

PRIDELEK HMELJA SORTE CELEIA GLEDE NA VREMENSKE RAZMERE DO KONCA JULIJA

Zalika ČREPINŠEK³ in Barbara ČEH⁴

Izvirni znanstveni članek / original scientific paper

Prispelo / received: 24. oktober 2016

Sprejeto / accepted: 22. november 2016

Izvilleček

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).

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

⁴Dr., 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 deкаде junija do tretje deкаде 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, upočasni 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 DELA

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.

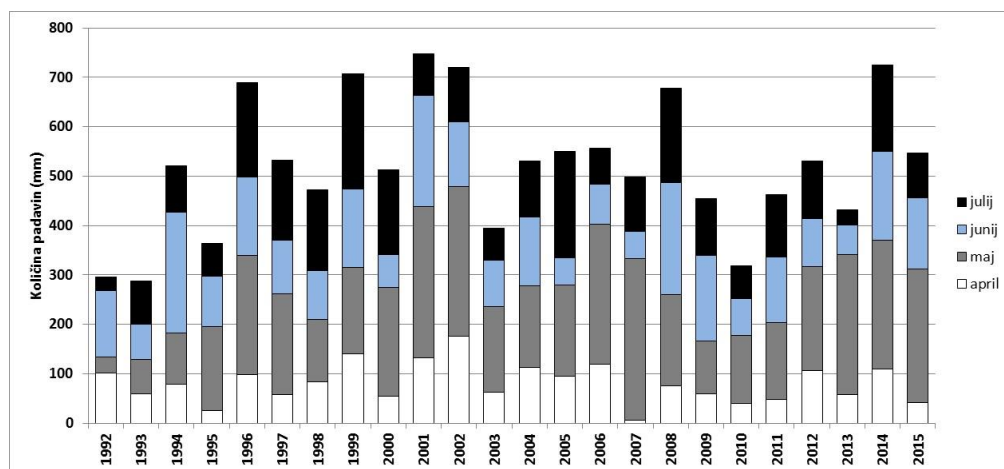
Povprečna temperatura zraka april-julij v obdobju 1992-2015 je znašala 16,9 °C, povprečne temperature posameznih mesecev pa za april 11,2 °C, maj 16,1 °C, junij 19,6 °C in julij 20,9 °C (preglednica 1). Tako kot pri padavinskih razmerah je tudi medletna temperaturna spremenljivost velika. Če pogledamo 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

