

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Gašper TOMAŽIČ

**POGOSTOST POJAVLJANJA VROČINSKIH VALOV
V SLOVENIJI IN NJIHOV VPLIV NA KMETIJSTVO**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Gašper TOMAŽIČ

**POGOSTOST POJAVLJANJA VROČINSKIH VALOV V SLOVENIJI
IN NJIHOV VPLIV NA KMETIJSTVO**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE INCIDENCE OF HEATWAVES IN SLOVENIA AND THEIR
IMPACT ON AGRICULTURE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Lučko Kajfež Bogataj.

Komisija za oceno in zagovor:

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

Članica: prof. dr. Lučka KAJFEŽ BOGATAJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Zalika ČREPINŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Gašper TOMAŽIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 551.586:551.524:551.506 (043.2)
KG	kmetijstvo/agrometeorologija/vročinski valovi/vroči dnevi/delavci v kmetijstvu
AV	TOMAŽIČ, Gašper
SA	KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (mentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Univerziteni študijski program Agronomija
LI	2016
IN	POGOSTOST POJAVLJANJA VROČINSKIH VALOV V SLOVENIJI IN NJIHOV VPLIV NA KMETIJSTVO
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	VIII, 43 str., 8 pregl., 17 sl., 67 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V diplomskem delu raziskujemo pogostost pojavljanja vročinskih valov v Sloveniji in njihov vpliv na kmetijstvo. Vročinski val opredeljujemo kot obdobje najmanj 5 zaporednih dni, ko najvišja zunanja dnevna temperatura zraka preseže 29,5 °C. Gre za ekstremni pojav, ki vpliva na živalstvo in rastlinstvo ter delavce v kmetijstvu. S statistično analizo podatkov s petih slovenskih merilnih postaj med letoma 1965 in 2015 ugotavljamo jasno naraščanje pogostosti in dolžine vročinskih valov v Sloveniji. V celinskem podnebju narašča zlasti število vročinskih valov, v sredozemskem podnebju pa dolžina vročinskih valov. Naraščanje pogostosti pojava vročinskih valov prinaša pomembne spremembe razmer in izzive za kmetijsko dejavnost. Bolj kot vedno večje število vročinskih valov na kmetijstvo vpliva vedno daljša dolžina vročinskih valov. Na ravni živinoreje in kmetijstva moramo zato razmisliti o iskanju primernejših vrst za drugačne klimatske razmere oz. za modifikacijo novih razmer z različnimi ukrepi, kot so dodatno namakanje, hlajenje ali prostorski premiki v višje lege ipd. Prilagajanje novim klimatskim razmeram mora zajemati prilagoditve višjim temperaturam zraka in kombinacijam temperature zraka in visoke relativne vlažnosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn

DC UDK 551.586:551.524:551.506 (043.2)

CX agriculture/agrometeorology/heat waves/hot days/agricultural workers

AU TOMAŽIČ, Gašper

AA KAJFEŽ BOGATAJ, Lučka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy,
University Study Programme in Agronomy

PY 2016

TI THE INCIDENCE OF HEATWAVES IN SLOVENIA AND THEIR IMPACT ON
AGRICULTURE

DT Graduation Thesis (University Studies)

NO VIII, 43 p., 8 tab., 17 fig., 67 ref.

LA sl

Al sl/en

AB In the thesis we investigate the incidence of heat waves in Slovenia and their impact on agriculture. We define a heat wave as a period of 5 consecutive days when the daily maximum air temperature exceeds 29.5 °C. It is an extreme event, which affects the flora and fauna as well as agricultural workers. We statistically analyze the data from five Slovenian measuring station between 1965 and 2015, and we find a clear increase in the frequency and length of heat waves. In continental climate especially there is an increase in the number of heat waves, and in the Mediterranean climate there is an increase in the length of heat waves. This increase in the occurrence of heat waves brings significant changes to the conditions and challenges for the agricultural industry, in particularly the increased length of heat waves impacts the agriculture greatly. In the field of livestock and plant production we must therefore consider the search for more suitable species for new climatic conditions or to modify the new conditions by various measures, such as additional irrigation, cooling or spatial shifts in higher locations etc. Adapting to the new climatic conditions must include the adjustment to higher air temperature thresholds and combination of air temperature and higher relative humidity.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
1.1 CILJI NALOGE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 PODNEBNE SPREMEMBE	2
2.2 OPREDELITVE VROČINSKIH VALOV	3
2.2.1 Slovenija	4
2.2.2 Evropa	5
2.2.3 ZDA, Avstralija in ostali	6
2.3 NASTANEK VROČINSKEGA VALA IN VZROKI ZANJ	7
2.4 PRIDRUŽENI POJAVI	10
2.5 VPLIVI IN POSLEDICE VROČINSKEGA VALA	11
2.5.1 Vplivi na ekosisteme	11
2.5.2 Vplivi na rastlinsko pridelavo	12
2.5.3 Vplivi na živinorejo	13
2.5.4 Vplivi na kmetijska opravila	14
2.5.5 Vplivi na delavce v kmetijstvu	15
3 MATERIAL IN METODE	17
3.1 METEOROLOŠKE METODE	18
3.2 STATISTIČNE METODE	18
4 REZULTATI Z DISKUSIJO	19
4.1 ŠTEVILO VROČIH DNI	19
4.1.1 Bilje	19
4.1.2 Ljubljana - Bežigrad	20
4.1.3 Novo mesto - Gotna vas	21
4.1.4 Murska Sobota - Rakičan	22
4.1.5 Rateče	23
4.1.6 Primerjava vročih dni glede na obravnavano lokacijo	24
4.2 VROČINSKI VALOVI	25
4.2.1 Bilje	25
4.2.2 Ljubljana - Bežigrad	26
4.2.3 Novo mesto - Gotna vas	28
4.2.4 Murska Sobota - Rakičan	29
4.2.5 Rateče	30
4.2.6 Primerjava vročinskih valov glede na obravnavano lokacijo	31
4.3 VPLIV VROČINE NA KMETIJSTVO	33
4.3.1 Pridelava	33

4.3.2	Delavci v kmetijstvu	34
5	SKLEPI	35
6	POVZETEK	36
7	VIRI	38
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Nadmorske višine in podnebni tip meteoroloških postaj, vključenih v raziskavo (Ogrin, 1996)	18
Preglednica 2: Najvišja izmerjena temperatura zraka (°C) v začetku avgusta 2013 in najvišja izmerjena temperatura zraka do leta 2013 na opazovalnih meteoroloških postajah. Z rdečo barvo je označena najvišja temperatura zraka izmerjena avgusta 2013, ki je presegla doslej najvišjo temperaturo zraka (Razvoj ..., 2013)	19
Preglednica 3: Primerjava vročih dni v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	24
Preglednica 4: Primerjava števila vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	31
Preglednica 5: Primerjava števila vročih dni v vročinskih valovih v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	32
Preglednica 6: Primerjava razpona trajanja vročinskih valov v dnevih v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	32
Preglednica 7: Primerjava povprečnega trajanja (v dnevih) vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	33
Preglednica 8: Primerjava povprečne temperature zraka vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče	33

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1:	2
Slika 2:	5
Slika 3:	8
Slika 4:	10
Slika 5:	13
Slika 6:	16
Slika 7:	17
Slika 8:	20
Slika 9:	21
Slika 10:	22
Slika 11:	23
Slika 12:	24
Slika 13:	26
Slika 14:	27
Slika 15:	29
Slika 16:	30
Slika 17:	31

1 UVOD

V slovenski in mednarodni javnosti se v preteklih letih pogosto izpostavlja problematika segrevanja ozračja. V medijih ter izven njih se je začel pogosteje pojavljati tudi termin vročinski val. Samo definicijo vročinskega vala različne organizacije različno opredeljujejo. Svetovna meteorološka organizacija ga opredeljuje kot pojav, ko maksimalne temperature zraka več kot pet dni zapored presegajo povprečno maksimalno temperaturo za 5 °C (Baddour, 2010), medtem ko v Sloveniji velja, da pride do vročinskega vala, ko maksimalne zunanje dnevne temperature zraka dosega vsaj 30 °C (Šelb Šemerl in Tomšič, 2008). Vročinski valovi pri tem neposredno vplivajo na kmetijstvo, in sicer tako na rastlinsko kot živilnopridelavo. Sama problematika je povezana s pomanjkanjem padavin in posledično sušo, z visoko vsebnostjo ozona, torej z onesnaženostjo zraka. Vsi ti vplivi zmanjšujejo pridelek rastlin in imajo negativen vpliv tako na živali kot tudi delovno silo, kateri se v takih obdobjih zmanjša delovna učinkovitost.

1.1 CILJI NALOGE

Namen naloge je raziskati prostorsko in časovno porazdelitev vročinskih valov v Sloveniji. Na podlagi pridobljenih podatkov in analiz bomo podali odgovor na vprašanje, ali v zadnjih desetih letih prihaja do povečanega števila vročinskih valov, ter na osnovi literature opredelili njihov negativen vpliv na rastlinsko in živilnopridelavo. V ta namen zastavljamo naslednje cilje diplomskega dela:

- zbrati in predstaviti različne definicije vročinskega vala,
- raziskati in predstaviti vplive in posledice vročinskega vala na kmetijstvo,
- zbrati podatke o vročih dnevih in o vročinskih valovih v Sloveniji zadnjih 50 let,
- podatke o vročih dnevih in o vročinskih valovih statistično obdelati in ugotoviti morebitne trende,
- podati sklepe z vidika potrebnih prilagoditev v kmetijstvu.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

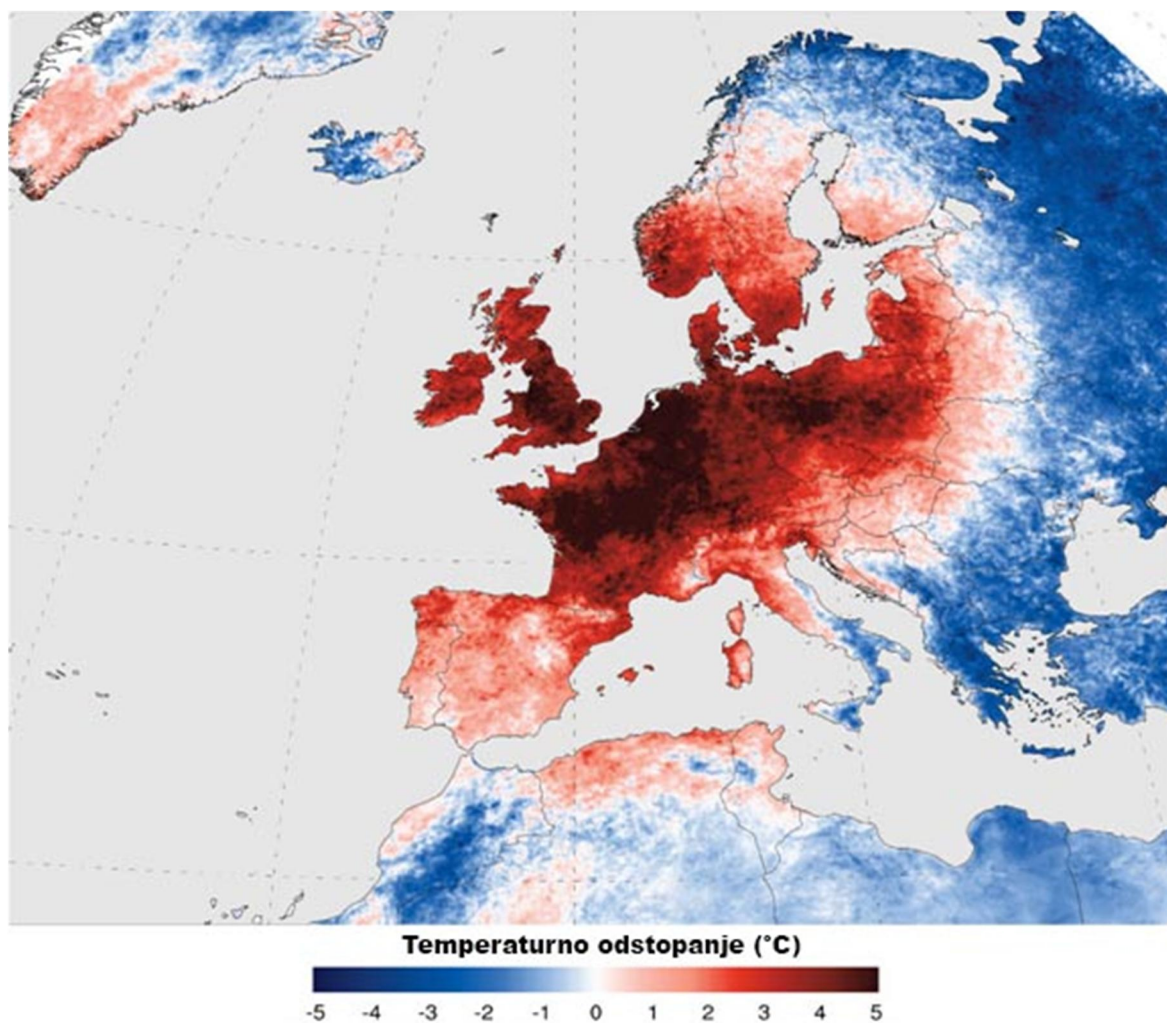
Kot vodilo pri raziskovanju si zastavljamo naslednje hipoteze:

- vročih dni je danes v Sloveniji v vseh podnebnih tipih več kot v preteklosti,
- vročinski valovi pri nas so danes pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti,
- rastlinska in živilnopridelava je občutljiva na povečano število vročih dni in vročinskih valov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PODNEBNE SPREMEMBE

Podnebne spremembe in globalno segrevanje sta fizikalno izmerjeno dejstvo, kot menijo klimatologi, pa bodo tovrstne spremembe v prihodnosti še bolj izrazite. Temperatura zraka in površja naj bi se ob upoštevanju scenarijev emisij v globalni skali v obdobju od leta 1990 do 2100 dvignila od 1,4 do 5,8 °C. Na kopnem lahko pričakujemo višje minimalne in maksimalne temperature zraka, več bo vročih in manj mrzlih dni in dni s slano, zmanjšal se bo dnevni temperaturni razpon in pogostejši bodo vročinski valovi (Kajfež Bogataj, 2005).



Slika 1: Primer prostorske razsežnosti vročinskega vala v Evropi leta 2006, ki je trajal od 26. junija do 30. julija (Giorgi2002, 2012)

Segrevanje zemeljskega ozračja so potrdili podatki iz leta 2006, ko so številna območja Evrope in ZDA v juliju in avgustu doživljala vročinske valove z rekordnimi temperaturami zraka. V številnih predelih ZDA je temperatura zraka dosegla in presegla 40 °C, povprečna julijska temperatura zraka v Evropi pa je presegla dolgoletno povprečje za 2,7 °C. Tudi jesen 2006 je bila izjema v večjem delu Evrope, od severnih Alp do južne Norveške je bil

odklon več kot 3 °C nad dolgoletnim povprečjem. V številnih državah je bila jesen 2006 najtoplejša odkar se izvajajo meritve: zapisi v osrednji Angliji segajo v leto 1659, na Nizozemskem 1706 in na Danskem v leto 1768 (Cegnar in Zupančič, 2007). Na sliki 1 je razviden vročinski val leta 2006, ki je zajel večino evropskih držav (Združeno kraljestvo, Francijo, Belgijo, Nizozemsko, Luksemburg, Italijo, Poljsko, Češko, Madžarsko, Nemčijo in zahodno Rusijo), trajal pa je od 26. junija 2006 do 30. julija 2006 (Rebetez in sod., 2009).

Najtoplejše leto od začetka meritev na svetovni ravni leta 1850 je bilo leto 2015, saj je bila povprečna temperatura zraka v svetovnem povprečju za 0,75 °C višja od povprečja meritev in za 0,9 °C višja od povprečja 20. stoletja. Leto 2015 je bilo od leta prej v povprečju toplejše za 0,16 °C, kar predstavlja tudi največjo enoletno razliko do zdaj. Veliko povišanje temperatur zraka naj bi bilo pri tem do neke mere povezano z učinkom El Niña (NOAA ..., 2016a). Tudi pomladi 2016 smo na globalni ravni izmerili 1,2 °C nad povprečjem od začetka meritev in 0,32 °C višjo povprečno temperaturo zraka kot leta 2015 (NOAA ..., 2016b).

V 21. stoletju se pričakuje nadaljnje segrevanje, zaradi katerega bodo vse evropske regije deležne negativnih učinkov in sprememb v številnih gospodarskih sektorjih, tudi in posebej v kmetijstvu. Povečanju regionalnih razlik pri evropskih naravnih virih in sredstvih, pogostejšim nenadnim celinskim poplavam in obalnemu poplavljanju, eroziji zaradi neviht in dvigu morske gladine, se bo velika večina organizmov in ekosistemov težko prilagodila. V hribovitih območjih naj bi taljenje snežne odeje povzročilo izumrtje določenih vrst, in sicer po visoko emisijskih scenarijih naj bi do leta 2080 v nekaterih območjih prišlo do 60% izumrtja. V Južni Evropi se bodo zaradi visokih temperatur zraka in suše zmanjšale zaloge vode in na splošno produktivnost rastlin. Pričakuje se zmanjšan prirast gozdov in povečanje pogostnosti požarov na področjih šote. V Južni Evropi bodo podnebne spremembe prinesle tudi nekatere prednosti, kot so zmanjšana potreba po ogrevanju, povečana količina pridelka in povečana rast gozdov, vendar utegnejo negativni učinki, kot so številnejše zimske poplave, nevarni ekosistemi in povečana geološka nestabilnost, prevladati pozitivne (Rossi, 2008).

Zaradi povišanih temperatur zraka so posebej prizadeti kmetijska pridelava in proizvodi gozdnih sistemov, potencial proizvodnje hrane pa naj bi s povišanjem povprečne temperature zraka rasel le do obsega med 1 in 3 °C, nad tem pa bo upadel. Produktivnost rastlin naj bi se, odvisno od vrste rastline, nekoliko povečala zlasti v osrednjih in severnih zemljepisnih širinah, v južnejših pa naj bi se že ob majhnem povečanju temperatur zraka produktivnost zmanjšala. Na proizvodnjo rastlin bodo namreč v teh območjih negativno vplivale vedno pogostejše suše in poplave. Zaradi segrevanja pričakujemo tudi spremembe v distribuciji in produkciji posebnih vrst rib, predvidene so neugodne posledice za ribištvo in ribiško proizvodnjo (Rossi, 2008).

