmetijskih zemljišč, to bo ded. Njemu je namreč kmetijstvo edini vir dohodka. Štirje člani kmečkega gospodinjstva imajo še druge dohodke, žena nosilca plačo, babica dohodek iz dopolnilne dejavnosti, praded in prababica pokojnine. Kmetija uveljavlja vlogo za neposredna plačila, vključena je v Kmetijsko okoljsko podnebna plačila, uveljavlja plačilo za mlade kmete in plačilo

za ukrep dobrobit živali v prašičereji. Uveljavljajo tudi trošarino od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija vodi FADN knjigovodstvo.

**Preglednica 2:** Rezultati izračuna najprimernejšega načina obdavčitve na kmetiji po zakonodajnih predpisih, veljavnih v letu 2016

**Table 2:** Calculation results of the most optimal income assessment on a farm after legislative regulations in force in 2016

Način obdavčitve	Dohodnina (EUR/leto)						
	Skupaj	Nosilec	2. član	3. član	4. član	5. član	6. član
Kmetija 1							
KDKG	5.957,27	3.428,31	2.528,96	0,00	0,00		
NormDoh	9.511,61	6.982,65	2.528,96	0,00	0,00		
DejDoh	9.860,50	6.048,41	3.812,10	0,00	0,00		
Kmetija 2							
KDKG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
NormDoh	4.628,18	4.628,18	0,00	0,00	0,00		
DejDoh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Kmetija 3							
KDKG	40,00	0,00	0,00	0,00	40,00	0,00	0,00
NormDoh	7.348,53	7.067,28	281,25	0,00	0,00	0,00	0,00
DejDoh	13.132,32	12.037,29	1.095,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Kmetija 4							
KDKG	9.039,91	2.324,96	0,00	3.951,45	2.763,50		
NormDoh	10.925,22	4.210,27	0,00	3.951,45	2.763,50		
DejDoh	10.976,91	4.261,96	0,00	3.951,45	2.763,50		
Kmetija 5							
KDKG	689,85	410,49	279,36	0,00	0,00		
NormDoh	2.955,70	2.676,33	279,36	0,00	0,00		
DejDoh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Kmetija 6							
KDKG	2.454,63	1.818,87	635,76	0,00			
NormDoh	8.552,47	7.916,71	635,76	0,00			
DejDoh	635,76	0,00	635,76	0,00			
Kmetija 7							
KDKG	153,76	153,76	0,00	0,00			
NormDoh	4.395,69	4.395,69	0,00	0,00			
DejDoh	0,00	0,00	0,00	0,00			
Kmetija 8							
KDKG	0,00	0,00	0,00				
NormDoh	3.540,09	3.540,09	0,00				
DejDoh	0,00	0,00	0,00				
Kmetija 9							
KDKG	5.497,17	5.497,17					
NormDoh	9.290,61	9.290,61					
DejDoh	2.250,55	2.250,55					

KDKG - skupna dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva obdavčenih po sistemu katastrskega dohodka; NormDoh - dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva obdavčenih po sistemu dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov; DejDoh - dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih

Rezultati kažejo (preglednica 2), da je najugodnejši način obdavčitve z dohodnino za kmetijo 3, obdavčitev po katastrskem dohodku, saj tako kmečko gospodinjstvo ne plača skoraj nič dohodnine. Dohodnina se plača samo od dopolnilne dejavnosti, ki je obdavčena po dejanskih prihodkih in normiranih odhodkih, zato sledi cedularna obdavčitev, ki se je ni mogoče izogniti. Prihodek iz dopolnilne dejavnosti je tako majhen, da je tudi dohodnina zelo nizka.

