

MODELIRANJE ZGODNJE NAPOVEDI STOPNJE ALFA-KISLIN PRI HMELJU (*Humulus lupulus* L.)

Viljem PAVLOVIČ¹, Andreja ČERENAK², Martin PAVLOVIČ², Iztok Jože KOŠIR², Črtomir ROZMAN¹, Marko BOHANEC^{3,4}

UDK / UDC 633.791:547.1-32 (045)

izvirni znanstveni članek / original scientific article

prispelo / received: 30.09.2009

sprejeto / accepted: 08.12.2009

IZVLEČEK

Analiza soodvisnosti med meteorološkimi spremenljivkami in stopnjo alfa-kislin v kultivarjih hmelja je v obdobju 1994-2008 pokazala, da se slovenski kultivarji zelo podobno odzivajo na vremenske vplive. Testirali smo vplive temperature zraka, količine padavin in dolžine sončevega obsevanja na količino alfa-kislin v storžkih. Vse proučevane meteorološke spremenljivke kažejo v določenih fenoloških fazah hmeljne rastline od najmanj zmerne do visoke stopnje soodvisnosti s stopnjami alfa-kislin testiranih kultivarjev hmelja. Te lahko združimo glede na meteorološke odzive v dve skupini. Aurora, Celeia in Savinjski golding kažejo zelo visoko pozitivno medsebojno korelacijo ($r=0,9$; $p<0,001$). Na osnovi analiz soodvisnosti med stopnjami alfa-kislin v kultivarjih hmelja in meteorološkimi spremenljivkami je oblikovan osnutek modela za zgodnje napovedi alfa-kislin za kultivarje hmelja na območju Slovenije. Rezultati aplikacije modela potrjujejo njegovo uporabnost za nadaljnje raziskave.

Ključne besede: hmelj, alfa-kislina, vremenski podatki, modeliranje, simulacija

MODELLING OF ALPHA-ACID CONTENT EARLY PREDICTION BY HOPS (*Humulus lupulus* L.)

ABSTRACT

Correlation analysis between meteorological variables and alpha-acid contents in hop varieties in time period 1994-2008 showed, that Slovenian varieties react with resemblance on weather circumstances. Tests of air temperature, rainfall and length of sunshine impacts on alpha-acid content in hop cones were carried out. The included meteorological variables point out in certain phenological phases of hop plants from moderate to high level of dependency with alpha-acid values of varieties analysed. Related to weather situation these hop varieties could be sort out into 2 groups. Aurora, Celeia and Savinjski golding show a very high positive interacting correlation ($r=0,9$; $p<0,001$). Based on correlation analysis between alpha-acid values in hop varieties and meteorological variables, a model concept for early prediction of alpha-acid values for Slovenian hop varieties was formulated. The results validate the application of the model for further research.

Key words: hops, alpha-acids, weather data, modelling, simulation

¹ Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor

² Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

³ Institut Jožef Stefan Ljubljana

⁴ Univerza v Novi Gorici

1 UVOD

V procesu kmetijske proizvodnje vplivajo na pridelok številne spremenljivke, čeprav neposrednih vzročno posledičnih povezav ni vedno moč opaziti na prvi pogled. Z veliko stopnjo gotovosti lahko predvidevamo, da je kmetijska pridelava poljščin odvisna od vremenskih oziroma podnebnih razmer kot so temperatura zraka, sončno obsevanje, zračna vlaga in količina padavin ter pogostnosti in intenzivnosti mejnih dogodkov kot so suše, poplave in viharji. Proučevanje vpliva spreminjanja vremenskih razmer in drugih dejavnikov na kmetijsko pridelavo nam omogoča, da pri načrtovanju čim bolj izkoristimo podnebne razmere in tako dosežemo najboljšo možno količino in kakovost pridelka. V zadnjih desetletjih smo priča izraziti spremenljivosti podnebja, ki ji v veliki meri botruje človek [6].

