

# VROČINSKI VALOVI V POVEZAVI Z ZDRAVJEM IN PRODUKTIVNOSTJO

## HEAT WAVES IN RELATION TO HEALTH AND PRODUCTIVITY

UDK 551.586:551.524

### Tjaša Pogačar

dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, tjas.pogacar@bf.uni-lj.si

### Mateja Zalar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, mateja.zalar@bf.uni-lj.si

### Lučka Kajfež Bogataj

dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

#### Povzetek

Pogostnost in jakost vročinskih valov se v velikem delu Evrope zaradi podnebnih sprememb veča. Visoke temperature zraka močno vplivajo na zdravje in produktivnost prebivalstva, še posebej v mestih. Analiza za Ljubljano in Celje (1961–2015) je pokazala, da je vročinskih valov tudi v Sloveniji vedno več, da se začenejo prej in končujejo pozneje ter da se njihova jakost veča. Definicija vročinskega vala je bila določena na podlagi literature in izkušenj, uporabili pa smo tudi indeks HMWId. Predstavljamo delni pregled literature v povezavi z zdravjem in smrtnostjo ter s produktivnostjo delavcev. Znanje o prihodnjih še intenzivnejših vročinskih valovih je pomembno za odločevalce, delodajalce in tudi za sile za zaščito, reševanje in pomoč, ki potrebujejo ocene zdravstvenih, gospodarskih in družbenih vplivov vročinskih valov. Delodajalci se morajo zavedati tveganj in poskrbeti, da se ta vedenja razumejo in upoštevajo ter da s primerni ukrepi ohranijo produktivnost, pa tudi zdravje in varnost zaposlenih. Predstavljeni so tudi začetki petletnega evropskega projekta Heat-Shield v okviru programa Obzorja 2020.

#### Abstract

The frequency and intensity of heat waves have been increasing in a major part of Europe due to climate change. High air temperatures have an important impact on human health and productivity, especially in cities. The analysis conducted for Ljubljana and Celje (1961–2015) has shown that the number of heat waves has been increasing in Slovenia as well, that heat waves have been starting earlier and ending later, and that their intensity has been increasing. The definition of a heat wave has been determined on the basis of literature and experiences, and additionally, the HMWId index. A partial overview of literature on the subject of heat wave impacts on health, mortality and labour productivity is added. Knowledge about future, even more intense heat waves is of great importance for decision makers, employers, and civil protection, all of whom need assessments of medical, economic and social impacts of heat waves. Employers have to take these risks into account, and ensure that this knowledge is understood and taken into consideration and that appropriate actions are taken to maintain the productivity as well as health and security of employees. The objectives and goals of the 5-year European Heat-Shield project under Horizon 2020 are also presented.

## Uvod

Podnebne spremembe že vplivajo na kakovost življenja ljudi. Vse več je dokazov, da višje temperature zraka, spremenjen padavinski režim in večja pogostnost ekstremnih vremenskih dogodkov močno vplivajo tudi na zdravje in produktivnost prebivalstva. V Evropi temperatura zraka precej bolj narašča kot na drugih območjih (EEA, 2010), prav tako v Sloveniji. V Evropi so izmed naravnih katastrof, ki se pojavljajo v zadnjih desetletjih, vročinski valovi povzročili največ človeških žrtev, zato pojav ekstremne vročine za družbo predstavlja vedno večji izziv. Milijoni Evropejcev občutijo težave

zaradi vročinskih valov v poletnih mesecih, še posebej v specifičnih poklicih, izpostavljenih neposrednim ali posrednim vremenskim vplivom (Kjellstrom, 2009). Prevroče delovno okolje ni le vprašanje udobja, temveč zaščite zdravja delavcev ter ohranjanja njihove produktivnosti. Poleg tega smo v zmernih podnebnih vročih razmer nevarjeni in nanje nismo aklimatizirani, zato jih težje prenašamo kot prebivalci območij, kjer so višje temperature zraka pogostejše.

Vse projekcije bodočih podnebnih razmer kažejo, da bodo zelo vroči dnevi nastopili še pogostejše in z ekstremnejšimi najvišjimi dnevnimi temperaturami zraka.

Cilj	Rezultat
Napoved prihodnjih vremenskih vzorcev za različne podnebne scenarije	Podrobne informacije o delovnih pogojih v različnih regijah po Evropi
Ocena vplivov vročinskih valov na zdravje in produktivnost delavcev za različne podnebne scenarije	Poznavanje potencialnih vplivov na zdravje in produktivnost delavcev v strateških panogah industrije v EU
Iskanje rešitev za spodbujanje zdravih razmer in preprečevanje boleznih delavcev	Tehnične rešitve, ki bodo zmanjšale vročinski stres delavcev
Oblikovanje pomembnih smernic za spodbujanje zdravih razmer in preprečevanje boleznih delavcev	Normativna sredstva za spodbujanje zdravih razmer in preprečevanje boleznih delavcev, ki temeljijo na natančnih podatkih o vplivih vročinskega stresa
Razvoj spletnega portala, na katerem so predvidene nevarnosti za zdravje delavcev in ukrepi za prilagajanje	Prosto dostopni portal z informacijami o predvidenih nevarnostih za zdravje delavcev in o smernicah delovanja za pomembne deležnike
Presoja učinkovitosti oblikovanih strategij	Ocena zdravstvenih, gospodarskih in socialnih koristi pripravljenih strategij ter njihovega vpliva na zmanjšanje neenakosti
Preglednica 1: Pregled predvidenih rezultatov petletnega evropskega projekta Heat-Shield (2016–2020)	
Table 1: Overview of planned results of the 5-year European Heat-Shield project (2016–2020)	