2.2 OPREDELITVE VROČINSKIH VALOV

Definicija vročinskega vala mora biti takšna, da predstavlja redek pojav, ki pa lahko tudi na istem območju niha po tipu in učinku. Za posebne potrebe, kot so denimo sistemi opozarjanja na vročinski val in priprave na ukrepanje za zaščito zdravja in človeških

življenj, pri opredelitvi slednjega upoštevamo tudi celotno obremenitev na telo, ki pa ni odvisna zgolj od zunanje temperature zraka, temveč v veliki meri tudi od vlažnosti zraka, hitrosti vetra ter kratko- in dolgovalovnega sevanja okolice. Z vidika človeka tako tudi raje govorimo o toplotni obremenitvi (Cegnar, 2012).

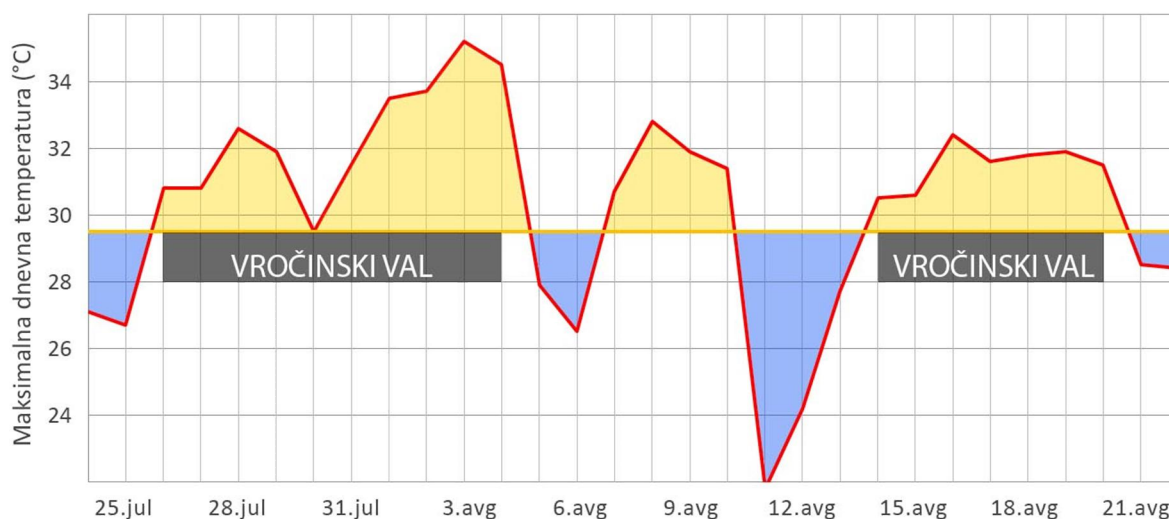
Z vidika učinka vročinskega vala sta pri njegovi opredelitvi bistvenega pomena čas pojava in trajanje. Vročinski val ima namreč na živa bitja največji učinek v začetku sezone toplejšega vremena, ko živa narava na višje temperature zraka še ni prilagojena in predstavljajo večji šok. Jakost toplotne obremenitve je odvisna tudi od trajanja, saj živa narava lažje prenaša enodnevno vročino, s trajanjem pa se škodljive posledice stopnjujejo. Škodljive posledice vročinskih valov se pri tem pojavijo z zakasnitvijo in se stopnjujejo s trajanjem vročinskega vala (Cegnar, 2012).

Za pojav vročinskega vala nimamo enotne definicije. Da so za opredelitev vročinskega vala v uporabi različne opredelitve, botruje tudi dejstvo, da krovne definicije še ni podala niti Svetovna meteorološka organizacija (WMO, World Meteorological Organization) (Koppe in sod., 2004). Večina opredelitev vročinskega vala upošteva temperaturo zraka in kot prag vročinskega vala določa temperaturo, ki na opazovanem območju presega določeno povprečje (Cegnar, 2012). Vročinski val lahko pri tem opredeljujemo na osnovi absolutnih ali relativnih vrednosti vremenskih spremenljivk ali kot kombinacijo slednjih. Prednost relativnih pragov je upoštevanje lokalnih razlik v percepciji vročine (Koppe in sod., 2004).

Problem, ki se pojavlja v zvezi z odsotnostjo enotne definicije, je onemogočen dostop do enotnih informacij o spremembah v preteklosti in možnostih napovedi za prihodnost na globalni ravni (Robinson, 2001). V diplomski nalogi zaradi lokalno omejenega empiričnega dela uporabljamo definicijo Agencije RS za okolje (ARSO), v namen primerjave pa predstavljamo tudi opredelitve nekaterih drugih evropskih držav in držav po svetu.

2.2.1 Slovenija

Vročinske valove opredeljujemo glede na lokalno podnebje, ker so odločilne običajne razmere, na katere je okolje prilagojeno (Cegnar, 2012). V Sloveniji je tako uveljavljena definicija, da je dan vroč, če temperatura zraka doseže vsaj 30 °C (Cegnar, 2012), vročinski val pa opredeljujemo kot obdobje najmanj 5 zaporednih dni, ko najvišja zunanja dnevna temperatura zraka preseže 29,5 °C (Šelb Šemerl in Tomšič, 2008). Na sliki 2 je prikazan vročinski val v Ljubljani leta 2001.



Slika 2: Prikaz maksimalne dnevne temperature zraka za obdobje od 24. 7. do 22. 8. 2001 z vrisanimi vročinskimi valovi

2.2.2 Evropa

Anketna raziskava med meteorološkimi službami v Evropi je pokazala, da nekatere evropske države uporabljajo operativne opredelitve, ki temeljijo na (Koppe in sod., 2004):

- pragu temperature zraka,
- pragu temperature zraka in minimalnem trajanju ali
- indicij, ki so kombinacija temperature zraka in relativne vlažnosti.

Temperaturni pragi in definicije, ki jih uporabljamo v Evropi, se organizirajo po severno-jugnem in vzhodno-zahodnem gradientu. Bolj jugovzhodno kot država leži, višji je prag za opredelitev vročinskega vala. To je razumljivo, saj so poletja običajno bolj vroča v južni in kontinentalni Evropi kot na območjih, ki so pod vplivom oceanskega podnebja (Koppe in sod., 2004). V opredelitev vročinskega vala sta poleg tega pogosto zajeti tudi trajanje poletnega vremena in stopnja temperaturnih sprememb. Pomembno je tudi upoštevati, da imajo vročinski valovi večje učinke in posledice zgodaj poleti kot pozno poleti (Hajat in sod., 2002).

Švedski meteorologi kot vročinski val opredeljujejo obdobje več kot dveh dni, ko povprečna temperatura zraka v 24 urah v Stockholmu preseže 19,6 °C (Gjeset Schjølberg, 2013), danski meteorologi ga opredeljujejo kot obdobje vsaj 3 zaporednih dni, ko povprečna maksimalna temperatura zraka na območju vsaj polovice države preseže 28 °C. Danski meteorološki inštitut poleg tega opredeljuje tudi toplotni val, ko so isti pogoji izpolnjeni za temperaturo zraka 25 °C (DMI ..., 2015). Švedski meteorološki inštitut vročinski val opredeljuje kot obdobje vsaj 5 dni zaporedoma, ko najvišja dnevna temperatura zraka preseže 25 °C (SMHI ..., 2015), na Nizozemskem pa je vročinski val opredeljen kot pojav, ko najvišja dnevna temperatura zraka v mestu De Bilt vsaj 5 dni zaporedoma preseže 25 °C in se hkrati vsaj v treh dneh od tega povzpne nad 30 °C. Isto opredelitev uporabljata tudi Belgija in Luksemburg (Koppe in sod., 2004).

Britanski meteorologi upravljajo z nadzornim sistemom Heat-Health Watch, ki vsaki regiji posebej določa eno od štirih stopenj pogojev vročinskega vala. Pogoji za določitev vročinskega vala so opredeljeni z maksimalno dnevno temperaturo zraka in minimalno nočno temperaturo zraka za vsako regijo posebej. Trajanje temperature zraka nad določenim pragom določa posamezno stopnjo vročinskega vala. 1. stopnja pri tem pomeni normalne poletne pogoje, 2. stopnja pa 60 ali več odstotno tveganje, da bo temperatura zraka več kot dva dni vztrajala nad določenim pragom. 3. stopnja pomeni, da je bila temperatura zraka višja od določenega praga prejšnji dan in prejšnjo noč ter da obstaja 90-odstotno ali večje tveganje, da bo temperatura zraka nad pragom ostajala tudi naslednji dan. 4. stopnja pomeni, da so pogoji še resnejši kot pogoji prvih treh stopenj. Vsaka prvih treh stopenj je povezana z določenim stanjem pripravljenosti in odziva s strani nosilcev socialnih in zdravstvenih storitev, 4. stopnja pa s še širšim odgovorom na razmere (Met Office ..., 2015a).

2.2.3 ZDA, Avstralija in ostali

Tudi v ZDA se definicije vročinskega vala po različnih območjih in državah razlikujejo, najpogosteje pa je pojav opredeljen kot obdobje vsaj dveh dni prekomerno vročega vremena (NOAA ..., 2016a). Na severovzhodu za vročinski val običajno velja, da označuje vsaj tri zaporedne dni, ko najvišja dnevna temperatura zraka preseže 32 °C (90 °F). Na tem območju lokalne meteorološke službe definicijo vročinskega vala pogosto povežejo tudi s pragom vlažnosti, kar ne velja za bolj sušnejša podnebja. Kalifornijski meteorologi namesto o vročinskem valu govorijo o toplotnih nevihtah, ki jih opredeljujejo kot tri ali več zaporedne dni s temperaturami zraka nad 38 °C (100 °F).

Avstralski meteorologi o vročinskem valu v mestu Adelaide na jugu Avstralije govorijo, ko temperature zraka vsaj pet zaporednih dni presežejo 35 °C ali pa tri zaporedne dni 40 °C. Prag za vročinski val se v drugih območjih razlikuje (Ray in Lainio, 2010). Avstralski urad za meteorologijo vročinski val na splošno opredeljuje kot obdobje, ko maksimalna in minimalna dnevna temperatura zraka presežeta normalne vrednosti na določenem območju vsaj 3 dni (Bureau of Meteorology ..., 2016).

Indeks HWD (Heat Wave Duration) vročinske valove opredeljuje kot pojav presežene maksimalne dnevne temperature zraka za vsaj 5 °C, in sicer za več kot 5 zaporednih dni (povprečna temperatura zraka temelji na meritvah od 1961 do 1990) (Frich in sod., 2002). V meteorološkem slovarju Glossary of Meteorology je vročinski val opredeljen kot obdobje nenormalno in neudobno vročega in običajno vlažnega vremena, ki traja vsaj en dan, običajno pa več dni ali celo več tednov zaporedoma (Glickman in Zenk, 2000). Ameriški NWS (National Weather Service) za napovedi uporablja merila za ocenjevanje vročinskega stresa, opozorila pa izdaja ob preseženih pragovih najvišje dnevne in najnižje nočne temperature zraka vročinskega indeksa (Hi) v obdobju 2 zaporednih dni. Vročinski indeks je pri tem kombinacija temperature zraka okolice in vlažnosti zraka, ki se približuje okoljskim vidikom termalnega režima človeškega telesa, pragovi NWS pa predstavljajo posplošeno oceno nastopa fiziološkega stresa pri človeku. Vrednosti pragov pri tem ni mogoče uporabljati neposredno v vseh državah. V vročih in vlažnih območjih namreč fizične in kulturne prilagoditve zahtevajo višje mejne vrednosti, da res zajamejo tiste

dogodke, ki predstavljajo stres. V hladnejših območjih velja obratno in fiziološki stres povzročajo že nižje vrednosti (Robinson, 2001).

2.3 NASTANEK VROČINSKEGA VALA IN VZROKI ZANJ

Vzroki za nastanek vročinskega vala so kompleksni in povezani s številnimi različnimi dejavniki ter meteorološkimi razmerami, pogosto tudi s pomanjkanjem padavin (Kurnik, 2014). Vročinski val nastane ob okrepitvi območja visokega zračnega tlaka in trajanju slednjega nad kakim geografskim območjem več dni ali tednov. Običajno se razmere zanj vzpostavijo v poletnem času, saj so povezani z vetrovnim strženom. Slednjega predstavljajo visokohitrostni vetrovi, ki se oblikujejo in pihajo v srednjih slojih atmosfere na višini tropopavze (na višini med 7 in 15 km nad površjem) in nastanejo zaradi sončnega segrevanja atmosfere v območju visokega zračnega pritiska in rotacije Zemlje. Severna in južna polobla imata vsaka po dva glavna vetrovna stržena, tečeta pa v smeri iz zahoda proti vzhodu (Met Office ..., 2015b). Poletni vremenski vzorci običajno zajemajo manjše spremembe kot zimski, zato se tudi ta srednje visoki zračni pritisk počasi spreminja. Ob visokem pritisku se zrak spušča proti površju in deluje kot zračni pokrov, ki pokriva atmosfero, saj vroč zrak zadržuje in mu onemogoča dvigovanje. Posledica tega je majhna konvekcija ali celo odsotnost slednje, malo kumulusnih oblakov oz. jih sploh ni in minimalne možnosti za padavine. Končni rezultat je postopno zviševanje temperature zraka na površju, kar zaznavamo kot vročinski val (NWS ..., 2011). Prikaz okoliščin s splošnimi vremenskimi vzorci, ki so ustvarili razmere za ruski vročinski val leta 2010, prikazujemo na sliki 3. V tem primeru so se zračne mase iznad Atlantika hitro ustavile pod grebenom visokega zračnega tlaka. Kroženje v smeri urinega kazalca okoli šibkih območij visokega zračnega pritiska pa so pri tem prinašale suh in vroč zrak iznad jugozahodne Azije proti severnem delu Rusije.



Slika 3: Okoliščine za oblikovanje vročinskega vala v Rusiji leta 2010 (Vasquez, 2011)

Vzroke za nastanek vročinskega vala lahko povežemo tudi s podnebnimi spremembami. Podnebne spremembe so sicer stalnica v geološki zgodovini Zemlje, pri čemer imajo pomembno vlogo aktivnost Sonca, sprememba oddaljenosti Zemlje od Sonca, spremembe naklona njene osi, razporeditev kontinentov ter dejavnost vulkanov. V zadnjih 20 letih naraščajo dokazi, da na spremembe pomembno vpliva tudi človek s sežiganjem fosilnih goriv, požiganjem gozdov, spremembo rabe tal, odlaganjem odpadkov, živinorejo itd. Človekove aktivnosti na ta način povečujejo koncentracije toplogrednih plinov in zmanjšujejo sposobnosti vezave CO₂ v biomaso (Maslin, 2007).

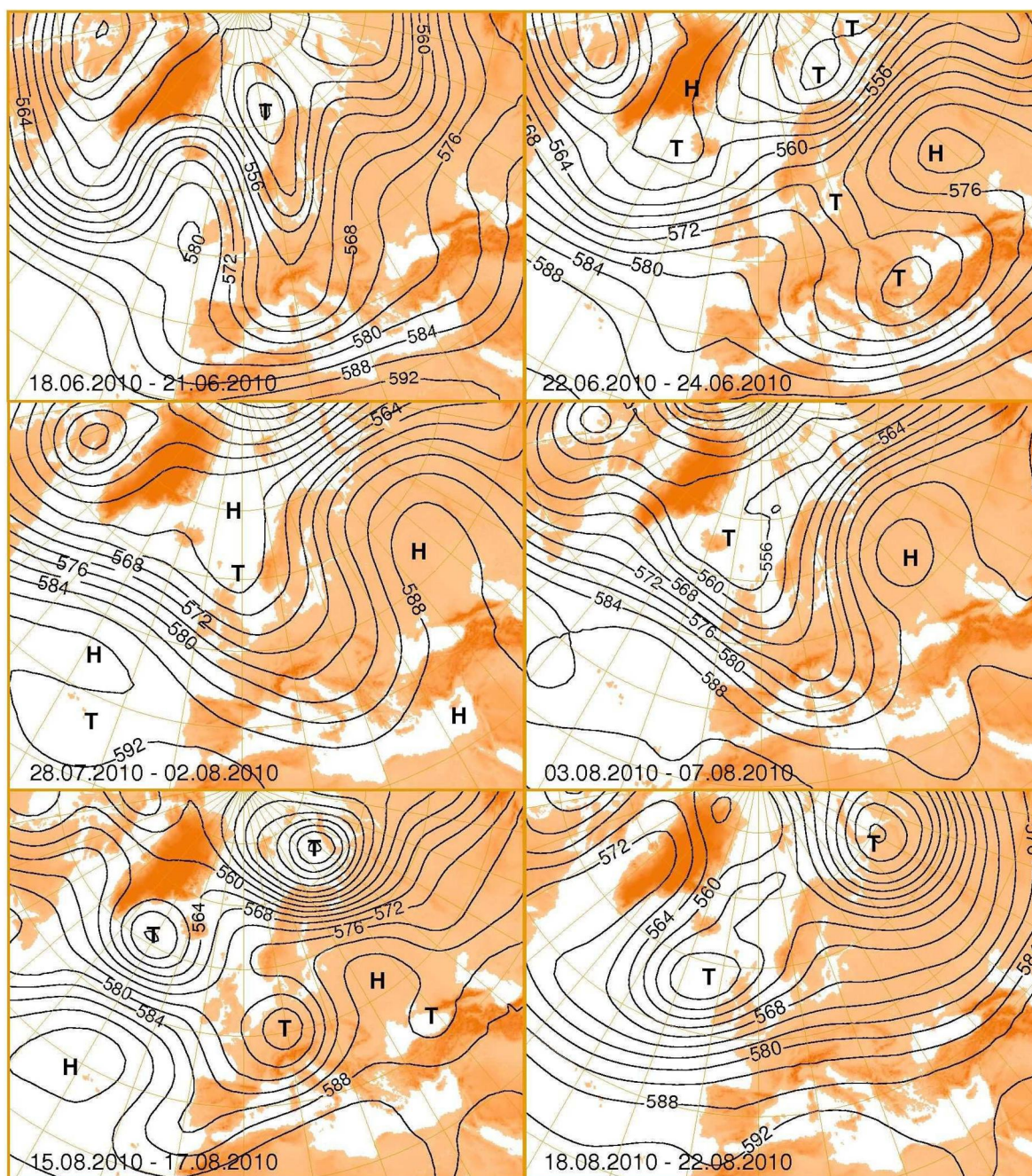
Začasna pomanjkanja padavin, ki jih povežemo z vročinskimi valovi, so v Evropi pogosto izrazita zaradi variacij v večjih atmosferskih cirkulacijah. Ena od teh cirkulacij, povezanih z nastankom vročinskih valov, je severno-atlantska oscilacija (NAO), ki pomembno pogojuje vreme v Evropi. Študije kažejo, da v primeru pozitivnih zimskih NAO v jugozahodni in severni Evropi beležimo vlažne pogoje, ni pa podobnih zaključkov za centralno in jugovzhodno Evropo, zato težko govorimo o neposrednem vplivu nenavadnih NAO na vročinske valove. Vročinski valovi so morda povezani tudi s poletnimi atmosferskimi blokadami, ki predstavljajo delitev pretežno območnega toka v pretežno meridionalni tok. Običajno se take okoliščine vzpostavijo za obdobje od 5 do 25 dni in največkrat pozimi nad severnim Atlantikom in Evropo ter severnim Pacifikom (Kurnik, 2014).