Pri pridelavi hmelja velja, da so pomembni dejavniki, ki vplivajo na količino alfa-kislin v hmelju svetloba, temperatura zraka in voda. Temperatura je pomemben ekološki dejavnik, od katerega je odvisna tudi dinamika rasti in razvoj rastline hmelja. Biološki procesi se pri hmelju začnejo spomladi z dnem, ko je povprečna dnevna temperatura zraka več dni zaporedoma višja od 4 do 5 °C. Te temperaturne vrednosti pa določajo tudi spomladanski temperaturni prag za hmelj. Optimalno rast hmelja omogočajo temperature med 15 in 18 °C. Spodnja temperatura za normalno rast hmelja med rastno dobo je 10 °C. Hmelj potrebuje v obdobju od rezi do nastopa tehnološke zrelosti vsoto učinkovitih temperatur od 2700 do 2900 °C. Glede preskrbljenosti z vodo je zahtevna rastlina in jo zato uvrščamo med rastline humidnih območij. Ocenjeno je, da potrebuje v rastni dobi od 500 do 600 mm padavin. Oskrba rastlin z vodo pa ni odvisna le od količine padavin, ampak tudi od njihove razporeditve. Prav tako je hmelj ena izmed občutljivejših rastlin glede pomanjkanja svetlobe. Dolžina dneva vpliva na rastline na več načinov, najbolj pa je znana njihova reakcija na začetek cvetenja. Hmelj je rastlina kratkega dne, začetek cvetenja pa je odvisen tudi od ostalih pogojev [1].

Vsebnost alfa-kislin v storžkih hmelja predstavlja enega pomembnejših tržnih parametrov v okviru globalnega povpraševanja po hmelju. O izraziti koncentraciji pivovarske industrije in s tem vedno bolj nadzorovanega nakupa hmeljskih proizvodov pričajo podatki, da so v letu 2008 vsega štiri pivovarska združenja AB InBev (21,4%), SABMiller (9,6%), Heineken (8,9%) in Carlsberg (6,0%) proizvedla nad 50% svetovnih količin piva, ki so znašale 1,815 mrd hl [2]. Pri večini odkupljenega hmelja je kot najpomembnejši kriterij izpostavljena vsebnost greničnih snovi (alfa-kislin). Vse manj pa je tradicionalnih pivovarn, ki upoštevajo pri nakupu hmelja njegov izvor ter kakovost eteričnih olj [7,9]. Vsebnost alfa-kislin se skozi leta spreminja v odvisnosti od meteoroloških razmer v času rasti hmeljne rastline. Avtorji si niso povsem enotni [7,8,12] v oceni, kateri parametri in v katerem obdobju vegetacije rastline hmelja imajo večji vpliv na stopnjo alfa-kislin. Zattler [14] na osnovi svoje študije sklepa, da je visoka vsebnost alfa-kislin povezana z deževnim poletjem, podpovprečnimi temperaturami in povprečno stopnjo sončevega obsevanja. Thompson [13] sklepa, da je letno nihanje vsebnosti alfa-kislin povezano s temperaturnimi nihanji v razdobju 40 do 60 dni pred obiranjem in da hmeljarji na ta nihanja nimajo vpliva.

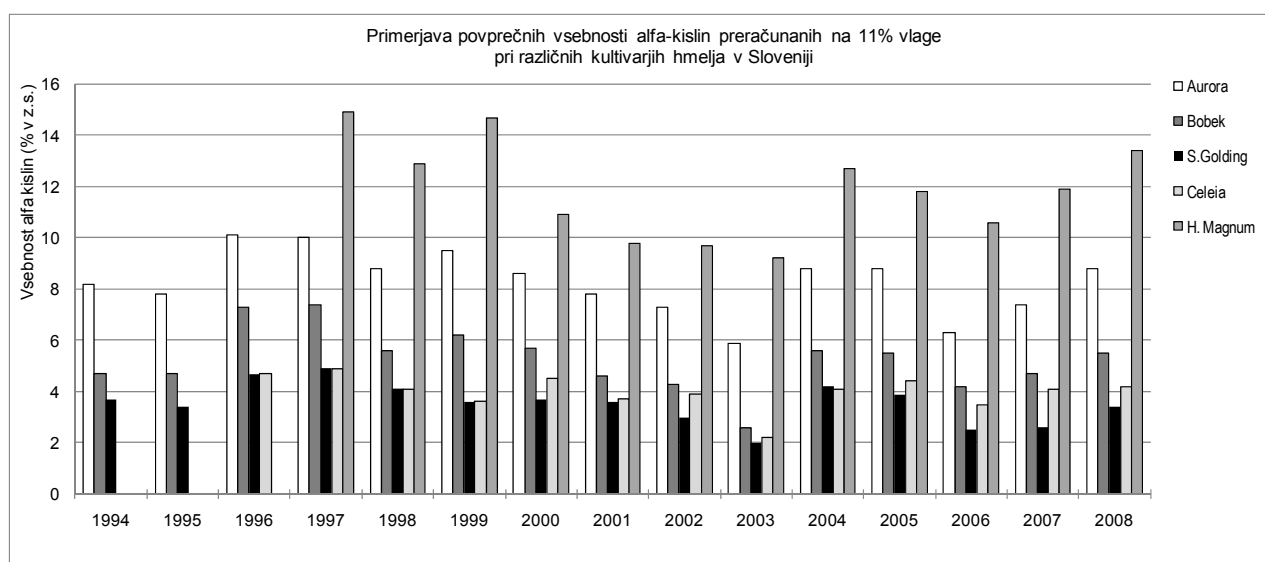
Na osnovi preliminarne študije smo za naš testni model zajeli meteorološke podatke delov fenoloških faz od F_0 do F_7 za hmelj [1]. Kasnejša obdobja za napovedi pridelka niso več zanimiva, saj lahko vsebnost alfa-kislin določimo s kemičnimi analizami.