### 3.4 Kmetija 4

Kmetija 4 je manjša prašičerejsko poljedelska kmetija. Obsega 11,40 ha kmetijskih zemljišč v njivah. Glavna proizvodnja na kmetiji je reja pujskov, prodajo tudi nekaj tržnih presežkov pšenice, koruze, ječmena in oljnih buč. Glede na socio-ekonomski tip je mešana kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz štirih članov. Nosilec je zaposlen izven kmetijstva, oče nosilca (drugi član) je pokojninsko in invalidsko zavarovan iz kmetijstva, medtem ko sta mati (tretji član) in sestra nosilca (četrti član) tudi obe zaposleni izven kmetijstva. Nosilec in njegov oče imata katastrski dohodek. Nosilec le nekaj iz naslova zakupljenih zemljišč od Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije. Za vsa lastna zemljišča kmečkega gospodinjstva je kot dejanski uporabnik določen oče nosilca. Vsi člani imajo tudi druge dohodke. Kmetija uveljavlja neposredna plačila, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebnih plačil, v ukrep dobrobit živali v prašičereji in uveljavlja vračilo trošarine od goriva, porabljenega za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija vodi FADN knjigovodstvo.

Rezultati kažejo (preglednica 2), da je najprimernejši način obdavčitve kmetije 4 po katastrskem dohodku. V tem primeru znaša dohodnina vseh članov kmečkega gospodinjstva 9.039,91 EUR.

### 3.5 Kmetija 5

Kmetija 5 je mešana govedorejsko poljedelska. Obsega 17,09 ha kmetijskih zemljišč, od tega 14,05 ha njiv in 3,04 ha travnikov. Glavna proizvodnja na kmetiji je mlečna proizvodnja, reja krav dojlj in govejih pitancev. Prodajo pa tudi nekaj tržnih viškov koruze, pšenice, ječmena in oljnih buč. Glede na socio-ekonomski tip je dopolnilna kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz osmih članov, od katerih so štirje zavezanci za dohodnino. Nosilec (oče) in njegova žena (drugi član) sta zaposlena izven kmetijstva, oče nosilca (ded) (tretji član) je upokojenec in mati nosilca (babica) (četrti član) je brez dohodkov. Katastrski dohodek imajo trije člani kmečkega gospodinjstva, nosilec ter ded in babica. Nosilec, njegova žena in ded imajo tudi druge dohodke. Nosilec in žena plačo, ded pokojnino. Nosilec in žena imata 4 otroke, ki so še vsi vzdrževani družinski člani. Kmetija uveljavlja neposredna plačila, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebnih plačil, uveljavlja plačila za ukrep dobrobit živali v govedoreji ter zahteva vračilo trošarine

od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Nobena oseba na kmetiji ni pokojninsko in invalidsko zavarovana iz kmetijstva. Na kmetiji spremljajo rezultate gospodarjenja po metodologiji FADN.

Rezultati kažejo (preglednica 2), da je najugodnejši način ugotavljanja dohodka za kmečko gospodinjstvo kmetije 5 po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih. V tem primeru kmečko gospodinjstvo ne bi plačalo dohodnine. Rezultat poslovanja kmetije po FADN knjigovodstvu je namreč negativen, kar pomeni, da kmetija ne ustvarja nobenih dohodkov.

### **3.6 Kmetija 6**

Kmetija 6 je poljedelsko živinorejska kmetija. Obsega 60,90 ha kmetijskih zemljišč, od tega 59,51 ha njiv, 1,25 ha travnikov in 0,14 ha vinograda. Glavna proizvodnja na kmetiji je reja govejih pitancev. Redijo okrog 140 govejih pitancev. Ob tej proizvodnji prodajo še nekaj tržnih presežkov različnih poljščin. Glede na socio-ekonomski tip je čista kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz treh članov. Nosilec je pokojninsko in invalidsko zavarovan iz kmetijstva. Oče nosilca (ded) (drugi član) je upokojenec iz kmetijstva in vključen v ukrep zgodnje upokojevanje kmetov. Mati nosilca (babica) (tretji član), je upokojenka iz kmetijstva. Nosilec ima 5 otrok, ki so še vsi vzdrževani družinski člani, vendar jih uveljavlja samo polovično, drugo polovico jih uveljavlja žena nosilca, ki živi na drugem kmetijskem gospodarstvu, katerega nosilka je. Katastrski dohodek celotne kmetije ima pripisan nosilec, kateremu pomeni dohodek iz kmetijstva glavni in edini vir dohodka. Kmetija uveljavlja neposredna plačila, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebnih plačil in uveljavlja vračilo trošarine od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Dohodek se ugotavlja na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov, saj je kmetija morala z letom 2014 obvezno začeti ugotavljati dohodek na podlagi knjigovodskih podatkov. Tako dohodek ugotavljajo tudi v letu 2016, saj kljub možnosti niso izstopili iz tega načina.