Ob naravnih dejavnikih ima človekov vpliv na podnebje dolgoročne globalne razsežnosti. Povprečna temperatura zraka na zemeljskem površju se je pri tem v 20. stoletju v Evropi

zvišala za 0.8 ± 0.2 °C. Temperatura površja in zraka ob površju pa naj bi se ob upoštevanju scenarijev v globalni skali v obdobju med leti 1990 in 2100 dvignila še za 1,4 do 5,8 °C. V prihodnje tako ocenjujemo, da bodo višje tako maksimalne kot minimalne temperature zraka, več bo vročih in manj mrzlih dni, zmanjšal se bo dnevni temperaturni razpon, še pogostejši pa bodo tudi vročinski valovi (Kajfež Bogataj, 2005).

Nekateri simulacijski modeli in podatki kažejo tudi, da naj človeški faktor ne bi imel bistvenega vpliva na magnitude vročinskih valov in naj bi bili takšni ekstremni pojavi zgolj posledica naravnega nihanja. Veliki ruski vročinski val leta 2010 naj bi bil tako v glavnem posledica notranjih dinamičnih procesov v atmosferi, ki so proizvedli in vzdrževali močno in dolgotrajno blokado, podobno kot že predhodni vročinski valovi v tej regiji (Dole in sod., 2011).

Slika 4 prikazuje vročinski val leta 2010 v Evropi v različnih fazah. V začetni fazi, v drugi polovici junija, sta situacijo zaznamovala močan vetrovni stržen preko Sredozemlja in južni tok proti vzhodni Evropi, katerima je sledila formacija grebena (prva vrstica slike 4). V zreli fazi ob koncu julija je bil vztrajen greben pritiska v kombinaciji s še enim južnim tokom na zahodni strani stržena, ki je dovajal še več toplega zraka iz tropov in povzročal razširitev grebena (druga vrstica slike 4). Med razpadom vročinskega vala v sredini avgusta se je hladen polarni zrak preselil na jug čez severovzhodno Evropo, medtem ko se je dolina pritiska približevala srednji Evropi iz Severnega Atlantika. Greben je hitro oslabil in popolnoma izginil po 17. avgustu, ko ga je zamenjal zahodni tok (tretja vrstica slike 4) (Friedrich in Bissolli, 2011).



Slika 4: Tipična sinoptična slika situacij vročinskega vala v različnih fazah v Evropi leta 2010 (datumi posameznih situacij so zapisani na skicah) (Friedrich in Bissolli, 2011)

2.4 PRIDRUŽENI POJAVI

Pomemben spremljajoči pojav vročinskega vala je dvig koncentracije ozona v prizemnem zraku. Visoke temperature zraka pospešujejo reakcijo med dušikovimi oksidi in hlapnimi organskimi spojinami, s čimer se ustvarja več ozona (Sillman, 1999). Ozon je sicer naravni sestavni del stratosfere in troposfere, nastaja pa kot posledica fotolize molekule kisika oz. fotokemičnih reakcij dušikovih oksidov (NO_x) in hlapnih organskih spojin v višinah okoli

20 km nad površjem, kjer prestreza sončno UV sevanje (Džuban in sod., 2001). Njegova prisotnost v zraku je lahko bodisi koristna bodisi toksična. V stratosferi absorbira in s tem ščiti žive organizme pred nevarnimi sončnimi žarki kratkih valovnih dolžin UV-B, na površju pa ustvarja višje tveganje za razvoj astme pri ljudeh in škodljivo vpliva na rastlinstvo. Ozon v troposferi je glavna sestavina smoga, njegova koncentracija pa se giblje od 0 ppb do 3000 ppb (Vautard in sod., 2005).

Med vročinskim valom se koncentracije ozona dvigne tudi zaradi reakcije rastlin, ki ob suši med vročinskim valom in ob spremljajočem vročinskem stresu zaprejo listne reže zaradi varčevanja z vodo. Gre za naravni zaščitni mehanizem rastlin, ki jih dela bolj odporne na ekstremno vročino in visoke ravni ozona, vendar pa s tem tudi upočasni absorpcijo ozona in drugih polutantov, ki jih slednje sicer predelujejo. Vegetacija naj bi tako absorbirala okoli 20 odstotkov globalne produkcije ozona, razlika med optimalno in minimalno absorpcijo ozona pa je enakovredna dvema tednoma visoke ravni ozona v ozračju (Emberson in sod., 2013).

Pomemben pridruženi pojav vročinskega vala v srednji Evropi je tudi kmetijska suša, ki zaradi pomanjkanja padavin ter povečanih izgub zaradi izhlapevanja iz tal in rastlin povzroča zmanjšanje pridelka. Na številnih območjih je del naravne spremenljivosti podnebja, njeno jakost pa lahko ocenimo z razliko med vsoto padavin in izgubo vode zaradi izhlapevanja in dihanja rastlin (evapotranspiracije) v vegetacijskem obdobju. Čeprav gre za naravni pojav, pa se v zadnjem času pogostost sušnih let na številnih območjih povečuje, zlasti se pojavlja v rastnem obdobju tudi v zaporednih letih (Sušnik in sod., 2010).

2.5 VPLIVI IN POSLEDICE VROČINSKEGA VALA

Najhujši vročinski val po letu 1540 je Evropo prizadel avgusta leta 2003, med najbolj prizadetimi območji pa so takrat bile države zahodne in srednje Evrope. Izjemno toplo je bilo poletje v vzhodni Evropi in večjih delih Rusije tudi leta 2010. Veliki vročinski valovi v teh letih so za približno 50 % presegli sezonske temperaturne rekorde zraka v Evropi, v naslednjih 40 letih pa naj bi se verjetnost velikih vročinskih valov povečala za 5 do 10-krat (Barriopedro in sod., 2011). V Sloveniji se v zadnjih letih prvi vročinski valovi pojavljajo že ob koncu koledarske pomladi in čeprav naj bi bila temperatura zraka nad 33 °C in 35 °C pri nas redkost, opazamo od začetka 90. let porast števila ekstremno vročih dni (Bergant in sod., 2004).

Vročinski val ima lahko zelo različne učinke na različne sisteme in populacije, v odvisnosti od njihove ranljivosti ter od kombinacije z drugimi pogoji ter njihovimi učinki (Field, 2012). Največje posledice prinašajo dlje trajajoči vročinski valovi, ki so povezani tudi z visokimi nočnimi temperaturami zraka in visoko relativno vlažnostjo (Fischer in Schär, 2010).

2.5.1 Vplivi na ekosisteme

Kmetijstvo je kompleksno odvisno od vremenskih in podnebnih razmer in ogroženo zaradi ekstremnega vremena, kamor štejemo tudi vročinske valove (Antle, 1996). Vplive

podnebnih razmer lahko pri tem delimo na tri kategorije, in sicer pozitivne vplive, pogojno pozitivne vplive in negativne vplive. Pogojno pozitivni vplivi so tisti, kjer so posledice lahko nejasne in odvisne od specifičnih dodatnih dejavnikov. Posledic vročinskega vala kot ekstremnega temperaturnega pojava pri tem ne moremo enačiti s posledicami postopnega temperaturnega spreminjanja zraka, zato prinaša bistveno manj z višjo povprečno temperaturo zraka pogojenih posledic, kot so gnojilni učinek povečane koncentracije CO₂, daljša vegetacijska doba ter primernejše razmere za gojenje toplotno zahtevnih rastlin. Ekstremni vremenski dogodki, med katerimi je vročinski val, predstavljajo šok in fiziološki stres tako za rastline kot za živali (Kajfež Bogataj, 2005).

2.5.2 Vplivi na rastlinsko pridelavo

Kmetijske rastline se močno odzivajo na povečano temperaturo zraka, ki jo spremljata suša in velika požarna ogroženost (Bergant in sod., 2004). Previsoke temperature zraka, sploh dlje trajajoče, negativno vplivajo na rast in razvoj rastlin, poškodbe zaradi vročinskega stresa in suše pa se kažejo na vseh delih rastlin (Hughes, 2000; Chmielewski in sod., 2004).

Pri posledicah vročinskega vala gre torej največkrat za kombinacijo sušnega in vročinskega stresa, saj zgolj visoke temperature zraka ob zadostni oskrbi rastlin z vodo toliko niti ne vplivajo na rastne procese, se pa zaradi slednjih dvigne stopnja izhlapevanja (Kajfež Bogataj, 2005). Največji problem tako nastopi, ko je zaradi vročine omejena količina vode, občutno zmanjšanje kakovosti pridelka pa lahko povzročijo tudi sončni ožigi, ki se pojavijo ob intenzivnem sončnem sevanju. Najbolj nevarna je pri tem kombinacija več zaporednih ur s temperaturo zraka nad 30 °C in zelo močno sončno sevanje. Poleg drugih dejavnikov na pojav ožigov vplivajo še pomanjkanje vode v tleh, deževna obdobja pred nastopom povišanih temperatur zraka, kar pri nekaterih rastlinah spira voščeno prevleko, ter drugi dejavniki, kot sta veter in ozon (Sušnik in Valher, 2012).

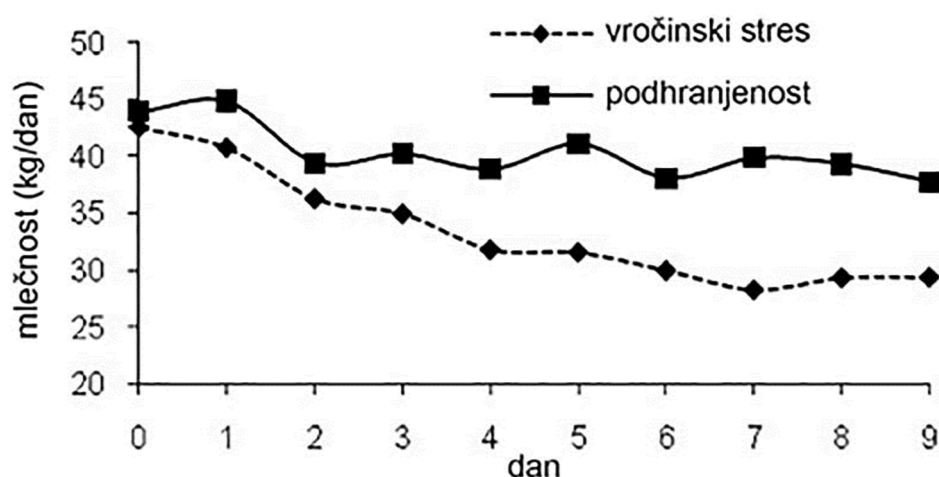
Na rastlinstvo pomembno vpliva tudi z vročinskim valom povezana povečana vrednost ozona v ozračju. Od koncentracije ozona v ozračju sta odvisna potek fotosinteze pri nekaterih rastlinah in prirastek biomase (Džuban in sod., 2001). Ozon v velikih koncentracijah povzroča poškodbe listov, ovira rast in razvoj rastlin in zmanjšuje pridelek (Tonneijck in Van Dijk, 2002). Posledice povečanih koncentracij ozona v troposferi se v kmetijstvu kažejo kot zmanjšanje pridelka in v slabši kakovosti pridelka nekaterih vrst kmetijskih rastlin (McKersie in Lesheim, 2013).

Suša in vročina lahko sprožita zgodnejše dozorevanje poljščin, sadnega drevja in vinske trte ali pa otežujeta setev v jesenskih mesecih. Zaradi zelo visokih temperatur zraka in suhega vremena lahko začnejo kmetijske rastline prisilno dozorevati, posledično pa pride do manjšega pridelka in slabše kakovosti slednjega (Kajfež Bogataj, 2005). Toplota in voda vplivata na rast in presnovno rastlin, posledice vročinskega vala so tako lahko različna sestava pridelkov, kot sta denimo grozdje in vino. Pomanjkanje vode lahko na primer povzroči povečanje količine fenolov v grozdju, večjo koncentracijo prolina in manjšo vsebnost jabolčne kisline ter povečano koncentracijo aromatičnih snovi, do sprememb pa prihaja tudi v pH in koncentraciji aromatičnih snovi (Sušnik, 2013).

Učinek vročinskih valov na rastlinsko pridelavo jasno kažejo podatki o posledicah vročinskega vala avgusta 2003, ko so temperature zraka za 6 °C presegle normalne vrednosti, padavine pa dosegle 300 mm deficita glede na povprečne vrednosti (Trenberth in sod., 2007). V Italiji je kmetijstvo posledično zabeležilo rekorden padec za 35 % v pridelku koruze, pridelane v Padski nižini, kjer so prevladoval izjemno visoke temperature zraka. V Franciji se je v primerjavi z letom prej pridelek koruznega zrnja zmanjšal za 30 %, pridelek sadja pa za 25 %. Zimski posevki pšenice so ravno v času vročinskega vala skoraj dozoreli in so zato utrpeli manjši padec (21 %) donosnosti od ostalih poletnih pridelkov, kot so koruza, sadno drevje in vinska trta, ki so bile v času vročinskega vala ravno v največjem foliarnem razvoju (Ciais in sod., 2005). Pridelava krme je v Franciji v povprečju padla za 30 %, zaradi česar so kmetje že poleti deloma posegali po zimski krmi (Parry in sod., 2007). Proizvodnja vina je bila tega leta v Evropi najnižja v zadnjih 10 letih, nezavarovana ekonomska škoda kmetijskega sektorja v EU pa je bila ocenjena na 13 milijard evrov z največjimi izgubami v Franciji (4 milijarde) (Parry in sod., 2007).

2.5.3 Vplivi na živinorejo

Živinoreja je od vremenskih razmer odvisna tako zaradi vremenskega vpliva na počutje živali kot zaradi vpliva na pridelavo krme. Vročinski valovi lahko tako na živinorejo vplivajo prek sprememb v pašnikih in paši ter prek zdravja in prehrane živine (Kajfež Bogataj, 2005). Za živinorejo je izmed vseh vremenskih in podnebnih dejavnikov najpomembnejša temperatura zraka, ki se ob vročinskih valovih bistveno spremeni (Kajfež Bogataj in Črepinšek, 2003). Tako kot človeka ob vročinskem valu vročinski stres močno obremenjuje tudi živali. Toplokrvne živali vzdržujejo telesno temperaturo okrog 37 °C, če pa so izpostavljene temperaturnemu stresu in višjim temperaturam zraka, lahko pride do poškodb mišic (Kajfež Bogataj, 2005). Kot je razvidno iz slike 5, se vpliv vročinskega stresa kaže tudi v zmanjšanem prehranjevanju v normalnem temperaturnem okolju, kar vpliva na padec mlečnosti krav v laktaciji (Avendaño-Reyes, 2012).



Slika 5: Vpliv vročinskega stresa in zmanjšane prehranjevanja v normalnem temperaturnem okolju na mlečnost krav v laktaciji pasme Holstein (prirejeno po Avendaño-Reyes, 2012)

Pri mlečnem govedu tako med posledicami vročinskega stresa beležimo tudi padec mlečnosti in povečano tveganje za subakutno želodčno acidozo, ki nastopi zaradi povišane respiracije in močnejšega slinjenja. Slednje povzroči manjše količine slin v želodcu in oteženo prebavo (Hall in sod., 2015). Izpostavljenost vročinskemu stresu povečuje tudi bolehnost in smrtnost živali zaradi možganske in srčne kapi. Visoke temperature zraka hkrati zmanjšujejo sposobnost razmnoževanja oz. povečujejo smrtnost zarodkov, živali pa so v vročih dneh tudi manj ješče (Kajfež Bogataj, 2005). Višje temperature zraka so neposredno povezane s širjenjem nekaterih patogenov in škodljivcev, povzročiteljev bolezni pri živini (Kajfež Bogataj in Črepinšek, 2003).

Negativne posledice vročinskih valov na živinorejo so tudi posredne in povezane z negativnimi vplivi na rastlinstvo, ki v živinoreji pogosto predstavlja veliko krmno vrednost. Živinoreja je v veliko primerih odvisna od paše živine na prostem in od lokalnih virov hrane, suša in spremenjena sestava travne ruše zaradi vročinskih valov pa ne vplivata zgolj na količino, ampak tudi na kakovost in prebavljivost krme, kar se negativno odraža v rejenju živali (Kajfež Bogataj, 2005).

2.5.4 Vplivi na kmetijska opravila

Kmetijstvo je usodno odvisno od vremena oziroma podnebnih razmer. Nove okoljske razmere, povezane s temperaturnimi spremembami zraka, povzročajo določene nove omejitve in priložnosti za kmetijsko proizvodnjo in zahtevajo spremembe v kmetijskih opravilih. Učinki spremenjenih vremenskih razmer na kmetijstvo so pri tem raznovrstni in zajemajo tako pozitivne kot negativne posledice. Temeljnega pomena za ohranjanje primerne standarda pridelka ter za krepitev trajnostnega kmetijstva so zato fragmentarne odločitve, vezane na vsak posamezni učinek posebej. Probleme podnebnih sprememb je smiselno obvladovati z dnevnimi kmetijskimi dejavnostmi in ustreznimi strategijami (Rossi, 2008).

Na področju rastlinstva lahko pričakujemo, da se bo zaradi višjih temperatur zraka podaljšala potencialna vegetacijska doba za kmetijske rastline, zaradi česar bo mogoče opravljati zgodnejše setve ali pa večkratno setev iste poljščine v istem letu. Višje temperature zraka so tudi bolj primerne za gojenje nekaterih rastlin, z višjimi temperaturami zraka pa se povečajo tudi toplotne karakteristike zdaj prehladnih območij. Na splošno to pomeni tudi možnost premika pridelovalnih zemljišč v višje lege. Zaradi sprememb so potrebne tudi spremembe kultivarjev in rastlinskih vrst ter spremembe ustaljenih agrotehničnih praks na različnih področjih, kot so spremembe časa setve in sajenja, gnojenja, rezi, žetve ipd. Višje temperature zraka s sušami zahtevajo bolj učinkovitejše sisteme namakanja, spremembe pa so potrebne tudi pri načinih obdelave tal (npr. globina oranja) in v porabi ter apliciranju sredstev za varstvo rastlin pred drugačnimi rastlinskimi boleznimi in škodljivci (Kajfež Bogataj, 2005).