2 MATERIALI IN METODE

Analizo vpliva vremenskih razmer na pridelek grenčičnih snovi smo izvedli na kultivarjih Aurora, Bobek, Celeia, Savinjski golding in Hallertauer Magnum, ki zastopajo nad 95 % površin hmeljišč v Sloveniji.

2.1 Vzorčenje

Analizirani vzorci predstavljajo povprečno vrednost alfa-kislin posameznega kultivarja celotnega območja pridelave v Sloveniji. Vzorčenje in analize so bile narejene v laboratoriju za agrokemijo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v Žalcu. Vsebnost alfa-kislin je bila določena z akreditirano metodo Konduktometrična vrednost hmelja s toluensko ekstrakcijo, standardizirana metoda po Analytici EBC 1998, revizija 2000, 7.4. V raziskavi so zajeti podatki 2000 kemičnih analiz vseh kultivarjev. Povprečne vrednosti kemičnih analiz alfa-kislin kultivarjev so prikazane na sliki 1.



Slika 1: Povprečne vsebnosti alfa-kislin za zračno suh hmelj z 11 % vlage (A-K v z.s.) v obdobju 1994 do 2008
Figure 1: The average values of alpha-acid content in dry hop with 11 % of moisture in the period 1994 - 2008

2.2 Meteorološki podatki

Meteorološki podatki Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za meteorologijo, se nanašajo na merilna mesta Celje, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Velenje in Starše pri Mariboru. Podatki o sončevem obsevanju niso bili na voljo za postajo Starše pri Mariboru in Velenje. Podatki merilne postaje Velenje pa so bili dosegljivi le do leta 2006, oz. do prenehanja njenega delovanja. Povprečne vrednosti meteoroloških spremenljivk smo izračunavali ob enakovrednem upoštevanju podatkov vseh štirih in od leta 2006 treh merilnih postaj. To povprečje predstavlja dober približek, saj se tudi rastišča hmelja razprostirajo znotraj tega geografskega območja. Potrebo rastline po toploti smo zajeli v spremenljivki skupne vsote povprečnih dnevni temperatur v določenem časovnem obdobju. Potreba po vodi se izkazuje v spremenljivki skupne količine padavin ob predpostavki odsotnosti namakanja pridelka. Potreba po svetlobi je zajeta v spremenljivki vsote ur obsevanja sonca na obravnavanem geografskem območju. Pri modeliranju smo upoštevali tudi povprečno relativno zračno vlago v proučevanem obdobju.

Preglednica 1: Vrednosti meteoroloških spremenljivk uporabljenih pri izgradnji modela
Table 1: Values of meteorological variables used in development of the model