Rezultati kažejo, da je najugodnejši način ugotavljanja dohodka v kmečkem gospodinjstvu kmetije 6 na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov (preglednica 2).

### **3.7 Kmetija 7**

Kmetija 7 je večja prašičerejska kmetija, ki se ukvarja tudi z vinogradništvom in vinarstvom. Obsega 37,87 ha kmetijskih zemljišč, od tega 36,16 ha njiv in 1,71 ha vinogradov. Glavna proizvodnja na kmetiji je prašičereja, prodajajo vse kategorije prašičev. Ob tem prodajajo tudi nekaj tržnih presežkov žit, ukvarjajo pa se tudi z proizvodnjo in prodajo vina. Glede na socio-ekonomski tip je čista kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz treh članov, nosilca ki je mladi prevzemnik, očeta (drugega člana) in matere (tretjega člana). Vsi ti člani so

pokojninsko in invalidsko zavarovani iz kmetijstva. Ob osnovni kmetijski dejavnosti ima nosilec še registrirano dopolnilno dejavnost za proizvodnjo in prodajo energije iz sončnega vira, kjer proizvajajo elektriko s sončno elektrarno. Vsi člani kmečkega gospodinjstva imajo katastrski dohodek. Nosilec iz lastništva, medtem ko imata starša pripisan katastrski dohodek kot dejanska uporabnika zemljišč. Kmetija uveljavlja neposredna plačila v kmetijstvu, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebna plačila, v ukrep dobrobit živali v prašičereji, pridobiva dodatno plačilo za mlade kmete in uveljavlja vračilo trošarine za goriva za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija od leta 2014 kot obveznik ugotavlja dohodek na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov in v letu 2016, kljub možnosti, niso prešli na ugotavljanje dohodka po katastrskem dohodku.

Po izračunih je najugodnejši način obdavčitve kmečkega gospodinjstva po dejanskih prihodkih in dejanskih odhodkih, saj kmetija po knjigovodskih podatkih izkazuje zelo malo dohodka (preglednica 2).

### **3.8 Kmetija 8**

Kmetija 8 je govedorejsko poljedelska kmetija. Obsega 33,58 ha kmetijskih površin, od tega 30,44 ha njiv in 3,14 ha travnikov. Glavna proizvodnja na kmetiji je pridelava mleka in govejega mesa. Prodajajo tudi tržne presežke koruze, pšenice in ječmena. Glede na socio-ekonomski tip je čista kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno iz dveh članov: nosilca in njegove sestre (drugi član). Oba sta pokojninsko in invalidsko zavarovana iz kmetijstva in jima kmetijstvo pomeni edini vir dohodka. V podatkih smo predvideli, da imata oba člana kmečkega gospodinjstva katastrski dohodek, ki je ob ostalih dohodkih in naslova kmetijstva tudi njun edini dohodek. Na kmetiji se uveljavljajo neposredna plačila, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebnih plačil in uveljavlja vračilo trošarine od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija je v letih 2014 in 2015 kot obveznik ugotavljala dohodek na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov. V letu 2016 je ponovno pričela ugotavljati dohodek na podlagi katastrskega dohodka.

Izračun pokaže (preglednica 2), da sta najbolj ugodna načina za ugotavljanje dohodka na podlagi katastrskega dohodka in dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov. V obeh primerih ni potrebno kmečkemu gospodinjstvu plačati dohodnine. Če upoštevamo stroške knjigovodstva, je najugodnejši način po katastrskem dohodku (preglednica 2).