Na področju živinoreje lahko spremembe v količini padavin in višje temperature zraka z vplivom na razpoložljivost hranil privedejo do prostorskih premikov pašnikov ter do povečane potrebe po dodatnem hranjenju živine. Višje temperature zraka lahko zlasti na višinskih pašnikih upravičijo tudi uporabo gnojil. Zaradi neposrednega vpliva večjih temperatur zraka pa je treba poskrbeti za načrtovanje in vzdrževanje sistemov zavetišč za

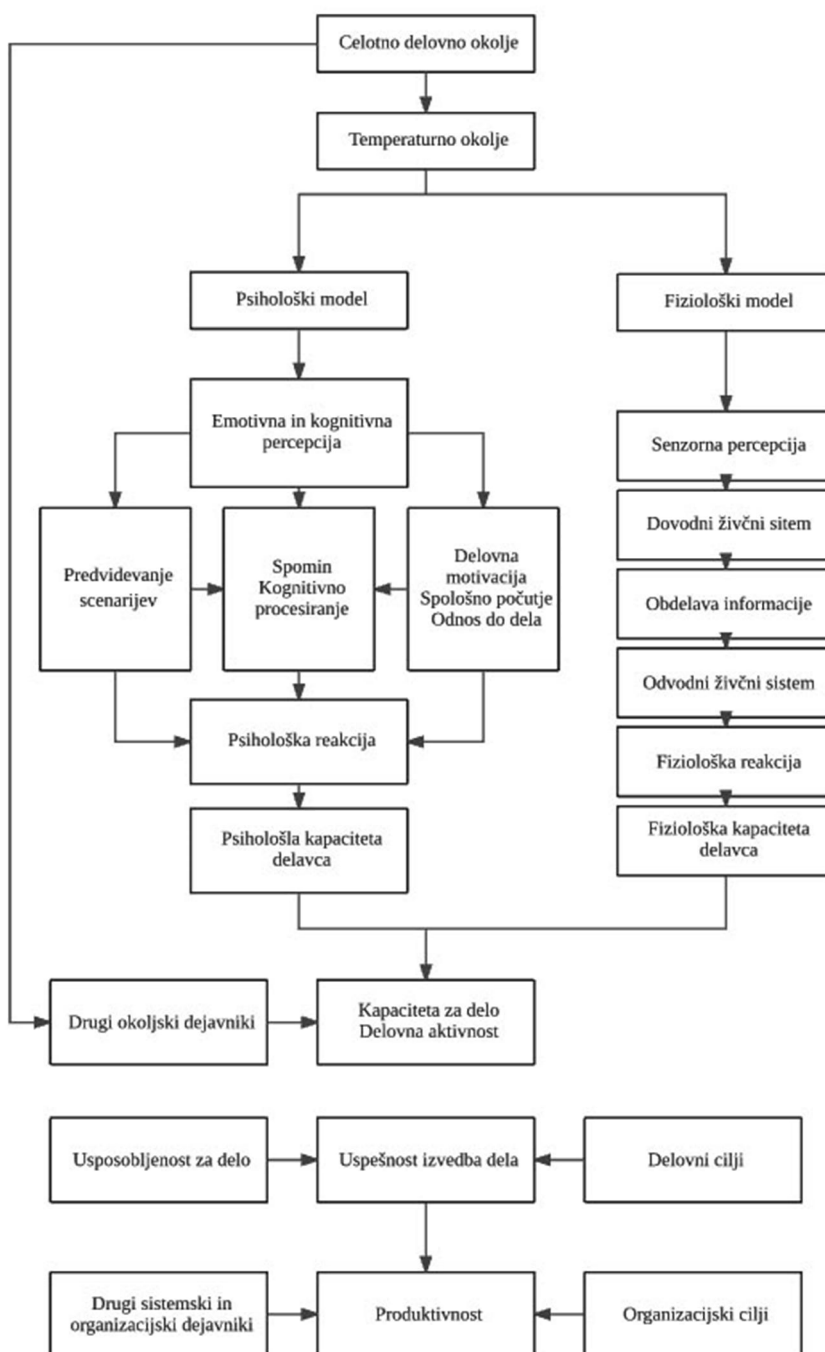
živino, lahko pa pri vročinskem stresu živalim pomagamo tudi s škropljenjem z vodo. Živino lahko premaknemo tudi v zaprte prostore, pri čemer pa je potrebno uravnavanje razmer s prezračevanjem in hlajenjem prostorov (Kajfež Bogataj, 2005).

2.5.5 Vplivi na delavce v kmetijstvu

Vročinski val lahko vpliva tudi na ljudi in s tem na delavce v kmetijstvu. Zaradi vpliva vročine na kognitivno in delovno učinkovitost se lahko pojavijo negativne posledice na ravni obsega proizvodnje in nesreč pri delu. Dejavniki, ki so vpleteni v učinke vročine na delavce v kmetijstvu, so vezani na padec vzburjenosti organizma, fiziološke funkcije pod vplivom spremenjenih temperaturnih razmer, vpliv temperaturnega stresa za zbranost delavcev in na padec motivacije zaradi nezmožnosti kontrole delovnih razmer. Produktivnost delavcev je pri tem povezana s samimi rezultati dela v težjih razmerah, poleg tega pa tudi na posredne učinke, kot so nesreče in bolezni ter posledična odsotnost z dela. Vročina ima pri tem večji vpliv na manj izurjene delavce ali na delavce na zahtevnejših delovnih mestih (Parsons, 2002).

Študije vpliva temperature zraka na učinkovitost in delovne rezultate zaposlenih kažejo jasno korelacijo med temperaturo zraka delovnega okolja in relativnim delovnim učinkom ter nesrečami pri delu. Negativni vpliv visokih temperatur zraka na delovno učinkovitost se kaže zlasti v poletnih mesecih, pri temperaturah zraka, višjih od 24 °C, število nesreč pa se povečuje linearno s pozitivnim in negativnim odstopanjem temperature zraka delovnega okolja od 20 °C. Rezultati študij kažejo tudi na izjemno kompleksen sistem dejavnikov, preko katerih temperatura zraka delovnega okolja učinkuje na delavce. Model vpliva temperature zraka delovnega okolja na delovno učinkovitost in produktivnost tako zajema verigo različnih učinkov (slika 6).

Temperatura zraka delovnega okolja vpliva na delovno produktivnost tako na psihološki kot na fiziološki ravni. Temperaturne okoliščine pri tem niso edine, ki na delovno produktivnost vršijo učinek, zaradi česar je učinek temperature zraka težko relevantno meriti. Na psihološki ravni se vpliv vrši po poti emotivne in kognitivne percepcije temperature zraka, ki ima vpliv na delovno motivacijo, splošno počutje in na odnos do dela. Tako sama percepcija kot faktorji, na katere ta vpliva, naprej pogojujejo kognitivne sposobnosti delavca, kot so spomin in procesiranje informacij. Na psihološko reakcijo delavca poleg naštetih vpliva predvidevanje scenarijev oz. njegov občutek lastnega vpliva na temperaturne okoliščine. Komponente psihološke ravni prikazujejo psihološko raven delavca, medtem ko fiziološke komponente s telesno zaznavo temperature zraka in telesnim odzivom kažejo fiziološko stanje delavca.



Slika 6: Prikaz vpliva temperature zraka delovnega okolja na delovno učinkovitost in produktivnost (prirejeno po Parsons, 2002)

Psihološka in fiziološka kapaciteta delavca skupaj z drugimi okoljskimi dejavniki pogojujeta kapaciteto za delo in delovno aktivnost, ta pa skupaj s siceršnjo usposobljenostjo delavca za opravljanje dela ter delovnimi cilji na uspešnost izvedbe dela. Uspešnost izvedbe predstavlja enega od dejavnikov končne produktivnosti, ki jo merimo skupaj z drugimi sistemskimi in organizacijskimi dejavniki ter organizacijskimi cilji.

3 MATERIAL IN METODE

V empiričnem delu predstavljamo statistiko vročih dni in vročinskih valov. Podatke o temperaturi zraka pridobivamo iz prosto dostopne baze Agencije RS za okolje (ARSO ..., 2016). V raziskavo smo vključili meteorološke postaje Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Murska Sobota - Rakičan, Novo mesto - Gotna vas in Rateče, kot razvidno iz slike 7. Pridobljene podatke smo vrednotili s pomočjo statistične analize in v zaključnih sklepih rezultate povezali s teoretičnimi izhodišči.



Slika 7: Obravnavane postaje: 1 - Bilje, 2 - Ljubljana, 3 - Murska Sobota, 4 - Novo mesto, 5 - Rateče (Google ..., 2016)

Pri razumevanju in interpretaciji statistike vročih dni in vročinskih valov sta pomembni nadmorska višina in podnebni tip meteoroloških postaj, vključenih v raziskavo. Iz preglednice 1 namreč vidimo, da so opazovalne postaje nameščene na različnih nadmorskih višinah, in sicer od 55 m nad morjem (Bilje) do 864 m nad morjem (Rateče), ter da ležijo v različnih podnebnih tipih.

Preglednica 1: Nadmorske višine in podnebni tip meteoroloških postaj, vključenih v raziskavo (Ogrin, 1996)

Opazovalne postaje	Nadmorska višina (m)	Podnebni tip
Bilje	55	zaledno submediteransko
Ljubljana - Bežigrad	299	zmernokontinentalno osrednje Slovenije
Novo mesto - Gotna vas	208	zmernokontinentalno osrednje Slovenije
Murska Sobota - Rakičan	186	zmernokontinentalno vzhodne Slovenije (subpanonsko)
Rateče	864	nižji gorski svet

3.1 METEOROLOŠKE METODE

Analiza zajema časovno obdobje zadnjih 50 let, od 1. 1. 1966 do 31. 12. 2015. V analizo zajemamo podatke o najvišji dnevni temperaturi zraka ter na podlagi teh podatkov določamo število vročih dni na leto ter število vročinskih valov. Topli dan označujemo kot dan z maksimalno temperaturo zraka nad 25 °C, ekstremno vroč dan z maksimalno dnevno temperaturo zraka 35 °C ali več, tropsko noč pa kot noč z minimalno temperaturo zraka 20 °C ali več. Vroč dan opredeljujemo kot dan z najvišjo dnevno temperaturo zraka vsaj 30 °C, vročinski val pa kot najmanj 5 zaporednih dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad 29,5 °C. Število vročih dni in vročinskih valov primerjamo tudi glede na obravnavano lokacijo.

3.2 STATISTIČNE METODE

Za analizo smo uporabili program MS Excel. Statistično obdelavo smo pričeli z analizo vročih dni, sledilo je preštevanje vročinskih valov. Podatke o številu vročih dni smo prikazali s stolpičnim diagramom in pri tem smo uporabili aritmetično sredino. Aritmetična sredina je seštevek vseh vrednosti, razdeljen na skupno število teh vrednosti oz. podatkov. Na osnovi podatkov o številu vročih dni po letih smo izračunali enačbo regresijske premice, koeficient determinacije ter statistično značilnost trenda. Statistična značilnost pomeni verjetnost, da sta opazovana razmerje ali razlika v vzorcu enaka razmerju ali razliki v populaciji, iz katerih je bil odvzet vzorec. Model linearne regresije je $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$. Na podlagi vzorčnih vrednosti odvisne (y_i , $i = 1, K, n$) in neodvisne spremenljivke (x_i , $i = 1, K, n$) program izračuna oceno parametrov regresijskega modela a in b (Kastelec in Košmelj, 2010).

4 REZULTATI Z DISKUSIJO

4.1 ŠTEVILO VROČIH DNI

V tem poglavju bomo analizirali in z grafikoni prikazali število vročih dni, izmerjenih na izbranih meteoroloških postajah med letoma 1966 in 2015. Kot vroč dan opredeljujemo dan, ko je najvišja dnevna temperatura zraka vsaj 30 °C.

Na treh postajah so bile rekordne temperature zraka, izmerjene leta 2013, v izjemnem vročinskem valu v začetku avgusta (preglednica 2). V Ljubljani je bil temperaturni rekord zraka izmerjen celo petkrat v šestih zaporednih dneh, stari rekord iz leta 1950 pa presežen kar za 2,6 °C (Razvoj ..., 2013).

Preglednica 2: Najvišja izmerjena temperatura zraka (°C) v začetku avgusta 2013 in najvišja izmerjena temperatura zraka do leta 2013 na opazovalnih meteoroloških postajah. Z rdečo barvo je označena najvišja temperatura zraka izmerjena avgusta 2013, ki je presegla doslej najvišjo temperaturo zraka (Razvoj ..., 2013)

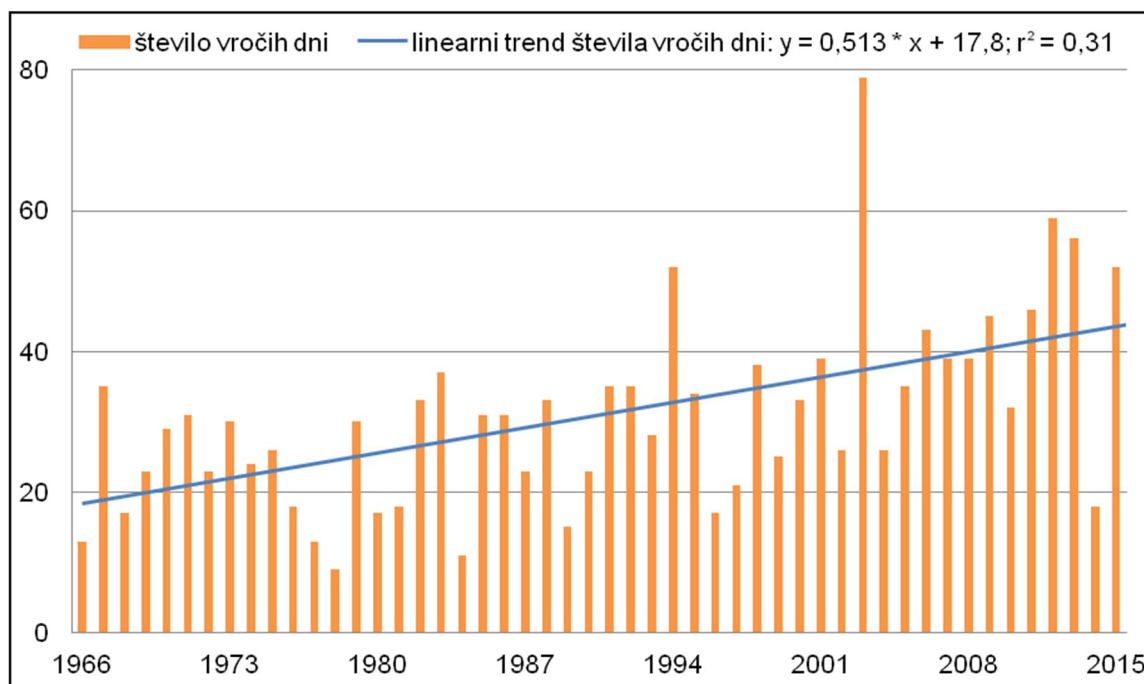
Opazovane postaje	Rekord leta 2013	Datum	Rekord do vključno leta 2012	Datum
Bilje	38,1	8.8.	38,6	21.7.2006
Ljubljana - Bežigrad	40,2	8.8.	37,6	5.7.1950
Novo mesto - Gotna vas	39,9	8.8.	38,4	13.8.2003
Murska Sobota - Rakičan	40,1	8.8.	39,8	5.7.1950
Rateče	35,8	3.8.	36,1	27.7.1983

Vročinski val je takrat nastal kot posledica višinske doline s spremljajočimi cikloni in vremenskimi frontami nad Britanskim otočjem in severneje ter višinskega grebena z zelo toplim zrakom, ki je proti srednji Evropi segal iznad severozahodne Afrike. Izrazit vročinski val je takrat že teden dni vnaprej napovedal meteorološki model Evropskega centra za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF) in evropski sistem opozarjanja pred izrednimi vremenskimi dogodki Meteoalarm, ki je tudi za Slovenijo razglasil prvo (rdečo) ali drugo (oranžno) stopnjo vremenske ogroženosti. V času vročinskega vala se je nato temperatura zraka marsikje zelo približala ali celo presegla 40 °C, v primerjavi s povprečjem obdobja 1991-2010 pa je bila na višku vročinskega vala dnevna najvišja temperatura zraka po nižinah 8-10 °C previsoka (Razvoj ..., 2013).

4.1.1 Bilje

V Biljah pri Novi Gorici se je število vročih dni v zadnjih 50 letih močno povečalo, kar se sklada s prvo delovno hipotezo. Dnevna temperatura zraka je tam v 60. in 70. letih običajno kriterij vročega dneva presegla od 15- do 30-krat letno, v zadnjih 15 letih pa se je to povprečje dvignilo na 35- do 50-krat letno. Na Goriškem še posebej izstopa leto 2003, ko je bilo namerjenih kar 79 vročih dni, Vertačnik (2014) pa v tem letu ugotavlja tudi 18 ekstremno vročih dni (z maksimalno dnevno temperaturo zraka 35 °C ali več). V takratnem izjemnem poletju je temperatura zraka med 15. julijem in 24. avgustom vsak dan presegla 30 °C. Med leta z več vročimi dnevi sodijo tudi leta 1994, 2006, 2009, 2011, 2012, 2013, 2015. V teh letih je število vročih dni letno preseglo 40. Med leti 2000 in 2015 se je temperatura zraka kar v 7 letih več kot 40-krat letno povzpela nad 30 °C, prej pa v 35 letih

le enkrat. Podatki kažejo tudi, da je bilo v prvi polovici obravnavanega obdobja število vročih dni manjše od 20 9-krat, v zadnjih 25 letih pa le 2-krat (slika 8). Ob 99,9% zaupanju trdimo, da povprečno število vročih dni po letih v Biljah narašča. Naraščajoč trend je zelo močno statistično značilen ($p < 0,001$). Vertačnik (2014) v obdobju med 1961 in 2013 v Biljah ugotavlja tudi veliko naraščanje števila tropskih noči (z minimalno temperaturo zraka 20°C ali več), ki je med 1961 in 1990 znašalo 36 tropskih noči, med 1971 in 2000 že 63 in med letoma 1981 in 2013 kar 130 tropskih noči.