LETO	SUM VEGETACIJA				LETNO POVPREČJE			
	T	S	D	RH*	T	S	D	RH
1994	1.859,400	814,200	492,400	72,336	10,90	5,33	3,13	77,18
1995	1.770,525	835,950	347,400	71,750	9,63	4,96	3,13	77,63
1996	1.751,250	895,350	507,900	71,585	8,79	4,76	3,32	78,04
1997	1.699,950	891,200	387,850	68,965	9,53	5,57	2,81	76,12
1998	1.809,625	918,000	451,550	70,728	9,88	5,65	3,21	74,69
1999	1.882,750	845,200	576,400	72,591	9,95	5,14	3,24	76,62
2000	1.961,225	1.028,350	342,700	67,800	11,07	6,12	2,71	73,76
2001	1.851,650	933,400	443,500	68,166	10,30	5,55	2,85	73,24
2002	1.952,575	942,450	347,125	70,410	10,93	5,41	2,81	76,64
2003	2.036,100	1.029,100	206,250	65,361	10,36	5,96	2,29	73,19
2004	1.731,150	726,550	534,500	74,942	9,63	4,61	3,26	78,40
2005	1.855,600	851,300	499,300	66,892	9,33	5,07	3,26	73,65
2006	1.901,500	891,400	359,800	65,135	9,11	5,13	2,58	72,51
2007	2.023,467	978,250	364,967	65,271	10,67	5,55	3,15	73,77
2008	1.847,933	826,700	548,733	70,668	10,55	4,94	3,10	75,84

SUM Integralni podatki neodvisnih meteoroloških spremenljivk, izračunani za čas vegetacije rastline
VEGETACIJA hmelja. *Podatek za relativno vlago predstavlja povprečje v istem obdobju
T temperatura (°C)
S število ur sončevega obsevanja (ur)
D količina padavin (mm/m²)
RH relativna zračna vlaga (%)

2.3 Oblikovanje modela

Na osnovi predhodnih rezultatov analize soodvisnosti med proučevanimi spremenljivkami smo pripravili testni model za zgodnje napovedi alfa-kislin v slovenskih kultivarjih hmelja. Za odvisno spremenljivko smo izračunali povprečne utežne vrednosti stopnje alfa-kislin kultivarjev prve skupine (Aurora, Bobek in Savinjski golding) in odvisno spremenljivko poimenovali »VIRTUAL«. S tem smo testni model posplošili za napoved povprečne vsebnosti alfa-kislin vseh pomembnejših kultivarjev v Sloveniji. Model smo gradili ob predpostavki, da imajo različni meteorološki parametri v posameznih fenoloških fazah različne vplive. Zato smo kot neodvisne spremenljivke izbrali segmentirane meteorološke spremenljivke in jih v testnem modelu različno utežili.

Uporabili smo metodo multiple linearne regresije in na osnovi izkušenj izbrali neodvisne spremenljivke. Točnost modela smo testirali z metodo prečnega preverjanja, »izpusti enega« (ang. Leave-one-out) [5].

3 REZULTATI

Medsebojno podobnost odzivov kultivarjev hmelja na meteorološke pogoje smo proučevali s korelacijsko analizo. Uvodne analize kažejo, da se vsi proučevani kultivarji v veliki meri podobno odzivajo na zunanje vplive. Na osnovi moči medsebojne povezave lahko kultivarje razdelimo v dve skupini. V prvi skupini so Aurora, Bobek in Savinjski golding, ki kažejo zelo močne soodvisnosti v stopnji alfa-kislin pri stopnji tveganja $\alpha < 0,001$ (pregl. 2). Zelo visoke

in statistično značilne vrednosti Pearsonovega korelacijskega koeficienta nakazujejo na možnost, da na količino alfa-kislin pri teh treh kultivarjih v veliki meri vplivajo enake spremenljivke v istem časovnem obdobju. Prav tako lahko sklepamo, da bodo analize vpliva meteoroloških spremenljivk na en kultivar veljale tudi za ostala dva. To bi lahko olajšalo napovedovanje stopnje alfa-kislin v kultivarjih na osnovi le enega modela, saj bi lahko napovedi za posamezne kultivarje korigirali s t.i. »konstanto značilnosti kultivarja«. Celeia in Hallertauer Magnum kažeta s to skupino nekoliko nižjo stopnjo soodvisnosti pri izbranih meteoroloških pogojih.