### **3.9 Kmetija 9**

Kmetija 9 je večja prašičerejsko poljedelska kmetija. Obsega 46,47 ha kmetijskih zemljišč, od tega 46,27 ha njiv in 0,20 ha travnikov. Glavna proizvodnja na kmetiji je prašičereja. Prodajajo vse kategorije prašičev. Redijo 53 plemenskih svinj in 180 prašičev pitancev. Ob prašičerejski proizvodnji prodajajo še tržne presežke koruze,

oljnih buč, soje in pšenice. Glede na socio-ekonomski tip je mešana kmetija. Kmečko gospodinjstvo je sestavljeno samo iz enega člana. Nosilec je zaposlen izven kmetije. Nosilec ima katastrski dohodek, dohodek iz zaposlitve in druge dohodke iz kmetijstva. Kmetija uveljavlja neposredna plačila, vključena je v ukrep kmetijsko okoljsko podnebna plačila, v ukrep dobrobit živali v prašičereji in uveljavlja vračilo trošarine od goriv za pogon kmetijske mehanizacije. Kmetija nima zemljišč v območjih z omejenimi dejavniki. Nosilec ima dva vzdrževana družinska člana, za katera uveljavlja polovični čas vzdrževanja, torej 6 mesecev. Kmetija od leta 2014 ugotavlja dohodek na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov in bo tako ugotavljala dohodek vsaj obveznih 5 let.

Izračun kaže (preglednica 2), da je najugodnejši način ugotavljanja dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov.

#### 4 RAZPRAVA

Iz rezultatov je razvidno, da dohodnina v Sloveniji, tudi po vseh teh dohodninskih spremembah, članov kmečkih gospodinjstev ne obremenjuje preveč. Podatki o faktorskem dohodku na slovenskih kmetijah (Stele in Žaucer, 2013) kažejo, da je pod povprečjem Evropske unije, kar kaže na zelo nizki dohodek slovenskih kmetij. To nazorno kažejo tudi izračuni, saj je v večini primerov dohodek na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov zelo nizek, in tudi če bi kmetije ugotavljale dohodnino po njem, ne bi bile bistveno na slabšem.

Za obravnavane kmetije je najbolj ugoden način ugotavljanja dohodka na podlagi katastrskega dohodka (pavšalno). Če upoštevamo še stroške knjigovodstva, lastnega dela ter skrbi, ki jih le to zahteva, lahko sklepamo, da za popolnoma vse izračunane kmetije obdavčitev po katastrskem dohodku, predstavlja najugodnejšo izbiro. Le v primeru enočlanskega kmečkega gospodinjstva ni tako. Ta način omogoča tudi najboljšo porazdelitev dohodka iz kmetijstva med vse člane kmečkega gospodinjstva. To je lahko na podlagi razpršenega lastništva ali pa tudi na podlagi zakonskega določila, da se za namen dohodnine lahko katastrski dohodek pripiše dejanskemu uporabniku kmetijskih in gozdnih zemljišč. Ugodno je tudi, da so vsi drugi dohodki, kateri so povezani s kmetijstvom, se pravi plačila iz naslova neposrednih plačil in podobni, v tem primeru razdeljeni med člane kmečkega gospodinjstva. Tako ti dohodki, čeprav predstavljajo bistveni del obdavčljivih dohodkov za dohodnino, v izračunanih primerih ne povzročajo večjega plačila dohodnine. Skozi več članov kmečkega gospodinjstva se namreč nabere kar veliko število različnih olajšav in s primerno razdelitvijo katastrskega in drugih dohodkov iz kmetijstva, dosežemo najbolj optimalno dohodnino.

Izračuni kažejo tudi, da le redka kmetija gospodari z manj kot 80 % skupnih dejanskih odhodkov glede na prihodke. Skoraj za vse kmetije je najslabša izbira

ugotavljanja dohodka glede na dejanske prihodke in normirane odhodke. Iz podatkov kmetij je razvidno, da drugi prihodki na kmetiji, ki so iz naslova ukrepov kmetijske politike, predstavljajo od 18 do 40 % skupnih prihodkov. Največkrat se gibljejo okrog 30 %. To nakazuje, da se kmetijska proizvodnja dohodkovno tudi na tržno usmerjenih kmetijah ne izide in je potrebno za pokrivanje odhodkov nameniti precejšnja sredstva iz ukrepov kmetijske politike. Sama proizvodnja tako ni dovolj zanimiva, kmetje ne želijo v njo vlagati več sredstev in znanja, saj tega ne dobijo poplačanega, kar posledično povzroča vedno manjšo samooskrbo s hrano v Sloveniji. Ugotavljanje dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov je na prvi pogled sicer najbolj pošteno prikazovanje dohodka posameznega subjekta za namen dohodnine. Kot takšen bi lahko bil sprejemljiv za zelo velik krog slovenskih kmetij. Iz rezultatov vidimo, da kmetije ne ustvarjajo velikega dohodka, ne glede na način knjigovodstva, ki smo ga uporabili za pridobivanje podatkov o dejanskih prihodkih in odhodkih. Pri dohodkih med njima ni opaziti nobene večje razlike.