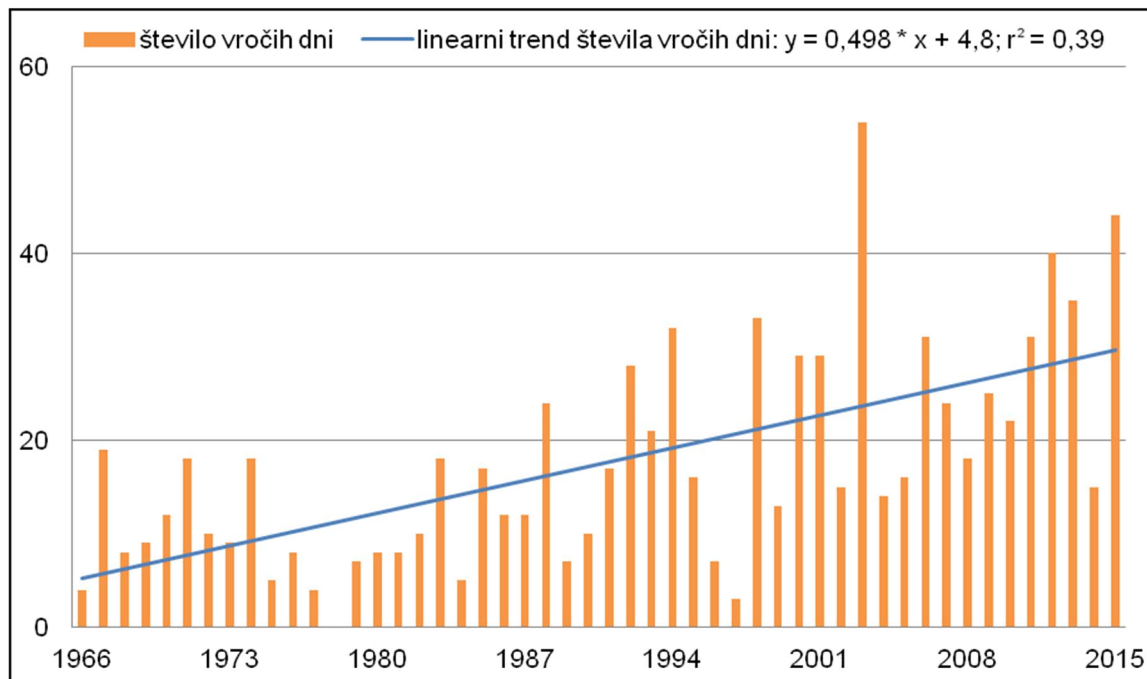


Slika 8: Število vročih dni ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) z vrisanim linearnim trendom v obdobju od 1966 do 2015 za Bilje

4.1.2 Ljubljana - Bežigrad

Število vročih dni se je v zadnjih 50 letih tudi na območju osrednje Slovenije močno povečalo, kar se znova sklada s prvo delovno hipotezo. Trend naraščanja je podoben kot na Primorskem, in sicer se število vročih dni v povprečju dviga za okoli 5 dni na desetletje. Do leta 2000 je bilo število vročih dni na leto pogosto manjše od 10, nazadnje se je to zgodilo pred 19 leti, ko je bilo v Ljubljani le 7 vročih dni. Še posebej nizke temperature zraka smo zabeležili štiri zaporedna leta v 70-tih letih, in sicer 1975, 1976, 1977 in 1978, ko se je temperatura zraka nad $29,5^{\circ}\text{C}$ povzpela le trikrat, najvišja temperatura zraka pa je pri tem dosegla le $29,6^{\circ}\text{C}$. Tudi v Ljubljani močno izstopa leto 2003, ko smo zabeležili kar 54 vročih dni, število pričakovanih vročih dni pa se je iz 10 iz konca 60. let povečalo na kar dobrih 30 (slika 9). Ob 99,9% zaupanju trdimo, da povprečno število vročih dni po letih v Ljubljani narašča. Naraščajoč trend je zelo močno statistično značilen ($p < 0,001$). Dolinar in sod. (2008) na območju Ljubljane ugotavljajo tudi naraščanje povprečne temperature zraka, in sicer že od začetka meritev v 60. letih 19. Stoletja. Ta narašča sprva počasi do 2. svetovne vojne oz. 40. let prejšnjega stoletja, nato sledi približno 30-letno obdobje konstantne temperature zraka, zadnjih 30 let pa beležimo znova naraščanje, ki je hitrejše kot v prvem obdobju. Vsa leta od 1986 dalje so tako nadpovprečno topla, glede

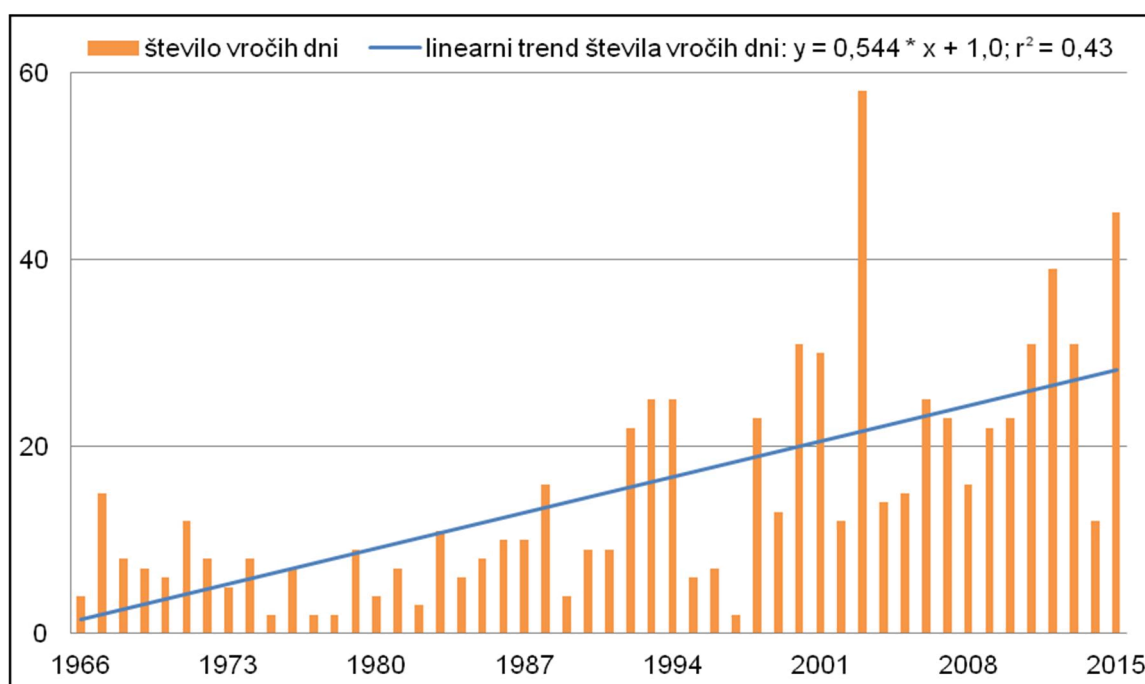
na linearni trend se je povprečna letna temperatura zraka za časa meritev povečala za kar 2,2 °C. Avtorji ugotavljajo tudi povečano število toplih dni (z maksimalno temperaturo zraka nad 25 °C) in tropskih noči (z minimalno temperaturo zraka 20 °C ali več).



Slika 9: Število vročih dni ($T_{max} \geq 30$ °C) z vrisanim linearnim trendom v obdobju od 1966 do 2015 za Ljubljano - Bežigrad

4.1.3 Novo mesto - Gotna vas

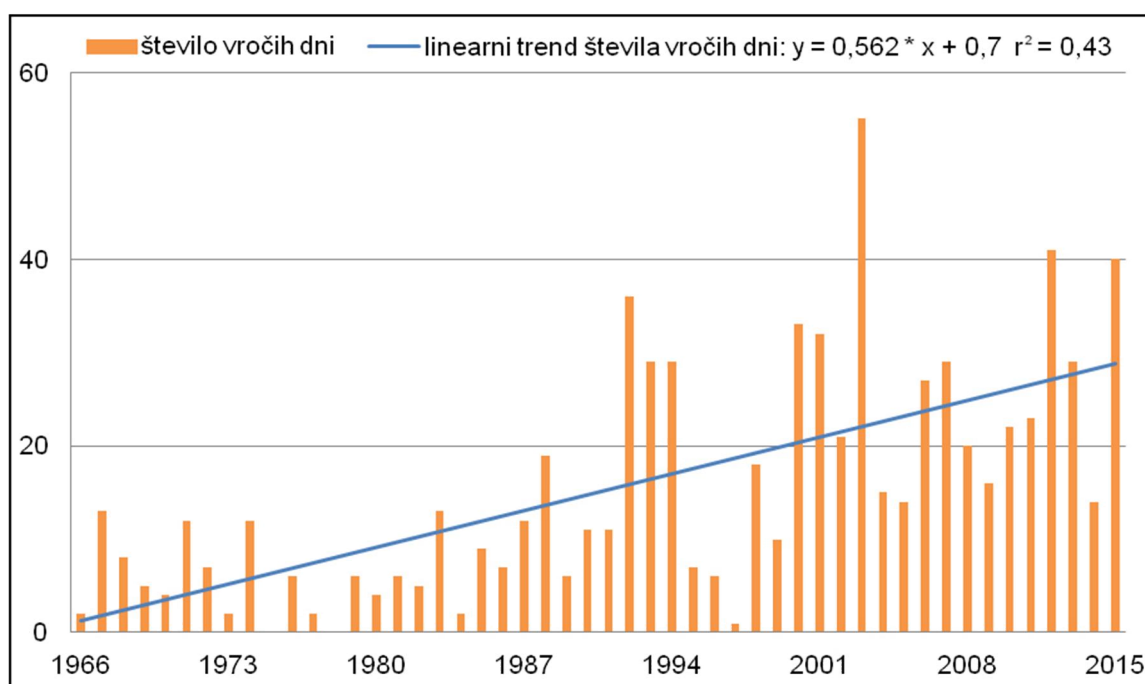
Tudi na območju JV Slovenije je število vročih dni v zadnjih 50 letih močno naraslo, kar se sklada s prvo delovno hipotezo. V Novem mestu med 1950 in 2009 ugotavlja tudi naraščanje povprečne temperature zraka, naraščanje števila toplih dni, ekstremno vročih dni in vročih dni (Vertačnik, 2014). Dolinar in sod. (2010) v istem kraju ugotavljajo spremembo temperature zraka za 0,2 °C na desetletje. Sam trend naraščanja vročih dni je po naših izračunih v Novem mestu podoben kot drugod, in sicer se število vročih dni v povprečju dviga za dobrih 5 dni na desetletje. Ob tem je iz slike 10 dobro razvidno, da v prvi polovici opazovanega obdobja posebnih sprememb ni bilo. Leta 1992, 1993 in 1994 so imela več vročih dni, nato so sledila tri leta z manj vročimi dnevi, po letu 1998 pa število vročih dni v Novem mestu vsako leto dosega ali presega 12 dni. 12 ali več vročih dni se tako po letu 1998 pojavi 18 let zapored, kar se je v predhodnem obdobju 33 let zgodilo le 6-krat. Tudi na tem območju z visokimi temperaturami izstopa leto 2003, vendar manj kot v preostalih delih države. Leta 2003 se je namreč temperatura v Novem mestu nad 29,5 °C povzpela 58-krat, relativno blizu pa sta temu letu tudi leto 2015 s 45 vročimi dnevi in leto 2012 z 39 vročimi dnevi (slika 10). Ob 99,9% zaupanju trdimo, da povprečno število vročih dni po letih v Novem mestu narašča. Naraščajoč trend je zelo močno statistično značilen ($p < 0,001$).



Slika 10: Število vročih dni ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$) z vrisanim linearnim trendom v obdobju od 1966 do 2015 za Novo mesto - Gotna vas

4.1.4 Murska Sobota - Rakičan

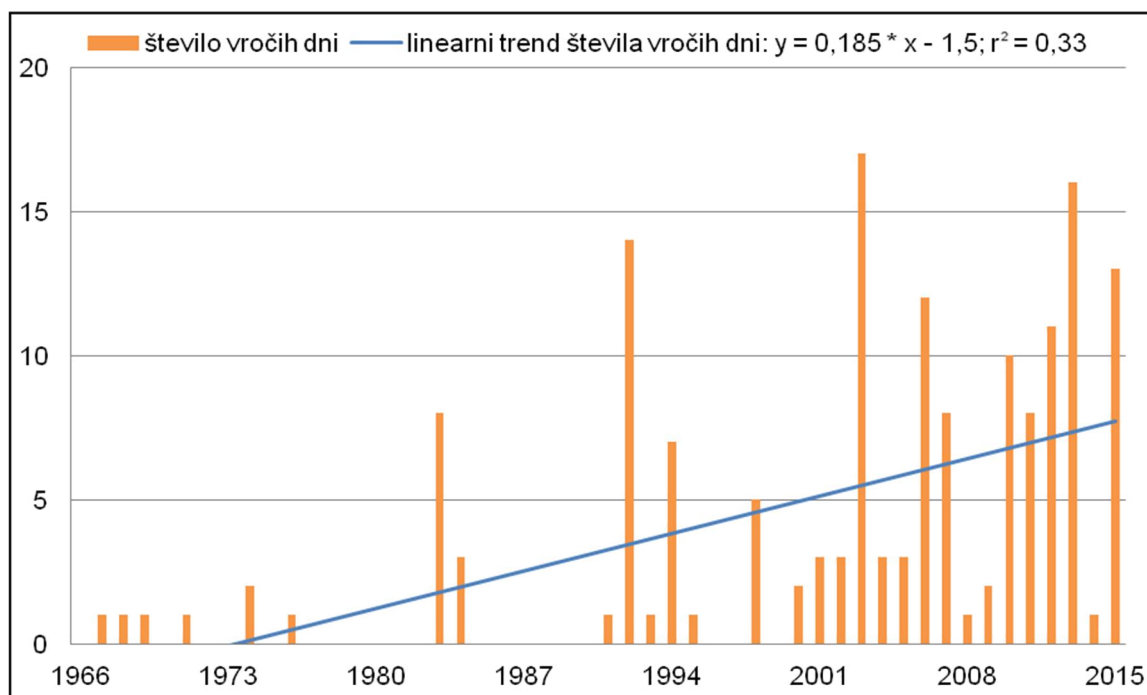
Število vročih dni se je v zadnjih 50 letih na območju SV Slovenije povečalo še nekoliko bolj kot na Primorskem in v osrednjem delu države, saj znaša trend rasti na desetletje skoraj 6 vročih dni letno več. Povečanje števila vročih dni se sklada s prvo delovno hipotezo. Med letoma 1965 in 1991 nikoli ne zabeležimo več kot 20 vročih dni letno, še posebej pa izstopata leti 1975 in 1978, saj temperatura zraka sploh ni presegla $29,5\text{ °C}$. Leta 1966, 1973, 1977 in 1984 je temperatura zraka 30 °C presegla le 2-krat. Tako kot na ostalih območjih izstopa leto 2003, ko je izmerjenih kar 55 vročih dni, vsaj 40 vročih dni pa je bilo še v letih 2012 in 2015. V zadnjih 10 letih smo le enkrat zabeležili manj kot 20 vročih dni letno, in sicer leta 2014. Povprečno število vročih dni se je od začetka do konca opazovanega obdobja povečalo s pet na dobrih 30 vročih dni letno (slika 11). Ob 99,9% zaupanju lahko trdimo, da povprečno število vročih dni po letih v Murski Soboti narašča. Naraščajoč trend je zelo močno statistično značilen ($p < 0,001$). Vertačnik (2014) v Murski Soboti ugotavlja tudi povečanje števila toplih dni, ekstremno vročih dni ter tropskih noči.



Slika 11: Število vročih dni ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$) z vrisanim linearnim trendom v obdobju od 1966 do 2015 za Mursko Soboto - Rakičan

4.1.5 Rateče

Rateče ležijo na nadmorski višini 864 metrov, kjer je število vročih dni precej manjše kot po nižinah. Na tem območju ni nenavadno, če poletje mine brez vročega dne, več kot 10 vročih dni pa je že izjemno. Tudi trend rasti na desetletje je v Ratečah precej manjši kot na drugih opazovanih območjih, in sicer povprečno število vročih dni na leto narašča za slaba dva dneva na desetletje, kar pa se prav tako sklada s prvo delovno hipotezo, da je vročih dni več. Dolinar in sod. (2010) v Ratečah ugotavljajo spremembo povprečne dnevne maksimalne temperature zraka za $0,3\text{ °C}$ na desetletje, kar predstavlja tudi povprečje vseh glavnih slovenskih meteoroloških postaj. Od leta 1966 pa do 1992 je bilo večje število vročih dni le nekajkrat letno, v zadnjih letih pa večinoma beležimo nad 5 vročih dni. Do leta 2000 beležimo poleg tega tudi 20 let, v katerih temperatura zraka ne presega $30,0\text{ °C}$, od leta 2000 naprej pa takih let več ni. Izpostaviti velja tudi, da med letoma 1977 in 1982, torej kar 6 let zaporedoma, temperatura zraka v Ratečah ni dosegla kriterija za vroči dan. Znova pa po številu vročih dni izstopa leto 2003, ko je zabeleženih kar 17 vročih dni. Večje število vročih dni dosegata tudi leti 2013 s 16 in leto 2015 s 13 vročimi dnevi (slika 12). Ob 99,9% zaupanju trdimo, da povprečno število vročih dni po letih v Ratečah narašča. Naraščajoč trend je zelo močno statistično značilen ($p < 0,001$). Tudi v tem kraju tako meteorološke razmere v topli polovici leta pomembno vplivajo na razvoj rastlin in kmetijsko pridelavo (Dolinar in sod., 2010).



Slika 12: Število vročih dni ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$) z vrisanim linearnim trendom v obdobju od 1966 do 2015 za Rateče

4.1.6 Primerjava vročih dni glede na obravnavano lokacijo

V preglednici 3 predstavljamo število vročih dni v zadnjih 50 letih. Postaje ležijo v različnih klimatskih pasovih, zato zaradi različnega števila dni ne moremo ugotavljati, kje je segrevanje večje ali manjše. Primerjamo lahko le Ljubljano, Novo mesto in Mursko Soboto, pri čemer vidimo, da se Murska Sobota najbolj segreva, vidimo pa tudi, da na vseh lokacijah beležimo pozitiven trend naraščanja vročih dni, kar se sklada s prvo delovno hipotezo, da je vročih dni več. Dolinar in sod. (2010) s pregledom meritev reprezentativnih meteoroloških postaj ugotavljajo tudi statistično značilno naraščanje temperature zraka na vseh podnebnih območjih v Sloveniji ter zmanjšanje dnevnega hoda temperature zraka (razlike med minimalno in maksimalno temperaturo zraka). V trendih ugotavljajo izstopanje v Biljah zaradi bližine morja ter razliko med mestnimi (Ljubljana, Celje, Novo mesto) in podeželskimi (Bilje, Rateče, Postojna in Murska Sobota) postajami.