Preglednica 2: Matrika soodvisnosti preučevanih kultivarjev hmelja

Table 2: Register of co-independency for investigated hop varieties

		AURORA	BOBEK	S_GOLDING	CELEIA	MAGNUM
AURORA	Pearson Correlation	1	,956(**)	,921(**)	,784(**)	,845(**)
	Sig. (1-tailed)		,000	,000	,001	,000
	N	15	15	15	13	12
BOBEK	Pearson Correlation	,956(**)	1	,895(**)	,854(**)	,860(**)
	Sig. (1-tailed)	,000		,000	,000	,000
	N	15	15	15	13	12
S_GOLDING	Pearson Correlation	,921(**)	,895(**)	1	,800(**)	,671(**)
	Sig. (1-tailed)	,000	,000		,001	,008
	N	15	15	15	13	12
CELEIA	Pearson Correlation	,784(**)	,854(**)	,800(**)	1	,557(*)
	Sig. (1-tailed)	,001	,000	,001		,030
	N	13	13	13	13	12
MAGNUM	Pearson Correlation	,845(**)	,860(**)	,671(**)	,557(*)	1
	Sig. (1-tailed)	,000	,000	,008	,030	
	N	12	12	12	12	12

** Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed)

* Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed)

Uvodne analize soodvisnosti med preučevanimi spremenljivkami nakazujejo, da povečanje vsote učinkovitih temperatur vpliva na znižanje vsebnosti alfa-kislin pri preučevanih kultivarjih. Tak sklep lahko sprejmemo pri stopnji tveganja $\alpha < 0,05$ pri vseh kultivarjih hmelja. Za prvo skupino (Aurora, Bobek in Savinjski golding) lahko to trdimo celo z 99,9 % gotovostjo. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi drugi avtorji [7,12].

Vpliv skupnega števila ur sončevega obsevanja kaže zmerne negativne korelacije s stopnjo vsebnosti alfa-kislin. Trditev, da povečanje števila sončnih ur zmanjšuje količino alfa-kislin v kultivarjih hmelja, je identična ugotovitvam drugih raziskovalcev [7,12], vendar pa je potrebna še presoje, saj delne korelacije kažejo pozitivno soodvisnost med stopnjo alfa-kislin in preučevanim parametrom. Pojav bi lahko razložili z interakcijo med vsebnostjo vode, številom ur sončevega obsevanja in stopnjo alfa-kislin. Povečanje števila ur sončevega sevanja vpliva na evaporacijo vode iz tal. Količina padavin pa je pozitivno korelirana s stopnjo alfa-kislin (Aurora $r=0,86$; $p<0,001$). Pri tem je lahko učinek sončevega obsevanja na izhlapevanje vode večji, kot je pozitivni učinek sončevega obsevanja na razvoj alfa-kislin. V kolikor bodo nadaljnje raziskave to potrdile, bo moč negativni vpliv kompenzirati z natančnim terminskim namakanjem hmeljišč.

Edini parameter, ki izkazuje pozitivno soodvisnost s stopnjo alfa-kislin pri vseh preučevanih kultivarjih je količina padavin. Trditev, da povečana količina padavin pozitivno vpliva na stopnjo alfa-kislin pri kultivarjih hmelja lahko povzamemo pri najmanj 99 % stopnji zaupanja za vse proučevane kultivarje prve skupine. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi drugi avtorji [7,8,14], pri tem pa naša raziskava kaže na visoko stopnjo povezave med kultivarji in količino padavin v proučevanem časovnem razdobju. Tudi ta trditev zahteva tehten razmislek in dopolnilo. Natančnejše analize vpliva količine padavin nam kažejo, da je bolj kot absolutna količina padavin pomembna čim bolj enakomerna porazdelitev v času vegetacije, še posebej pa to velja za F₆ in F₇ fenološki fazi hmeljne rastline.

S tako oblikovanim testnim modelom smo napovedali povprečne letne vrednosti alfa-kislin vseh treh testiranih kultivarjev. Za nas so bile zanimive predvsem napovedi vsebnosti alfa-kislin vsakega kultivarja posebej, zato smo z navzkrižnim polnjenjem modela s podatki izračunali koeficiente, ki so lastni vsaki sorti in posameznim, ožjim pridelovalnim območjem. Vrednosti korekcijskih konstant so zbrane v preglednici 3. Iz napovedi testnega modela lahko izračunamo vrednosti stopnje alfa-kislin za določen kultivar na ožjem pridelovalnem območju po enačbi:

$$\text{vrednost alfa-kislin za kultivar na ožjem območju} = \text{napoved modela} \times K_{\text{sorte}} \times K_{\text{kraja}} \quad /1/$$

Tako lahko iz povprečnih meteoroloških podatkov za Slovenijo napovemo stopnjo alfa-kislin za določen kultivar hmelja neodvisno od pridelovalnega območja.