Kot najbolj poštena obdavčitev se je na primerih kmetij pokazalo ugotavljanje dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov. Vendar mora dohodnino celotnega kmečkega gospodinjstva prevzeti nosilec. Kmečko gospodinjstvo je lahko sestavljeno iz zelo različnega števila oseb. Te imajo tudi zelo različne dohodke iz osnovne kmetijske dejavnosti in drugih virov. Na drugi strani so člani kmečkega gospodinjstva lahko odvisni samo od dohodka na kmetiji ali tudi ne. Člani so lahko solastniki kmetije in imajo na podlagi določenih listin in dogovorov tudi določene ugodnosti in obveznosti. Različno je lahko tudi lastništvo dejavnosti, ki jih opravljajo ter različno lastništvo sredstev za opravljanje dejavnosti. Tako je kmečko gospodinjstvo lahko bolj podobno družbi kot fizični osebi ali tudi obratno. Zaradi pripisa dohodka samo nosilcu je lahko v primeru številčnih in delovno aktivnih članov kmetije, ki še povrhu niso pokojninsko in invalidsko zavarovani iz kmetijstva, dohodek kmečkega gospodinjstva visok in tako obdavčen po previsoki stopnji.

Na kmetiji, na kateri se ukvarjajo z različnimi tržnimi dejavnostmi, navadno jih je kar nekaj netržnih, je zelo težko realno izračunati dohodek, saj bi to zahtevalo obsežno vodenje evidenc. Zaradi tega so se v računovodstvu za kmetije poiskale poenostavitve, te pa že v določeni meri izkrivljajo dejanske rezultate. Računovodstvo za kmetije je zelo zahtevno, le redki računovodski servisi so se odločili za to, da ponujajo tudi računovodstvo za kmetije. V večini primerov so kmetijam, ki so bile obvezne vstopiti v ugotavljanje dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov v letih 2014 in 2015, računovodstvo po sorazmerno nizki ceni ponudili Kmetijsko gozdarski zavodi in kmetijske zadruge.

Tudi izračun in optimizacija dohodnine za kmetijo je izredno zahtevna naloga. Gre za prepletenost različnih dohodkov, od dohodka iz zaposlitve, pokojnine, dohodkov

iz naslova ukrepov kmetijske politike, od katerih eni spadajo v dohodnino drugi ne, vse do dohodkov iz dejavnosti in dopolnilnih dejavnosti, kjer je lahko dohodninska osnova izračunana na podlagi različnih načinov. Tu so še številne različne olajšave, tako splošne osebne, kot za vzdrževane družinske člane, do olajšav za investiranje. Tudi povprečenje dohodninske stopnje je posebnost kmečkih gospodinjstev. Strokovnjak, ki želi brez ustreznega orodja izračunati dohodnino kmečkega gospodinjstva, mora poznati zakonodajo na tem področju, saj se za izračun lahko prepletajo pravzaprav vsi posamezni dohodki, kar ni značilno za nobeno drugo dejavnost. Kmetje sami ne morejo imeti tega znanja, v teh devetih primerih izračuna se je pokazalo, da jih večina sploh ni razmišljala, da si lahko na različne načine optimizirajo dohodnino in v več kot polovici se je v izračunih pokazalo, da tega niso imeli optimalno urejeno.