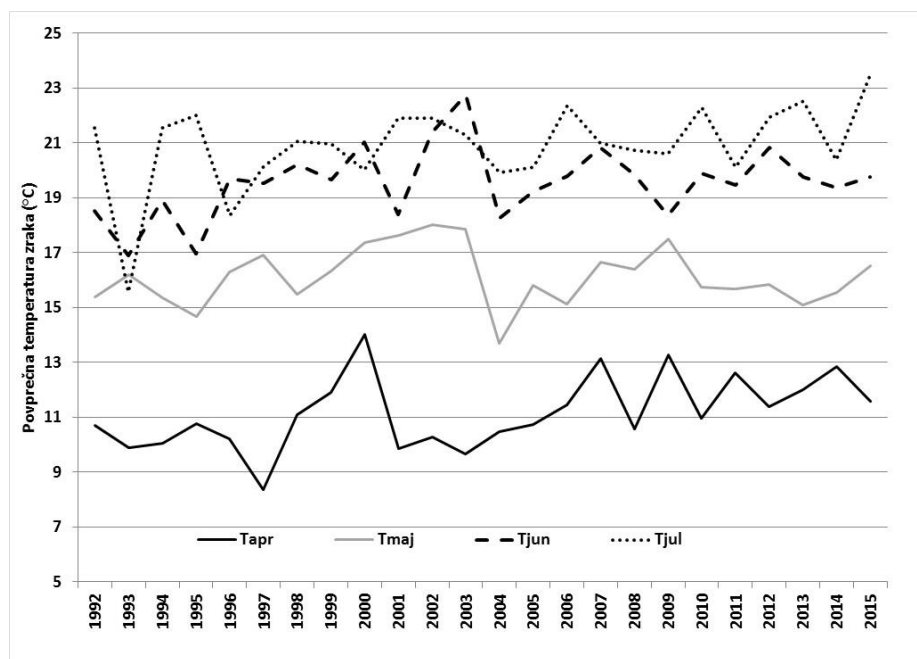


Slika 1: Mesečne količine padavin ter vsota padavin za obdobje april do julij 1992-2015 (Arhiv IHPS, 2016)

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

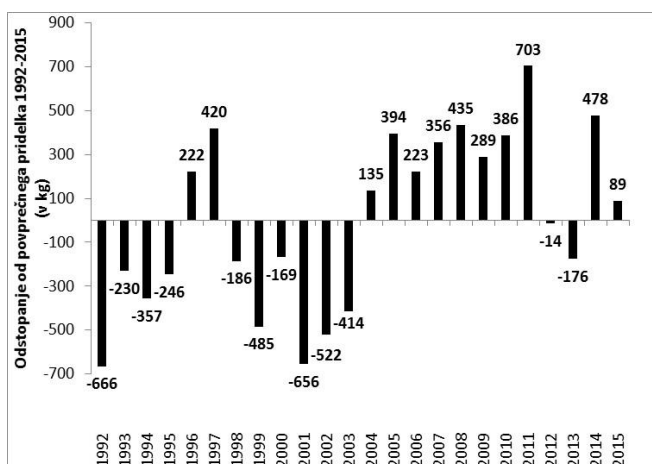
3.2 Pridelek hmelja sorte Celeia

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 presegla 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.

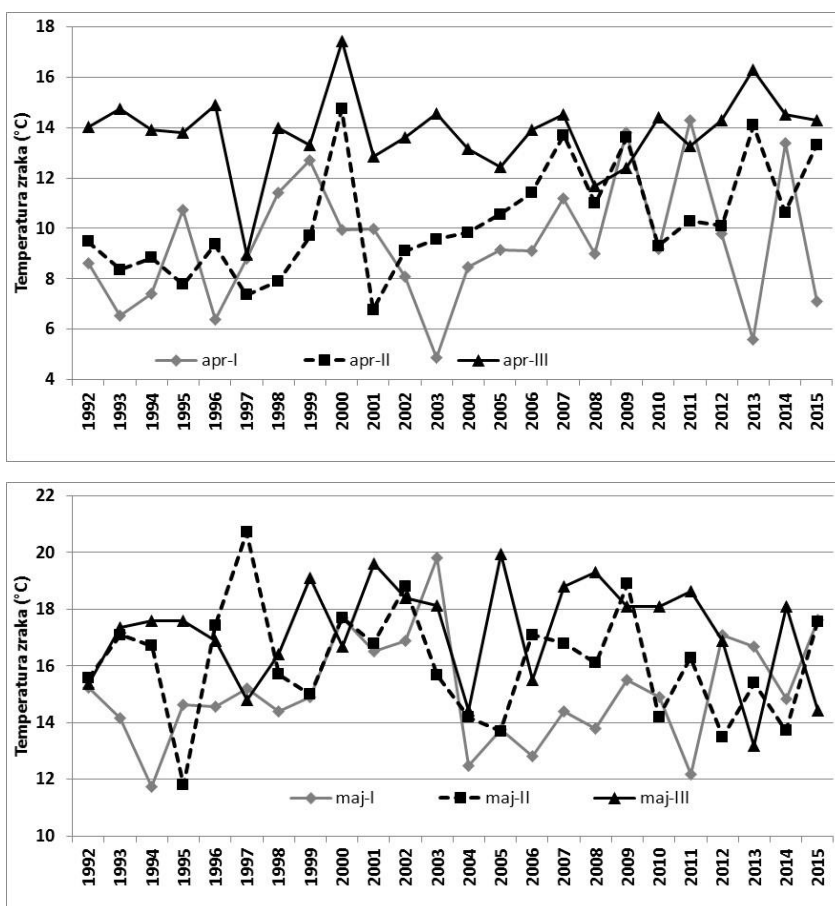
Wagner (1975, cit. po Hacin, 1989) deli leta glede na pridelek hmelja v rodovitna in nerodovitna, pri čemer navaja, da je povprečna mesečna temperatura od aprila do avgusta v rodovitnih letih 15,6 °C, v nerodovitnih pa 16,5 °C. Temperature so se v zadnjem obdobju povečale, obstaja njihov pozitiven trend, 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 dekade junija do tretje dekade 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 ohlادتve, 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 pridelek. 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 (pridelek) z neodvisnima spremenljivkama (temperatura, padavine). V model je vključenih 8 spremenljivk (preglednica 2): aprilaska temperatura za povprečje 1. in 2. dekad (T_{apr1-2}), majska temperatura za 1. dekada (T_{maj1}), julijska temperatura za povprečje 1. in 2. dekad (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 izgladijo, dejansko pa lahko na pridelek 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 _{apr1-2}	9,8**
T _{maj1}	-65,8*
T _{jul1-2}	18,0*
P _{apr1}	-9,9*
P _{apr2}	-0,4**
P _{jul1}	2,0'
P _{jul2}	3,3*
P _{jul3}	10,0*