Preglednica 3: Korekcijske konstante značilne za kultivarje hmelja in pridelovalna območja
Table 3: Correction constants that characterise hop varieties and growing regions

VREDNOSTI KOREKCIJSKE KONSTANTE ZA:	PRIDELOVALNO OBMOČJE SLOVENJ GRADEC			PRIDELOVALNO OBMOČJE CELJE			PRIDELOVALNO OBMOČJE SAVINJSKA DOLINA		
	AURORA	BOBEK	GOLDING	AURORA	BOBEK	GOLDING	AURORA	BOBEK	GOLDING
KULTIVAR	1,44	0,90	0,61	1,44	0,90	0,61	1,44	0,90	0,61
PRIDELOVALNO OBMOČJE	1,37	1,37	1,37	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05

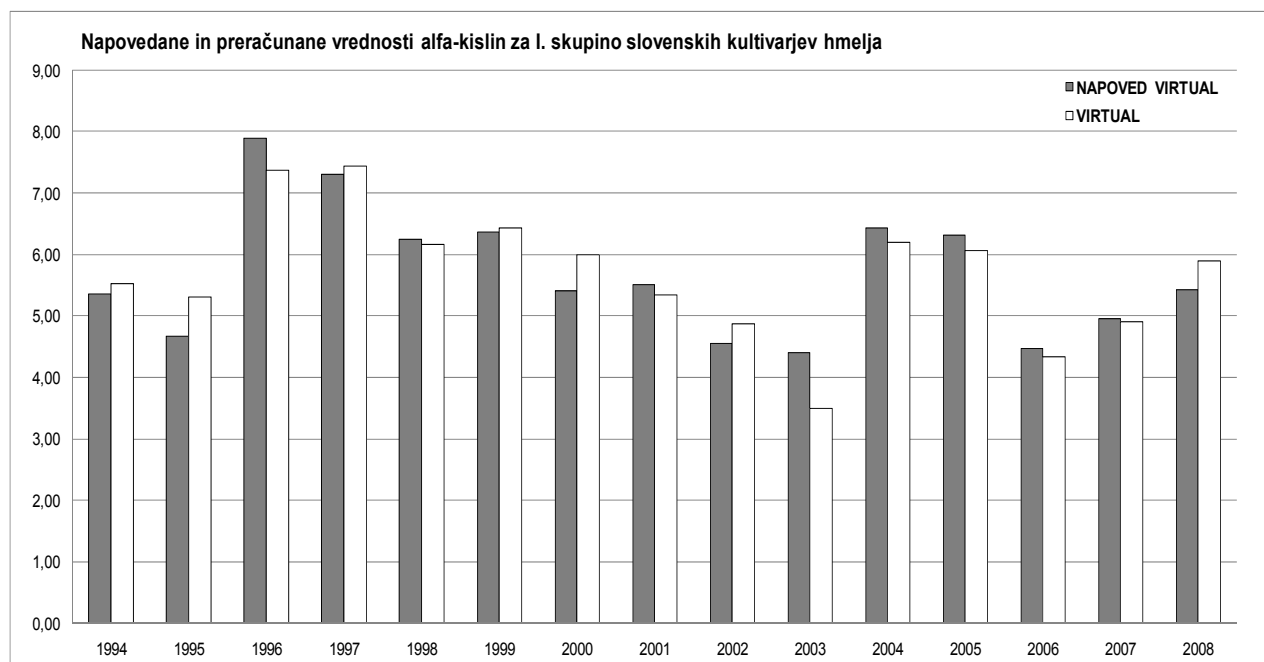
Testni regresijski model zgodnje napovedi stopnje alfa-kislin v kultivarjih hmelja, ki smo ga zgradili na osnovi meteoroloških podatkov, nam je napoved izračunal že v sredini julija. Analiza prečnega preverjanja točnosti modela je pokazala, da model napoveduje vrednosti ob 7 % povprečni napaki. Podatki so zbrani v preglednici 4. Na sliki 2 pa so prikazane napovedane in izmerjene vrednosti vsebnosti alfa-kislin za odvisno spremenljivko »Virtualni kultivar«.

Vrednosti korelacijskih koeficientov med napovedanimi in izmerjenimi vrednostmi vsebnosti alfa-kislin so zelo visoke ($r=0,9$ pri $p<0,001$), kar kaže na visoko stopnjo zanesljivosti napovedi. Manj zanesljiv rezultat je model podal le v ekstremnih meteoroloških razmerah leta 2003, ko je napovedal vrednost stopnje alfa-kislin 4,4, izračunana vrednost pa je bila 3,5. Predhodna ocena povprečne vrednosti alfa-kislin obravnavanih kultivarjev hmelja je z ekonomskega stališča zelo pomembna, saj nudi tako hmeljarjem, kot tudi trgovcem s hmeljem že vsaj 6 tednov pred obiranjem precej natančnejšo oceno potenciala skupne pridelave grenčic.