## 5 ZAKLJUČKI

S to raziskavo smo razvili orodje za izračun najprimernejšega načina ugotavljanja dohodka, s katerim lahko enostavno predvidimo plačilo dohodnine kmečkega gospodinjstva in tudi posameznega člana tega gospodinjstva. S prilagajanjem lahko optimiziramo dohodnino znotraj vsakega posameznega načina ugotavljanja dohodka kakor med njimi. Z izračuni za devet kmetij smo prišli do sklepov:

1. Za večino slovenskih kmečkih gospodinjstev je še vedno najbolj ugoden način ugotavljanja davčne osnove na podlagi katastrskega dohodka, drugi najugodnejši način je na podlagi dejanskih prihodkov in dejanskih odhodkov. Najbolj neugodno je ugotavljanje dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov.
2. Skupna dohodnina kmečkega gospodinjstva je sorazmerna z dohodnino nosilca kmečkega gospodinjstva. Zato lahko v večini primerov na podlagi dohodnine nosilca določimo najugodnejši način ugotavljanja dohodka. Vendar brez upoštevanja vseh članov ne moremo izračunati optimalne dohodnine.
3. Kmečko gospodinjstvo je najmanj obremenjeno z dohodnino pri načinu, kjer lahko le to najboljše razdelimo glede na davčne olajšave posameznih članov. To je omogočeno le pri pavšalni obdavčitvi na podlagi katastrskega dohodka, zato je to tudi v večini primerov najugodnejši način.
4. Rezultati so za večino kmetij pokazali, da je najbolj neugoden način ugotavljanja dohodka na podlagi dejanskih prihodkov in normiranih odhodkov, čeprav je bila višina normiranih odhodkov povišana iz 70 % na 80 %. To kaže, da je poslovni izid kmetij zelo slab ter posledično tudi dohodki.
5. Iz zbranih podatkov obravnavanih kmetij lahko vidimo, da je raznolikost kmečkih gospodinjstev, tako iz vidika številčnosti kot iz vidika različnosti

dohodkov in olajšav, zelo velika. Zaradi tega je vsaka kmetija unikatna in ni mogoče na podlagi modelov določiti, kakšen način ugotavljanja dohodka je najprimernejši. Če želimo kmetiji svetovati na tem področju, je to nujno na podlagi podatkov iz kmetije. Pri tem nam je lahko v veliko pomoč razvito modelno orodje.

6. Izračun in optimizacija dohodnine za kmečko gospodinjstvo je zelo zahtevna naloga in veliko težja kot v drugih dejavnostih. Brez pravega orodja ni mogoče na enostaven način priti do ustreznih rezultatov. Kmečka gospodinjstva v večini primerov sploh ne vedo, da si lahko z ustreznimi zakonitimi metodami zmanjšajo obveznost. Na številnih kmetijah tako plačujejo več dohodnine, kakor bi je lahko.

**Zahvala.** Za pomoč se zahvaljujemo kolegoma mag. Nevi Pajntar s Kmetijsko gozdarske zbornice Slovenije in Damjanu Jeriču s Kmetijsko gozdarskega zavoda Murska Sobota. Velika zahvala gre tudi kmetijam, ki so nam omogočile uporabo njihovih podatkov za ocenjevanje veljavnosti modela ter omogočile spoznanje, kako edinstveno je vsako kmečko gospodinjstvo.

## 6 LITERATURA

- Pajntar N. Primerjava obdavčitve na kmetiji po katastrskem dohodku (KD), z upoštevanjem normiranih odhodkov (NormDoh) ter po dejanskih prihodkih in odhodkih (DejDoh) na podlagi Zakona o dohodnini – Zdoh-2. Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije (osebni vir, 16. 1. 2006)
- Pavše J. Empirično orodje za izbiro primerne davčne osnove iz kmetijske, gozdarske in dopolnilne dejavnosti na kmetijah. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za zootehniko. 2010; 84 s.
- Pernek F. Finančno pravo in javne finance - učbenik za visoke šole. Maribor, Pravna fakulteta Maribor. 2001; 391 s.
- Stele A., Žaucer I. O kmetijstvu doma in drugje po EU. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije. 2013; 56 s.
- Trnovšek A. Možnost davčnega optimiranja na manjši kmetiji. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru - Ekonomsko - poslovna fakulteta. 2006; 57 s.
- Zakon o dohodnini (ZDoh-2). 2011. Ur.l. RS, št. 13/11 – uradno prečiščeno besedilo.