Preglednica 3: Primerjava vročih dni v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

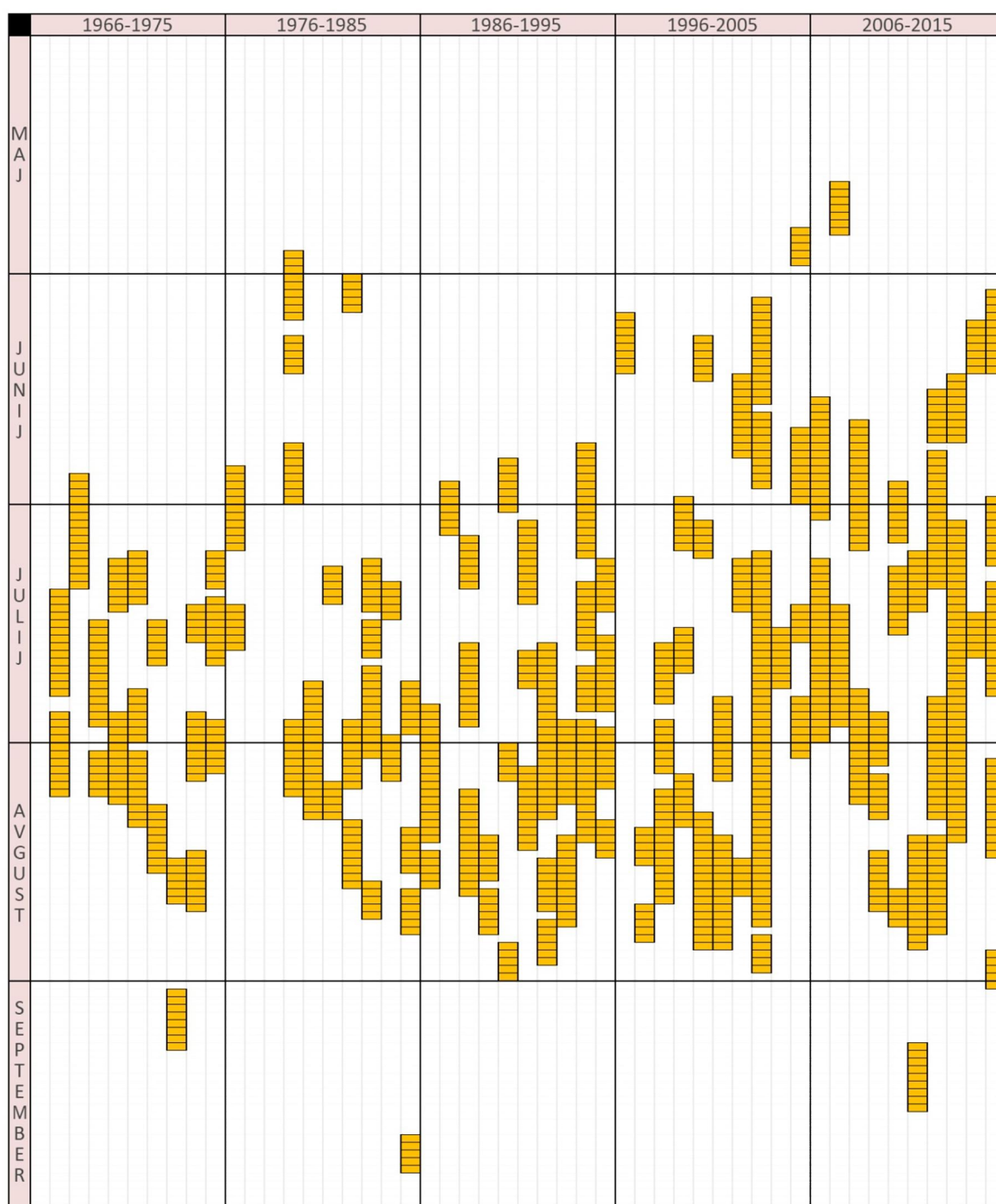
Opazovane postaje	Povprečno število vročih dni na leto	Trend naraščanja vročih dni na 10 let	Statistična značilnost
Bilje	30,9	5,1	$p < 0,001$
Ljubljana - Bežigrad	17,5	5,0	$p < 0,001$
Novo mesto - Gotna vas	14,8	5,4	$p < 0,001$
Murska Sobota - Rakičan	15,0	5,6	$p < 0,001$
Rateče	3,2	1,9	$p < 0,001$

4.2 VROČINSKI VALOVI

Ob večanju števila vročih dni letno se na letni ravni dviga tudi število vročinskih valov, ko maksimalna dnevna temperatura zraka vsaj 5 dni zapored preseže 29,5 °C, kar se sklada z drugo delovno hipotezo: vročinski valovi v Sloveniji so danes pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti. Da se vplivi podnebnih sprememb že odražajo na številu vročinskih valov, ugotavljajo tudi Pogačar in sod. (2016), ob enem pa ugotavljajo zgodnejše pojavljanje slednjih. V zadnjih letih so se ti namreč začeli pojavljati že junija, kar prej ni bilo običajno.

4.2.1 Bilje

Na Primorskem so vročinski valovi precej pogostejši, in sicer se je v opazovanem obdobju le trikrat zgodilo, da vročinskega vala ni bilo, nazadnje leta 1978. Do leta 1990 pri tem ne opazimo izrazitega trenda v dolžini in pogostosti vročinskih valov, letu 1990 pa je sledilo pet zaporednih razmeroma vročih dni z dolgimi vročinskimi valovi. V letih 1996 in 1997 nato beležimo le tri vročinske valove, nato pa začne trend naraščati. Primorsko je še posebej prizadel vročinski val leta 2003. Trajal je kar 49 dni, po enodnevnem premoru pa jim je sledil še en 5-dnevni vročinski val. Zelo dolg je bil tudi vročinski val leta 2013, ki je trajal 42 dni (slika 13). Vročinski valovi v Biljah so tako danes pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti, kar je skladno z drugo delovno hipotezo in ugotovitvami Vertačnikove (2014), ki opozarja tudi na čedalje pogostejše pojave vročinskih valov že ob koncu koledarske pomladi.

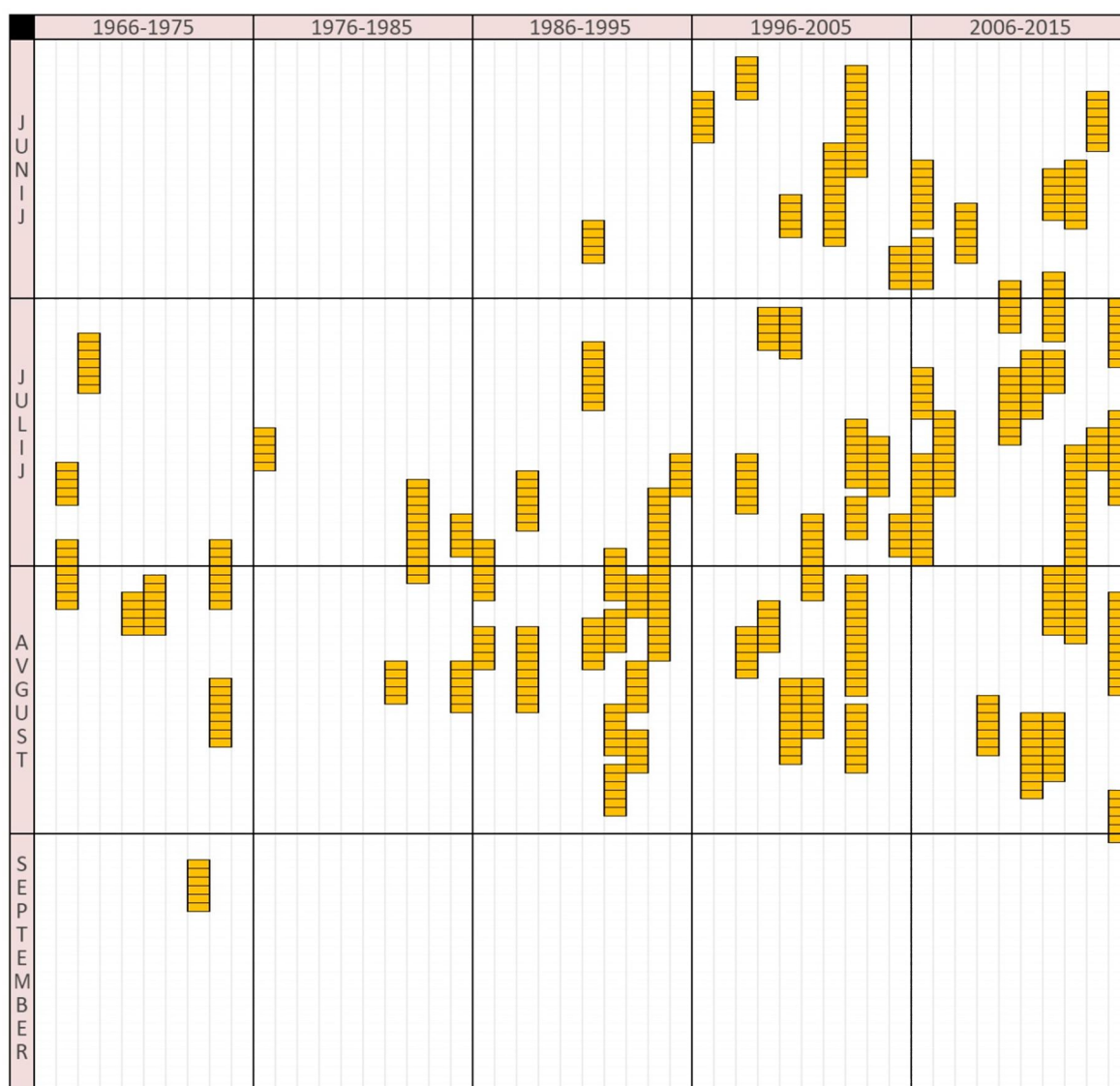


Slika 13: Prikaz števila vročinskih valov (5 dni zapored $T_{max} \geq 29,5^{\circ}\text{C}$) v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za Bilje

4.2.2 Ljubljana - Bežigrad

V Ljubljani so vročinski valovi redkejši kot na Primorskem in med letoma 1965 in 1990 se je tako kar 14-krat zgodilo, da vročinskega vala ni bilo vse leto, sicer pa sta se letno pojavila en ali dva. Zanimiv je septembrski vročinski val leta 1973, ki je bil edini v tem

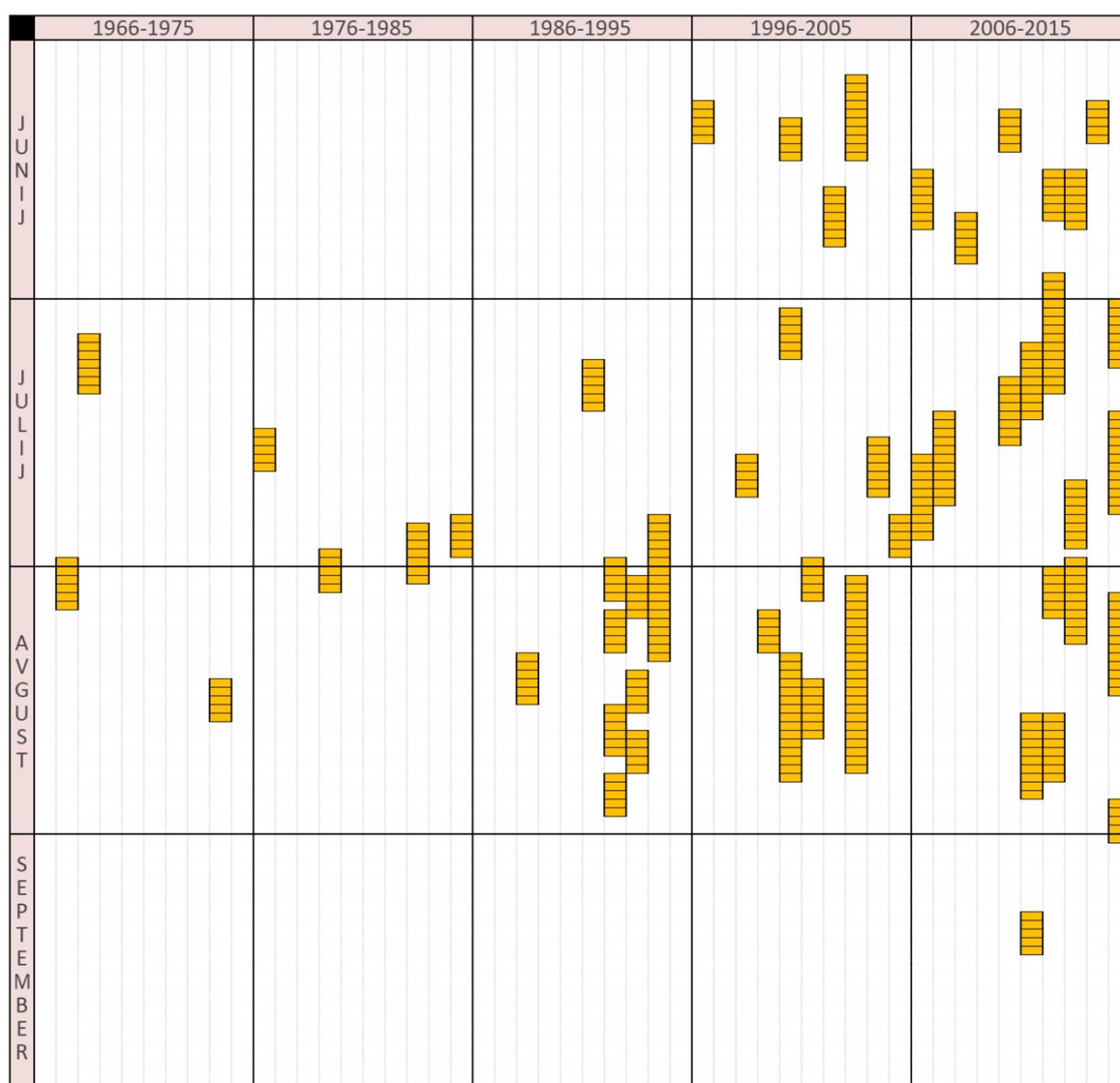
letu. Z začetkom devetdesetih let je bilo vročinskih valov že več ali pa so bili daljši. Leta 1994 je vročinski val trajal kar 20 dni, od leta 1997 naprej pa vročinski val beležimo vsako leto. Izjemno vroče je bilo leto 2003, ko beležimo kar 5 vročinskih valov z 48 vročimi dnevi. Vsak vročinski val leta 2003 je tako trajal v povprečju skoraj 10 dni. Najdaljši vročinski val je v Ljubljani trajal 23 dni, in sicer leta 2013, ko je bila izmerjena tudi rekordno visoka temperatura zraka 40,2 °C (slika 14). Podatki meteorološke postaje so tako skladni z drugo delovno hipotezo, da so danes vročinski valovi pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti. Pogačar in sod. (2016) poleg tega ugotavljajo, da so vročinski valovi v Ljubljani intenzivnejši. Število vročinskih valov se je v obdobju 1986-2010 glede na obdobje 1961-1985 v Ljubljani povečalo s 16 na 45.



Slika 14: Prikaz števila vročinskih valov (5 dni zapored $T_{max} \geq 29,5$ °C) v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za Ljubljano - Bežigrad

4.2.3 Novo mesto - Gotna vas

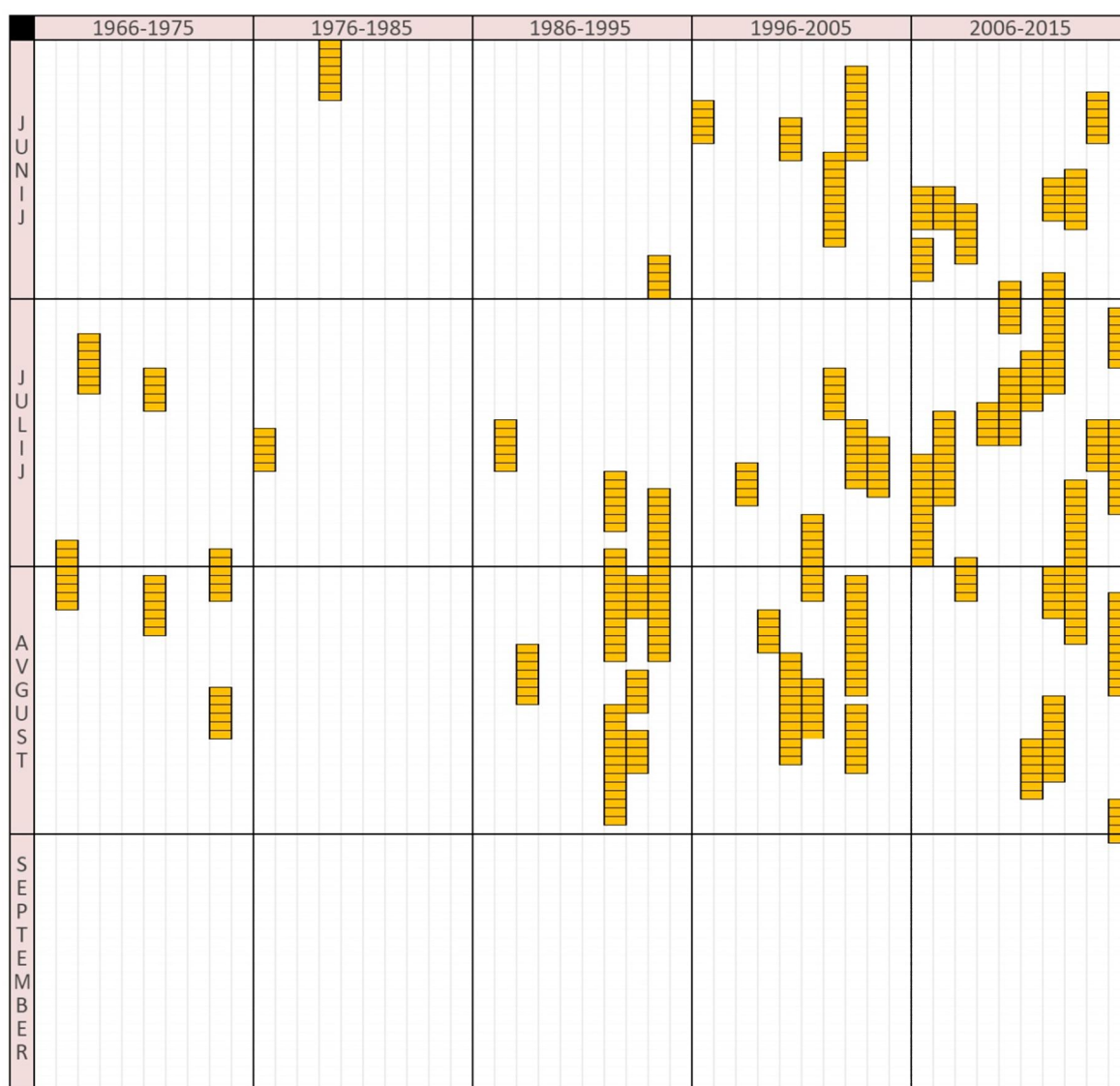
V Novem mestu do leta 1992 beležimo le 10 vročinskih valov, kar predstavlja v povprečju en vročinski val na tri leta in pol, leta 1992 pa nastopijo kar štirje vročinski valovi avgusta. Leta 1993 beležimo tri vročinske valove avgusta, leta 1994 pa enega daljšega, ki je trajal 17 dni. Leta 1995 se začnejo pojavljati vročinski valovi, ki nastopijo že junija, prav tako pa se njihovo trajanje podaljšuje. Leta 2000 tako beležimo 15-dnevni vročinski val, leta 2003 pa 23-dnevni vročinski val. Tudi njihova pogostost z leti raste in tako beležimo v prvi polovici opazovanega obdobja 10 vročinskih valov, v drugem delu opazovanega obdobja pa 43 vročinskih valov (slika 15). Tudi v tem primeru so podatki skladni z drugo delovno hipotezo, da so danes vročinski valovi pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti. Visoke temperature zraka pri tem vplivajo na povečano izhlapevanje, vročinski stres pa kmetijskim rastlinam povzroči hude težave in poškodbe. Previsoke temperature zraka pri tem v kombinaciji s pomanjkanjem vode negativno vplivajo na rast in razvoj rastline, povzročajo poškodbe na njenih listih in plodovih in vplivajo na količino ter kakovost pridelka. V mestnih predelih je problem vročine silovitejši (Vertačnik, 2014).