Preglednica 4: Napovedane in izpeljane vrednosti alfa-kislin v primerjavi z izmerjenimi vrednostmi pri analiziranih kultivarjih hmelja

Table 4: Predicted and derived alpha-acid values in comparison to measured ones for hop varieties analysed

LETO	NAPOVEDANE IN KORIGIRANE NAPOVEDANE VREDNOSTI STOPNJE ALFA- KISLIN (% v z.s.)				STOPNJA ALFA-KISLIN DOLOČENA S KEMIJSKO ANALIZO (% v z.s.)		
	MODEL	AURORA	BOBEK	S. GOLDING	AURORA	BOBEK	S. GOLDING
1994	5,4	7,7	5,1	3,3	8,2	4,7	3,7
1995	4,7	6,5	4,4	2,9	7,8	4,7	3,4
1996	7,9	11,0	7,4	4,8	10,1	7,3	4,7
1997	7,3	10,2	6,8	4,5	10,0	7,4	4,9
1998	6,2	8,7	5,8	3,8	8,8	5,6	4,1
1999	6,4	9,9	6,0	3,9	9,5	6,2	3,6
2000	5,4	7,6	5,1	3,3	8,6	5,7	3,7
2001	5,5	7,7	5,1	3,4	7,8	4,6	3,6
2002	4,6	6,4	4,3	2,8	7,3	4,3	3,0
2003	4,4	6,2	4,1	2,7	5,9	2,6	2,0
2004	6,4	9,0	6,0	3,9	8,8	5,6	4,2
2005	6,3	8,8	5,9	3,8	8,8	5,5	3,9
2006	4,5	6,3	4,2	2,7	6,3	4,2	2,5
2007	4,9	6,9	4,6	3,0	7,4	4,7	2,6
2008	5,4	7,6	5,9	3,3	8,8	5,5	3,4



Slika 2: Napovedane in izračunane vrednosti neodvisne spremenljivke vsebnosti alfa-kislin za prvo skupino kultivarjev hmelja

Figure 2: Predicted and calculated values of independent variable alpha-acid content for the first group of hop varieties

4 ZAKLJUČEK

Primerjava vrednosti koeficientov korelacije med testiranimi meteorološkimi spremenljivkami in stopnjami alfa-kislin slovenskih kultivarjev hmelja nam je pokazala, da se kultivarji Aurora, Bobek in Savinjski golding odzivajo na meteorološke vplive precej enotno. To nam je omogočilo pripravo univerzalnega modela za zgodnjo napoved stopnje alfa-kislin. V testnem modelu smo kot neodvisne spremenljivke uporabili različno utežene meteorološke podatke.

Količina padavin v času cvetenja in storžkanja hmelja je ključnega pomena za količino alfa-kislin. Pri tem pa morajo biti padavine čim bolj enakomerno porazdeljene. Sončevo obsevanje ima vsaj dvojen vpliv na hmeljno rastlino. V pozitivni smeri deluje pri nastanku alfa-kislin, hkrati pa lahko povzroča preveliko izsušitev tal in s tem negativno vpliva na rast in razvoj rastline. Spremenljivka povprečnih dnevni temperatur, ki pojasni znaten del variance pri Aurori, je v korelaciji z vsemi testiranimi kultivarji. Aurora, Bobek in Savinjski golding kažejo korelacijo na stopnji statistične značilnosti $p < 0,001$. Celeia in Hallertauer Magnum pa na še sprejemljivi stopnji tveganja $\alpha < 0,05$.