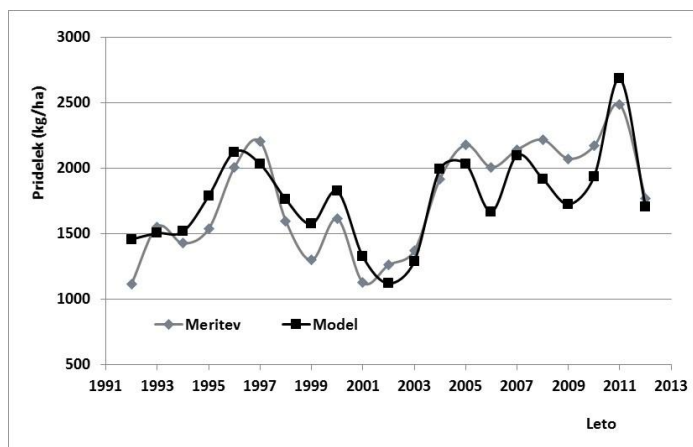
Stopnja značilnosti: ** - 0,01; * - 0,05; ' - 0,10

Enačba je torej:

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

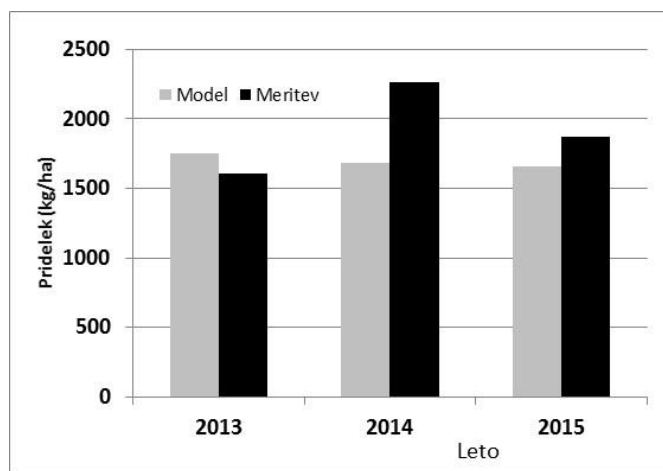
($r=0,855$; $R^2=0,732$)

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 pridelek od dejansko izmerjenega. V tem letu je bil pridelek 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.

Regresijski 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 prideleki 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 i 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. *Diplomska 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.