Slika 15: Prikaz števila vročinskih valov (5 dni zapored $T_{max} \geq 29,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za Novo mesto - Gotna vas

4.2.4 Murska Sobota - Rakičan

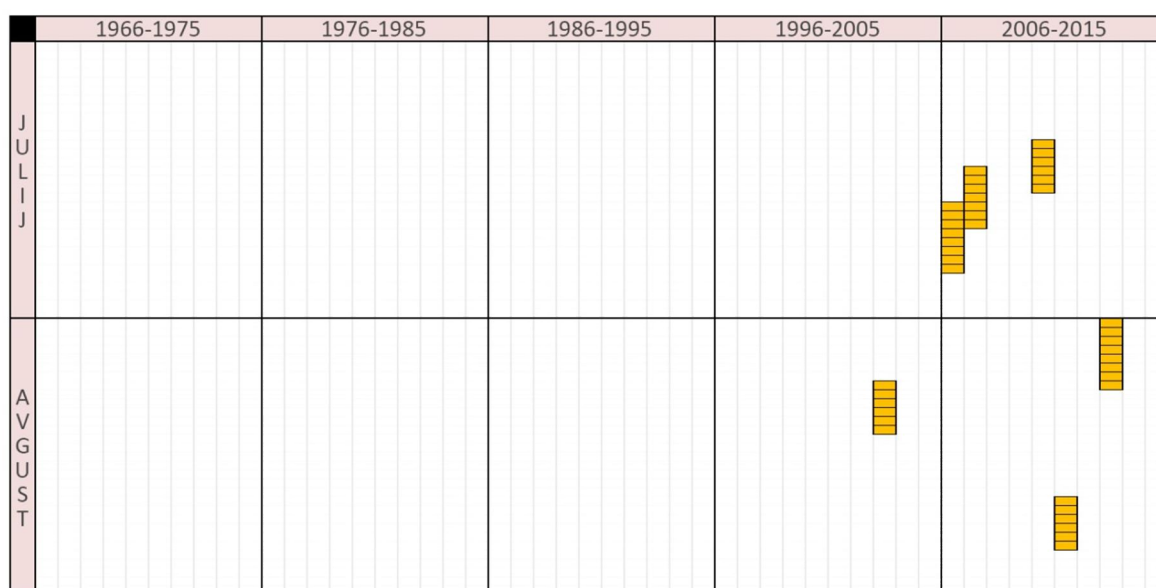
Naraščanje pogostosti vročinskih valov v drugem delu opazovanega obdobja je jasno razvidno tudi iz grafikona meritev za območje Murske Sobote. Do leta 1990 tako na tem območju beležimo 10 vročinskih valov, po letu 1990 pa 46 vročinskih valov, kar predstavlja kar 4,5-kratno povečanje števila vročinskih valov. Vročinski valovi v drugi polovici opazovanega obdobja so tudi daljši, saj v prvi polovici opazovanega obdobja trajajo med 5 in 8 dni, v drugi polovici obdobja pa med 5 in 20 dni (slika 16). Vročinski valovi so na lokaciji danes pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti, kar je skladno z drugo delovno hipotezo in ogroža proizvodnjo hrane zaradi vpliva na kmetijski pridelek ter tudi na opuščanje kmetijskih zemljišč (Zavšek-Urbanič, 2013).



Slika 16: Prikaz števila vročinskih valov (5 dni zapored $T_{max} \geq 29,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za Mursko Soboto - Rakičan

4.2.5 Rateče

V Ratečah so vročinski valovi zaradi višje nadmorske višine zelo redki, med leti 1965 in 2002 tako ne beležimo nobenega. Tudi Pogačar in sod. (2016) s primerjavo med obdobjema 1961-1985 in 1986-2010 izpostavljajo, da do leta 2003 na tem območju vročinskih valov sploh ni bilo. Toliko bolj očiten je zato njihov porast, saj v zadnjih 13 letih beležimo kar 6 vročinskih valov. Najdaljša vročinska vala sta pri tem trajala 8 dni, in sicer leta 2013 in 2006. Absolutno najvišjo temperaturo zraka pa smo zabeležili leta 1983, ko je bilo 27. julija $36,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (slika 17). Vročinski valovi so na lokaciji torej danes zlasti pogostejši, niso pa bistveno daljši, kar se delno sklada z drugo delovno hipotezo. Največje število zaporednih vročih dni v Ratečah je bilo leta 2006, in sicer 8, pri čemer na drugih postajah podobnih rekordov nismo zabeležili (Razvoj ..., 2013).



Slika 17: Prikaz števila vročinskih valov (5 dni zapored $T_{max} \geq 29,5\text{ °C}$) v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 za Rateče

4.2.6 Primerjava vročinskih valov glede na obravnavano lokacijo

V preglednici 4 prikazujemo primerjavo števila vročinskih valov v zadnjih 50 letih za obravnavane lokacije. Iz podatkov vidimo, da se število vročinskih valov v celinskem delu Slovenije približuje številu vročinskih valov na Primorskem. Na Primorskem pa se število ni toliko povečalo, kolikor se je povečala dolžina vročinskih valov. Daljši vročinski valovi imajo močnejše negativne učinke na rastlinstvo in živalstvo kakor več krajših vročinskih valov, čeprav je vročih dni enako. Vročinski valovi so vedno bolj pogostejši predvsem v Ljubljani, Novem mestu in Murski Soboti, kjer v zadnjem desetletju beležimo v povprečju več kot dva vročinska valova. Na osnovi podatkov o številu in dolžini vročinskih valov lahko potrdimo drugo hipotezo, da so vročinski valovi v Sloveniji danes pogostejši in dolgotrajnejši kot v preteklosti.

Preglednica 4: Primerjava števila vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

Obravnavane postaje	1966-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Bilje	20	22	27	26	28
Ljubljana - Bežigrad	8	5	16	20	24
Novo mesto - Gotna vas	3	4	10	13	21
Murska Sobota - Rakičan	6	2	10	14	24
Rateče	0	0	0	1	6

V preglednici 5 prikazujemo število vročih dni v vročinskih valovih od leta 1966 do 2015 glede na obravnavane lokacije. Zanimiva je zlasti desetletje 1976 do 1985, ko se število vročih dni zmanjša, nato pa v zadnjih treh desetletjih narašča. Bistvena razlika je razvidna med številom vročih dni v prvem in zadnjem desetletju. V zadnjih 10 letih denimo beležimo v Ljubljani 4-krat večje število vročih dni kakor v prvem desetletju. Ljubljana

ima v zadnjem desetletju celo večje število vročih dni kakor v prvem desetletju Bilje, v Ratečah pa je število vročih dni primerljivo s tistim v nižinskem svetu v prvem in drugem desetletju. Na osnovi teh podatkov lahko potrdimo prvo delovno hipotezo, da je vročih dni danes več kot v preteklosti.

Preglednica 5: Primerjava števila vročih dni v vročinskih valovih v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

Obravnavane postaje	1966-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Bilje	175	164	253	260	341
Ljubljana - Bežigrad	54	33	112	150	205
Novo mesto - Gotna vas	18	22	65	105	172
Murska Sobota - Rakičan	39	12	87	115	193
Rateče	0	0	0	6	35

V preglednici 6 prikazujemo primerjavo dolžine vročinskih valov v zadnjih 50 letih glede na obravnavane lokacije. Pri tem vidimo, da se je dolžina vročinskih valov najbolj povečala na Primorskem. ARSO je ob vročinskih valovih v preteklosti tudi opozarjal, da je obdobje sušnega in vročinskega stresa za kmetijske rastline najbolj problematično na Primorskem. Visoke temperature zraka in z njimi povezana suša najbolj prizadenejo travnate površine, koruzo, drugo zrnje, prizadeti pa so tudi sadno drevje in vinska trta (Kmetijska ..., 2011).

Preglednica 6: Primerjava razpona trajanja vročinskih valov v dnevih v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

Obravnavane postaje	1966-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Bilje	5-15	5-18	5-23	5-49	5-42
Ljubljana - Bežigrad	5-8	5-12	5-20	5-14	5-23
Novo mesto - Gotna vas	5-7	5-7	5-17	5-23	5-14
Murska Sobota - Rakičan	5-8	5-7	5-20	5-14	5-19
Rateče	/	/	/	6	6-8

V preglednici 7 prikazujemo primerjavo povprečnih dolžin vročinskih valov v zadnjih 50 letih glede na obravnavane lokacije. Tudi pri tem vidimo, da se je dolžina vročinskih valov najbolj povečala na Primorskem, vročinski valovi pa so tudi drugje v povprečju za okoli dva dni daljši. Isto ugotavljajo tudi Pogačar in sod. (2016) ter opozarjajo, da daljše obdobje visokih temperatur zraka močno obremenilno vpliva na ljudi, rastline in živali.

Preglednica 7: Primerjava povprečnega trajanja (v dnevih) vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

Obravnavane postaje	1966-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Bilje	8,9	7,5	9,4	9,6	12,2
Ljubljana - Bežigrad	6,8	6,6	7,0	7,5	8,5
Novo mesto - Gotna vas	6,0	5,5	6,5	8,1	8,2
Murska Sobota - Rakičan	6,5	6,0	8,7	8,2	8,0
Rateče	/	/	/	6,0	7,0

V preglednici 8 prikazujemo primerjavo povprečne temperature zraka vročinskih valov v zadnjih 50 letih glede na obravnavane lokacije. Iz podatkov je razvidno, da se temperatura zraka na vseh nižinskih lokacijah v povprečju dvigne za okoli eno stopinjo.

Preglednica 8: Primerjava povprečne temperature zraka vročinskih valov v zadnjih 50 letih od leta 1966 do 2015 glede na desetletje za obravnavane lokacije Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Novo mesto - Gotna vas, Murska Sobota - Rakičan in Rateče

Obravnavane postaje	1966-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2015
Bilje	31,9 °C	31,5 °C	32,0 °C	32,5 °C	32,8 °C
Ljubljana - Bežigrad	31,5 °C	32,2 °C	32,1 °C	32,2 °C	32,7 °C
Novo mesto - Gotna vas	31,7 °C	31,6 °C	32,4 °C	32,3 °C	32,8 °C
Murska Sobota - Rakičan	31,2 °C	30,6 °C	32,4 °C	32,3 °C	32,6 °C
Rateče	/	/	/	31,6 °C	31,7 °C

4.3 VPLIV VROČINE NA KMETIJSTVO

Ob povečevanju števila vročih dni ter pogostosti in trajanju vročinskih valov moramo posebno pozornost nameniti ugotavljanju in upravljanju vpliva vročine na kmetijstvo. Globalne ocene predvidevajo, da bo zaradi podnebnih sprememb, katerih ključni element je temperatura zraka, cena kmetijske proizvodnje višja vsaj za 10 do 20 % (Sušnik, 2004). Kot kažejo primeri iz preteklih let, vročina namreč v kmetijstvu povzroča veliko škodo in vpliva tudi na kmetijske delavce.

4.3.1 Pridelava

Kmetijstvo je neposredno odvisno od okoljskih vplivov in na izredne vremenske dogodke najbolj občutljiv sektor, saj lahko neugodne vremenske razmere uničijo ali močno prizadenejo kmetijske pridelke in s tem zmanjšajo dohodek na kmetijskem gospodarstvu. V slovenskem kmetijstvu so v zadnjih letih največ škode povzročili toča, neurja in suša (Volk, 2014). Škoda v kmetijstvu zaradi vročine se v povezavi s sušo pojavlja pogosto, in sicer od 16-krat v zadnjih 60 letih, kar 8-krat po letu 1999 (Sušnik, 2013). Kmetijski vidik suše pri tem zajema vpliv nezadostne količine vode v tleh, ki jo kmetijske rastline potrebujejo za normalen razvoj. Predstavlja kombinacijo meteorološke (podaljšano obdobje s pomanjkanjem padavin) in hidrološke (zmanjšana količina vode v rekah, jezerih in podtalnih virih) suše. Če kmetijska suša nastopi v času intenzivne rasti in razvoja kmetijskih rastlin, je pridelek zmanjšan ali pa celo popolnoma uničen (Sušnik, 2004). Višje temperature zraka poleg same suše prinašajo tudi ugodnejše razmere za obsežnejši in

hitrejši razvoj bolezni in škodljivcev, zato se povečujejo stroški varstva rastlin pred škodljivci in boleznimi ter verjetno celotne rastlinske pridelave (Sušnik, 2013).

Vročina pomembno vpliva na kmetijsko pridelavo, njene posledice pa lahko dosežejo raven naravne nesreče, ki po definiciji MKO predstavlja 0,3 promila načrtovanih prihodkov državnega proračuna, tj. okoli 2,5 milijona evrov (Sušnik, 2013). Za naravno nesrečo je bila tako zaradi obsežnosti razglašena meteorološka suša leta 2013, saj je povzročila ocenjeno neposredno škodo na kmetijskih kulturah v skupni višini 106 milijonov evrov, najbolj pa so bili prizadeti pridelek koruze za zrnje, krme s trajnega travinja, jabolk in koruze za silažo (Volk, 2014). Kmetijske suše so v zadnjem desetletju na splošno močno zmanjšale pridelke na velikem delu slovenskega ozemlja, in sicer je primanjkljaj vode od aprila do konca septembra kmetijske rastline prizadel v zadnjih štiridesetih letih kar desetkrat, poseben primer predstavlja tudi trdovratna kmetijska suša leta 2003 (Sušnik, 2004). Škoda zaradi suše leta 2003 je nastala v 190 občinah, neposredna škoda pa je bila ocenjena na 103 milijone evrov. Škoda je bila takrat ugotovljena na več kot 60 % vseh kmetijskih površin v Sloveniji, od česar so največje deleže predstavljali trajni travniki, koruza in pšenica (Sušnik in Kurnik, 2003).

4.3.2 Delavci v kmetijstvu

Vremenske razmere pomembno vplivajo na počutje in razpoloženje ljudi, saj se telo odziva na skupni učinek fizikalnih in kemičnih dejavnikov iz okolja, zato so vročinske obremenitve zaposlenih pomemben vidik vpliva na kmetijstvo. Človek vremenske vplive zazna zavestno s čutili ali pa se nanje odziva podzavestno z vegetativnim živčevjem. Temperatura in vlažnost zraka, gibanje zraka in sevanje predstavljajo pomembne meteorološke spremenljivke, ekstremno nizke temperaturne spremembe zraka lahko vodijo v podhladitev in smrt, pretople pa privedejo do vročinske kapi (Cegnar, 2006). Izpostavljenost vremenskim skrajnostim med delom na terenu lahko delavcem v kmetijstvu povzroči podhladitev, ozeblino, sončarico, vročinsko kap, dehidracijo in kožnega raka (Varovanje ..., 2011).

O vplivu vročine na delavce v kmetijstvu v slovenskem prostoru še nimamo raziskav, tuji avtorji pa vpliv vročine na delavce v kmetijstvu ugotavljajo zlasti v povezavi z vročinskim stresom. Vročinski stres namreč poleg negativnih zdravstvenih posledic v obliki bolezni in poškodb povzroča tudi večjo pogostost nesreč. Neposredni vzroki nesreč pri delu zaradi vročinskega stresa pri tem zajemajo pot v očeh, drseče dlani, zamegljena očala in omotičnost ter izgube zavesti, posredni vzroki nesreč pa fizično neugodje, počasnejše mentalne in fizične reakcije, težave z osredotočanjem na delovne naloge, slabše presojanje ter razdražljivost in jezo (Rosenberg, 2002).

Študija primera Evropske komisije (2015) opozarja, da lahko pride zaradi toplega vremena oz. vročine do dehidracije, vročinske kapi ali sončarice, slednje pa lahko vodijo v poškodbe, izgube zavesti in smrt. Kmetje in delavci na kmetijah so na splošno dovzetni za izčrpanost od vročine in pogosto utrpijo vročinsko kap, kombinacija visoke temperature in vlage zraka pa lahko ustvari pogoje za težave z dihanjem, utrujenost in izgubo zavesti.

5 SKLEPI

V diplomskem delu smo raziskovali pogostost in trajanje vročinskih valov v Sloveniji med 1966-2015 in ugotavljali spremembe v pogostosti in trajanju vročinskih valov ter njihov vpliv na kmetijstvo. Na osnovi ugotovitev oblikujemo priporočila za prilagoditve novim klimatskih razmeram. V naslednjih alinejah povzemamo sklepe diplomskega dela.