Z matematičnim modelom lahko napovemo stopnjo alfa-kislin pri naših treh najpomembnejših kultivarjih. Model izračunava vrednosti na osnovi povprečnih meteoroloških podatkov. S pomočjo korekcijskih konstant pa lahko napovemo stopnjo alfa-kislin tudi za posamezen kultivar na ožjem pridelovalnem območju. Zgodnje napovedi stopnje alfa-kislin v storžkih hmelja so ključnega pomena tako za hmeljarje, kot tudi za trgovce s hmeljem – predvsem tam, kjer so tako pogodbene količine, kot tudi cene hmelja pogojene z vsebnostjo alfa-kislin pridelanih kultivarjev. Cena hmelja je lahko vezana na odbitke oz. pribitke glede na odstopanja od pogodbeno dogovorjenih vsebnosti alfa-kislin. Podobno pa so lahko tudi pogodbene količine hmelja pridelovalca pogojene z vsebnostjo alfa-kislin. S tem menimo, da bodo natančnejše zgodnje ocene kakovosti pridelka hmelja s pomočjo modela še dodatno vplivale na kakovostnejše podjetniško odločanje v proizvodno-prodajni verigi hmeljarstva.

V nadaljevanju bo moč model razširiti s korekcijskimi konstantami še za nove sorte hmelja. Na osnovi raziskave lahko zaključimo, da bi lahko napovedali stopnjo alfa-kislin v kultivarjih hmelja še v času razvoja storžkov. V nadaljevanju bo potrebno model še dodatno validirati in razširiti na osnovi analize ekstremnih meteoroloških dogodkov.

ZAHVALA

Del raziskav objavljenih v prispevku je potekal v okviru mednarodnega projekta »Drought Management Centre for Southeastern Europe« (DMCSEE) 2009-2012.

5 VIRI

1. Anon., Priročnik za hmeljarje.- Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, 2002, 233 s.
2. Anon., Hopfen 2008/2009.- Der Barth Bericht.- Joh. Barth und Sohn GmbH & Co KG, Nürnberg, BRD, 2009, 32 s.

3. Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L., Modeliranje fenološkega razvoja pri rastlinah.- Acta agriculturae Slovenica, 85(2005), s. 263-281.
4. Engelhart, B., Omega instead of alpha: record heat wave in summer 2003. Hopfen-Rundschau, 2003, s. 34-35.
5. Han, J., Kamber, M., Data Mining: Concepts and Techniques. Second Edition. ISBN 13: 978-1-55860-901-3. Elsevier, USA.
6. Kajfež-Bogataj, L., Bergant, K., Zupančič, B., Črepinšek, Z., Matajc, I., Leskovšek, M., Gomboc, S., Robič, D., Bizjak, A., Rogelj, D., Uhan, J., Skoberne, P., Cegnar, T., Hočevar, A., Ocena ranljivosti in strategija prilagoditve ekosistemov na spremembo podnebja v Sloveniji.- Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Katedra za agrometeorologijo, Ljubljana, 1999, 250 s.
7. Krofta, K., Kučera, J., Mathematical model for prediction of yield and alpha acid contents from meteorological data for Sazz aroma variety.- Proceedings of the IHGC Scientific Commission, 21-25 June 2009, Leon, Spain, p. 112-115.
8. Park, K. Y., Modelling for predicting yield and alpha-acid content in hop (*Humulus lupulus* L.) from meteorological elements. 1. A model for predicting fresh cone yield.- Korean Journal of Crop Science, 33(1988)3, p. 215-221.
9. Pavlovič, M., Nadaljevanje koncentracije svetovne trgovine s hmeljem. Poročilo s spomladanskih sej komisij Mednarodne hmeljarske zveze v letu 1999.- Hmeljar (Zalec), 68(1999)5-7, s. 51-53.
10. Pavlovič, V., Čerenak, A., Pavlovič, M., Rozman, Č., Možnosti uporabe numeričnih metod pri žlahtnjenju hmelja – idejna zasnova ekspertnega sistema.- Hmeljarski bilten 14(2007), s. 11-17.
11. Pavlovič, V., Večkriterijski model za ocenjevanje kultivarjev hmelja (*Humulus lupulus* L.).- Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, 2008, 108 s.
12. Srečec, S., Kvaternjak, I., Kaučič, Špoljar, A., Erhatic, R. Influence of Climatic Conditions on Accumulation of alpha-acids in Hop Cones. Agriculturae Conspectus Scientificus, 73(2008)3, p. 161-166.
13. Thompson, F., C., Neve, R. A., The influence of various factors in the cost of production of hop alpha acid.- J. Inst. Brew., 78(1972), p. 156-161.
14. Zatler, F., Jehl, J., On the influence of atmospheric conditions on yield and quality of the hops in the Hallertau in the period 1926-1961.- Hopfen-Rundschau, 13(1962)5, p. 64-64.