- Povprečna najvišja dnevna temperatura zraka od 1965 v Sloveniji narašča.
- Število vročih dni od 1966 v Sloveniji narašča.
- Pogostost vročinski valov od 1966 v Sloveniji narašča.
- Dolžina vročinskih valov od 1966 v Sloveniji narašča.
- Povprečna temperatura zraka vročinskih valov od 1966 v Sloveniji narašča.
- V celinskem podnebju narašča zlasti število vročinskih valov, v sredozemskem podnebju pa dolžina vročinskih valov.
- Dolžina vročinskih valov se je najbolj povečala na Primorskem.
- Naraščanje temperature zraka in pogostosti vročinskih valov ima pomemben vpliv na kmetijstvo.
- Naraščanja temperature zraka za kmetijstvo prinaša tako negativne kot pozitivne posledice.
- Bolj kot vedno večje število vročinskih valov na kmetijstvo vpliva vedno daljše trajanje vročinskih valov.
- Vročina na delavce v kmetijstvu vpliva v obliki posledic vročinskega stresa, kot so zmanjšana produktivnost ali celo nesreče pri delu.
- S prilagoditvami v kmetijstvu lahko ublažimo negativne učinke klimatskih sprememb na kmetijstvo in potenciramo pozitivne učinke.
- Prilagajanje novim klimatskim razmeram zajema izbiro rastlinskih in živalskih vrst ali modifikacijo razmer z novimi kmetijskimi opravili (hlajenje, namakanje, premik lokacij v višje lege). Z omenjenimi kmetijskimi praksami bomo morali izničiti posledice višjih temperatur zraka kot tudi kombinacijo temperatur zraka ter relativne vlažnosti.

6 POVZETEK

V diplomskem delu smo raziskovali pogostost pojavljanja vročinskih valov v Sloveniji in njihov vpliv na kmetijstvo. Vpliv temperaturnih razmer in vročinskih valov na kmetijstvo smo ugotavljali v teoretičnem delu, v empiričnem delu pa s kvantitativnimi vremenskimi podatki ugotavljali temperaturna nihanja skozi čas. Teoretični del temelji na pregledu literature, s katerim predstavljamo različne definicije vročinskih valov in posledice vročinskih valov za kmetijstvo. Med posledicami predstavljamo vplive na rastlinstvo, živinorejo, kmetijska opravila in delavce v kmetijstvu. V empiričnem delu s statistično analizo podatkov o najvišjih dnevni temperaturah zraka s petih slovenskih merilnih postaj (Bilje, Ljubljana - Bežigrad, Murska Sobota - Rakičan, Novo mesto - Gotna vas in Rateče) ugotavljamo temperaturne trende ter spremembe v pojavnosti vročinskih valov v Sloveniji. Rezultati analize jasno kažejo na naraščanje povprečne temperature zraka, na naraščanje števila vročih dni in na naraščanje pogostosti vročinskih valov v Sloveniji. Podatki meteoroloških postaj med letoma 1965 in 2015 izkazujejo porast števila vročih dni, s čimer potrjujemo prvo delovno hipotezo, in porast števila in trajanja vročinskih valov, s čimer potrjujemo drugo delovno hipotezo. Poleg tega ugotavljamo tudi kontinuirano naraščanje povprečne temperature zraka. Do podobnih ugotovitev prihajajo tudi avtorji predhodnih raziskav, ki poleg porasta števila vročih dni ter porasta števila in trajanja vročinskih valov ugotavljajo tudi porast števila toplih dni in toplih noči, ekstremno vročih dni in tropskih noči ter zgodnejše pojavljanje vročinskih valov. Rekordne temperature zraka se v zadnjih desetletjih pojavljajo vse pogostejše, najhujše temperaturne ekstreme in s tem največje posledice pa smo v zadnjih 2 desetletjih v Evropi in Sloveniji zabeležili v okviru vročinskih valov leta 2003 in 2013. Čeprav se temperaturni ekstremi pogostejše pojavljajo v vseh regijah, so obdobja vročinskega stresa s stališča kmetijstva najbolj problematična na Primorskem, prizadenejo pa zlasti travnate površine, zrnje, sadno drevje in vinsko trto.

V povezavi s spoznanji teoretičnega dela in v povezavi s prvo in drugo delovno hipotezo potrjujemo tudi tretjo delovno hipotezo, da sta rastlinska in živinorejska pridelava občutljivi na povečano število vročih dni in vročinskih valov. Daljše obdobje visokih temperatur zraka močno obremenilno vpliva na rastline in živali. Naraščanje temperature zraka, števila vročih dni in pogostosti pojava vročinskih valov Sloveniji zato prinaša pomembne spremembe pogojev za kmetijsko dejavnost ter pomembne izzive tako na področju poljedelstva kot na področju živinoreje. Vročinski valovi pri tem prinašajo tako negativne, kot tudi pozitivne vplive in pogojno pozitivne vplive, ki jih moramo prepoznati in izkoristiti, da bomo lažje izničili negativne ekonomske vplive negativnih učinkov visokih temperatur zraka na zdravje in produktivnost rastlin in živali ter na delovno učinkovitost delavcev v kmetijstvu. Podnebne spremembe za kmetijstvo ne pomenijo le grožnje, ampak tudi priložnost za vzpostavitev novih delovnih praks. Da priložnosti izkoristimo, moramo pravočasno pripraviti strokovno podprte podlage za prilagajanje novim razmeram. Na ravni živinoreje in kmetijstva moramo razmisliti o iskanju primernejših vrst za drugačne klimatske razmere oz. za modifikacijo novih razmer z različnimi ukrepi, kot so dodatno namakanje, hlajenje ali prostorski premiki v višje lege. Nove razmere s tem prinašajo nova kmetijska opravila, ki jih moramo vključiti v siceršnje kmetijske prakse.

Pri obravnavanju posledic vročinskih valov moramo biti pozorni na dejstvo, da učinki ekstremnih vremenskih dogodkov kot je vročinski val, ne prinašajo istih posledic kot postopno temperaturno spreminjanje zraka. Ob merjenju vročinskih valov moramo zato meriti tudi povprečne temperature zraka ter upoštevati, da je opredelitev vročinskega vala v teoriji in da je učinek vročinskega vala v praksi vezan na siceršnje lokalne podnebne pogoje. Če kmetijske prakse prilagajamo povprečnim podnebnim razmeram, s tem tako rastlinstvo kot živino pripravljamo tudi na temperaturne ekstreme, ki pa postajajo s splošnimi spremembami povprečij pravzaprav manj ekstremni. Novim razmeram se prilagajamo z lokacijskimi spremembami, časovnimi prilagoditvami, spremembami rastlinskih in tudi živalskih vrst, spremembami podpornih snovi zaradi drugačnih bolezni in zajedavcev ter vpeljevanjem dodatnih praks, kot so namakanja, senčenja, hlajenja, prezračevanja ipd.

Negativne posledice temperaturnih sprememb zraka pa se ne omejujejo zgolj na rastline in živali, ampak so pomembne tudi z vidika vpliva na delavce v kmetijstvu. Zaradi vpliva vročine na delovno učinkovitost zaposlenih se lahko pojavijo negativne posledice na ravni obsega proizvodnje in na ravni nesreč pri delu. Negativni vplivi vročine na delavce v kmetijstvu so pri tem vezani na padec fiziološke funkcije človeškega organizma pod vplivom spremenjenih temperaturnih pogojev, ki lahko pri ekstremnih temperaturah zraka povzročijo tudi sončarico, vročinsko kap, izgubo zavesti, dehidracijo, poškodbe, nesreče, počasnejše mentalne in fizične reakcije, težave z osredotočanjem, težave s presojanjem in razdražljivostjo.

7 VIRI

- Antle J. 1996. Methodological issues in assessing potential impacts of climate change on agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80, 1: 67-85
- ARSO, Agencija RS za okolje. 2016. ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (23. januar 2016)
- Avendaño-Reyes L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones. V: *Milk production - an up-to-date overview of animal nutrition, management and health*. Narongsak C. (ur.). Rijeka, Intech: 165-184
- Baddour O. 2010. Climate monitoring and assessment definition of climate extreme events. Genewa: World Meteorological Organization, Commission for Climatology
<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/mg/documents/Doc6-2-4.pdf>
(12. marec 2016)
- Barriopedro D., Fischer E. M., Luterbacher J., Trigo R. M., García-Herrera R. 2011. The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332, 6026: 220-224
- Bergant K., Kajfež Bogataj L., Sušnik A., Cegnar T., Črepinšek Z., Kurnik B., Dolinar M., Gregorič G., Rogelj D., Žust A., Matajc I., Zupančič B., Pečenko A. 2004. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 165 str.
- Bureau of Meteorology. 2016. Heatwave forecast.
<http://www.bom.gov.au/weather-services/about/heatwave-forecast.shtml>
(15. februar 2016)
- Cegnar T. 2006. Biovreme. Ljubljana, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo: 1 str.
http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Vpliv_vremena_na_pocutje_in_razpolozenje.pdf
(1. december 2016)
- Cegnar T. 2012. Vpliv vremena in podnebja na ljudi. V: *Okolje, v katerem živimo*. Jesenko T., Turk I., Turšič J., Žlebir S. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 33-49
- Cegnar T., Zupančič M. 2007. Podnebne spremembe v 2006. Ljubljana, Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo: 5 str.
- Chmielewski F. M., Muller A., Bruns E. 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 1/2: 69-78

- Ciais P., Reichstein M., Viovy N., Granier A., Ogée J., Allard V., Chevallier F. 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437, 7058: 529-533
- DMI, Danmarks Meteorologiske Institut. 2015. Landsdækkende varmebølge og regionale hedeølger
<http://www.dmi.dk/nyheder/arkiv/nyheder-2015/07/landsdaekkende-varmeboelge-og-regionale-hedeboelger/> (15. februar 2016)
- Dole R., Hoerling M., Perlwitz J., Eischeid J., Pegion P., Zhang T., Murray D. 2011. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave? *Geophysical Research Letters*, 38, 6: 1-5
- Dolinar M., Nadbath M., Vičar Z. Vertačnik G., Pavčič B. 2008. Zgodovina podnebnih podatkov v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 43 str.
- Džuban T., Turza J., Turk B., Ciglar R., Zupančič B., Batič F. 2001. Onesnaženje zraka in kmetijska pridelava - vpliv ozona na nastanek listnih poškodb, neto fotosintezo in biomaso klonov plazeče detelje. V: Zbornik predavanj in referatov 5. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin v Čatežu ob Savi od 6. do 8. marca 2001. Dobrovoljc D., Urek G., Maček J., (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 46-52
- Emberson L. D., Kitwiroon N., Beevers S., Büker P., Cinderby S. 2013. Scorched Earth: how will changes in the strength of the vegetation sink to ozone deposition affect human health and ecosystems? *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 14: 6741-6755
- Field C. B. (ur.) 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, New York, Cambridge University Press: 356 str.
- Fischer E. M., Schär C. 2010. Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3, 6: 398-403
- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M., Peterson T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19, 3: 193-212
- Friedrich K., Bissolli P. 2011. Analysis of Temperatures and Precipitation recorded at stations in Eastern Europe during the heat wave in summer 2010. Deutscher Wetterdienst, Business Area Climate and Environment.
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20110124_hitzewelle_russland_de.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (22. avgust 2016)
- Giorgi2. 2012. July 2006 land surface temperature anomaly wrt 2000-2012 derived from Modis Terra data.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe_2006_Heatwave.png (1. junij 2016)

- Gjeset Schjøberg U. 2013. Heat waves take a toll in Stockholm.
<http://sciencenordic.com/heat-waves-take-toll-stockholm> (15. februar 2016)
- Glickman T. S., Zenk W. 2000. Glossary of meteorology. Boston, American Meteorological Society: 356 str.
- Goole Maps. 2016.
<https://www.google.com/maps> (13. avgust 2016)
- Hajat S., Kovats R. S., Atkinson R. W., Haines A. 2002. Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, 5: 367-372
- Hall T., Charley B., Schmidt R. 2015. Heat-challenged cows hate hot, spoiled rations.
<http://www.progressivedairy.com/topics/feed-nutrition/heat-challenged-cows-hate-hot-spoiled-rations> (24. maj 2016)
- Hughes L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already. *Tree*, 15, 2: 56-61
- Kajfež Bogataj L. 2005. Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 1: 11-40
- Kajfež Bogataj L., Črepinšek Z. 2003. Možni vplivi spremenjene klime na kmetijstvo. V: *Ranljivost slovenskega kmetijstva in gozdarstva na podnebno spremenljivost in ocena predvidenega vpliva*. Sušnik A. (ur.). Ljubljana, ARSO: 47-71
- Kastelec D., Košmelj K. 2010. *Osnove statistike z Excelom 2007*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 251 str.
- Kmetijska suša najbolj pereča na Primorskem in Goriškem. ARSO, Agencija RS za okolje (14. julij 2011)
<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/agromet/product/document/sl/susa14072011.pdf> (1. avgust 2016)
- Koppe C., Kovats S., Jendritzky G., Menne B. 2004. Heat-waves: risks and responses. *Health and Global Environmental Change. Series, No. 2*. Dublin, World Health Organisation: 23 str.
- Kurnik B. 2014. Analiza vpliva podnebja na vodni primanjkljaj v kmetijskih tleh v Evropi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za matematiko in fiziko: 95 str.
- Maslin M. 2007. Globalno segrevanje, zelo kratek uvod. Ljubljana, Krtina: 14 str.
- McKersie B. D., Lesheim, Y. 2013. Stress and stress coping in cultivated plants. New York, Springer Science & Business Media: 236 str.

- Met Office, UK's National Weather Service. 2015a. Heat-health watch.
<http://www.metoffice.gov.uk/public/weather/heat-health> (15. februar 2016)
- Met Office, UK's National Weather Service. 2015b. What is the jet stream?
<http://www.metoffice.gov.uk/learning/wind/what-is-the-jet-stream> (15. februar 2016)
- NOAA, National centers for environmental information. 2016a. Global Analysis - Annual 2015.
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513> (13. junij 2016)
- NOAA, National centers for environmental information. 2016b. Global Analysis - Spring 2016.
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201603> (13. junij 2016)
- NWS, National Weather Service. 2011. Heat Indeks.
<http://www.srh.noaa.gov/jetstream/global/hi.htm> (15. februar 2016)
- Ogrin D. 1996. Podnebni tipi v Slovenji. *Geografski vestnik*, 68, 1: 39-56
- Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., Van der Linden P. J., Hanson C.E. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press: 976 str.
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf (25. februar 2016)
- Parsons K. 2002. Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. New York, Crc Press: 635 str.
- Pogačar T., Zalar M., Črepinšek Z., Kajfež-Bogataj L. 2016. Vročinski valovi v Sloveniji. V: Z znanjem in izkušnjami v nove podjetniške priložnosti, zbornik referatov. Maček Jerala M. (ur.). Strahinj, Biotehniški center Naklo: 58-64
- Razvoj vremena v Sloveniji v tretjem vročinskem valu poleti 2013. ARSO, Agencija RS za okolje. Državna meteorološka služba (14. avgust 2013)
http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/PURES/Tretji_vrocinski_val_poletja_2013.pdf (1. avgust 2016)
- Ray D., Lainio P. 2015. First heatwave for Adelaide in 2010. Media Release. Adelaide, Bureau of Meteorology, South Australian Climate Section: 123 str.
- Rebetez M., Dupont O., Giroud M. 2009. An analysis of the July 2006 heatwave extent in Europe compared to the record year of 2003. *Theoretical and Applied Climatology*, 95, 1/2: 1-7

- Robinson P. J. 2001. On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*, 40, 4: 762-775
- Rosenberg H. 2002. Battling heat stress in agricultural work. Berkeley, University of California at Berkeley: 32 str.
- Rossi F. 2008. Code of attitudes to prevent impacts between agriculture and climate change. Bruchem, International Society for Agricultural Meteorology: 12 str.
- Sillman S. 1999. The relation between ozone, NO_x and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. *Atmospheric Environment*, 33, 12: 1821-1845
- SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. 2015. Värmebölja. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/varmebolja-1.22372> (15. februar 2016)
- Sušnik A. 2004. Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 40 str.
- Sušnik A. 2013. Kmetijska suša - od sledenja do upravljanja. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 26 str.
- Sušnik A., Kurnik B. 2003. Katastrofalna kmetijska suša leta 2003. *Ujma*, 3, 17/18: 54-60
- Sušnik A., Pogačar T., Žust A., Gregorič G. 2010. Zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu. V: Okolje se spreminja. Podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje. Cegnar T. (ur.). Ljubljana, Agencija RS za okolje: 156-158
- Sušnik A., Valher A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. *Ujma*, 26, 1: 55-69
- Šelb Šemerl J., Tomšič S. 2008. Vpliv vročinskih valov na umrljivost. *Isis*, 17, 7: 34-37
- Tonneijck A. E. G., Van Dijk C. J. 2002. Assessing Effects of Ambient Ozone on Injury and Yield of Bean with Ethylenediurea (Edu): Three Years of Plant Monitoring at Four Sites in The Netherlands. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77, 1: 1-10
- Trenberth K. E., Jones P. D., Ambenje P. G., Bojariu R., Easterling D. R., Klein Tank A. M. G., Parker D. E., Renwick J. A. 2007. Observations: surface and atmospheric climate change. V: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., (ur.). Cambridge, Cambridge University Press: 235-336
- Vasquez T. 2011. The russian inferno of 2010. <http://www.weatherwise.org/Archives/Back%20Issues/2011/March-April%202011/russian-inferno-full.html> (23. junij 2016)

Varovanje zdravja in zagotavljanje varnosti delavcev v kmetijstvu, živinoreji, vrtnarstvu in gozdarstvu. 2011. Luxembourg, Urad za publikacije Evropske unije: 169 str.
<http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=7802&langId=sl> (20. julij 2016)

Vautard R., Honore C., Beekmann M., Rouil L. 2005. Simulation of ozone during the August 2003 heat wave and emission control scenarios. *Atmospheric Environment*, 39, 16: 2957-2967

Vertačnik M. 2014. Ekstremne temperature in njihova spremenljivost v Sloveniji v obdobju 1961-2013. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 36 str.

Volk T. 2014. Poročilo o stanju kmetijstva, živilstva, gozdarstva in ribištva v letu 2013. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 228 str.

Zavšek-Urbančič M. 2013. Prilagajanje kmetijstva na posledice podnebnih sprememb in zmanjševanje škod zaradi naravnih in drugih nesreč v kmetijstvu. V: 24. Mišičev vodarski dan, 4. december 2013, Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor: 134-141

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, prof. dr. Lučki KAJFEŽ-BOGATAJ, za vodenje in strokovno usmerjanje pri pripravi diplomske naloge.

Iskrena hvala tudi recenzentki doc. dr. Zaliki ČREPINŠEK za natančen pregled dela.

Hvala tudi vsem prijateljem, ki ste mi z nasveti, pregledovanjem ali samo s poslušanjem pomagali pri uspešnem zaključku diplomskega dela.

Največji HVALA pa gre mojim najdražjim, ki so mi vsa študijska leta nesebično stali ob strani, mi omogočali študij in me na vsakem koraku podpirali, da sem lahko uspešno zaključil pomembno poglavje svojega življenja.