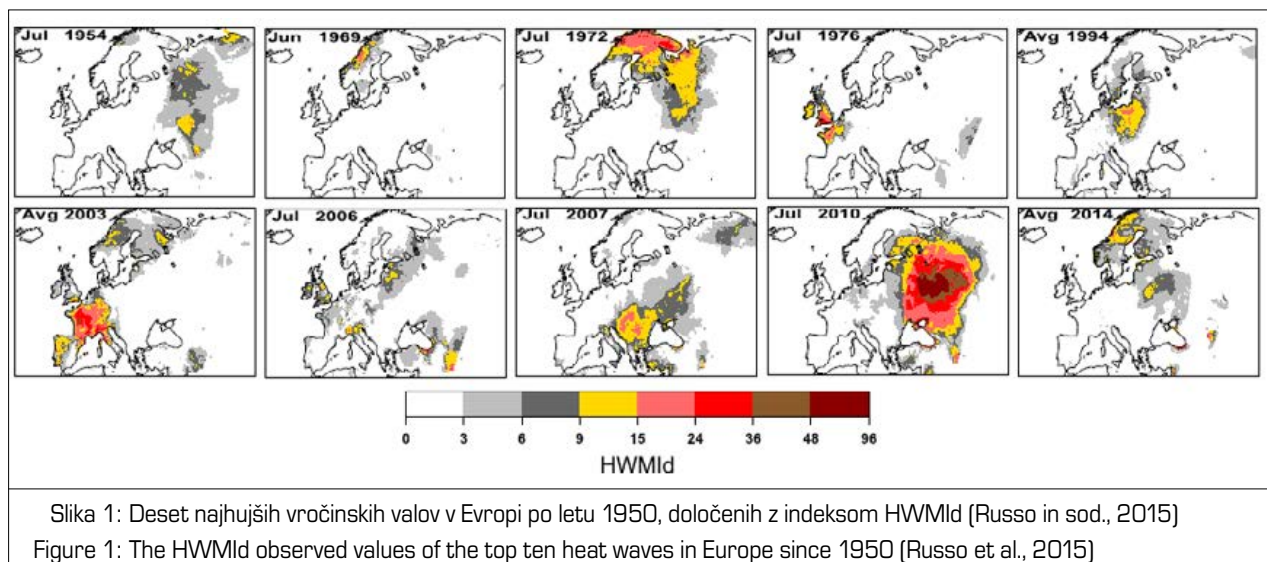
Posebno pozornost pri obravnavi vročinskega stresa posvečamo starejšim od 60 let, pri katerih telo pri visokih temperaturah zraka in sočasni visoki vlažnosti shranjuje več toplote. To lahko vodi v z vročino izzvano bolezen ali celo smrt. Starostne spremembe spreminjajo toplotno fiziologijo telesa na zapleten način, ki vpliva na zbranost in delovne sposobnosti, še posebej v toplih okoljih. Delovno prebivalstvo v Evropi se močno stara, zato je ta poudarek še pomembnejši. Nezanemarljive so tudi razlike med moškimi in ženskami, saj se ženskam na enakem delovnem mestu in pri enakem fizičnem delu zaradi v povprečju manjše površine telesa bolj povečata srčni utrip in krvni tlak ter se lahko tudi bolj pregrejejo.

Biotehniška fakulteta skupaj z Inštitutom Jožef Stefan in podjetjem odelo Slovenija, d.o.o., sodeluje v evropskem projektu Heat-Shield. Raziskave kažejo, da se s staranjem delovne sile zmanjšuje njena odpornost na vročinski stres, kar povečuje negativne učinke na produktivnost. Vse bolj pomemben je zato razvoj strategij za blaženje škodljivih vplivov rastočih temperatur delovnega okolja na zdravje in gospodarstvo. Pri tem je razvoj sistema za izboljšanje odpornosti evropskih delavcev na vročino drugačen od razvoja strategij in priporočil za splošno

javnost. Čeprav je najhitreje rastoča starostna skupina delovne sile nad 55 let, poteka zelo malo raziskav na temo toplotnih zahtev starejših delavcev. Srce evropskega gospodarstva predstavljajo industrija, gradbeništvo, transport, turizem in kmetijstvo. Skupaj predstavljajo 40 % BDP Evropske unije in zajemajo 50 % njene delovne sile (OECD, 2015). Ti strateški industrijski sektorji vključujejo daljšo izpostavljenost delavcev zunanjim okoljskim pogojem ali povišanim notranjim temperaturam. Heat-Shield sledi strateškim koristim za EU: zagotavljanje dobrih delovnih pogojev, izboljšanje konkurenčnosti EU ter zagotavljanje stabilnosti prihodnjega gospodarstva glede na pričakovano zmanjšanje produktivnosti zaradi višanja temperatur delovnega okolja in staranja delovne sile (preglednica 1).

## Vročinski valovi v Evropi

V Evropi je kot najhujši vročinski val znan tisti leta 2003, ki je zahteval okoli 70.000 smrtnih žrtev. Med 10. julijem in 10. avgustom je bilo v Franciji zaznanih sedem dni s temperaturami zraka nad 40 °C. Na Portugalskem je bilo najbolj vroče 1. avgusta, ko je nočna temperatura

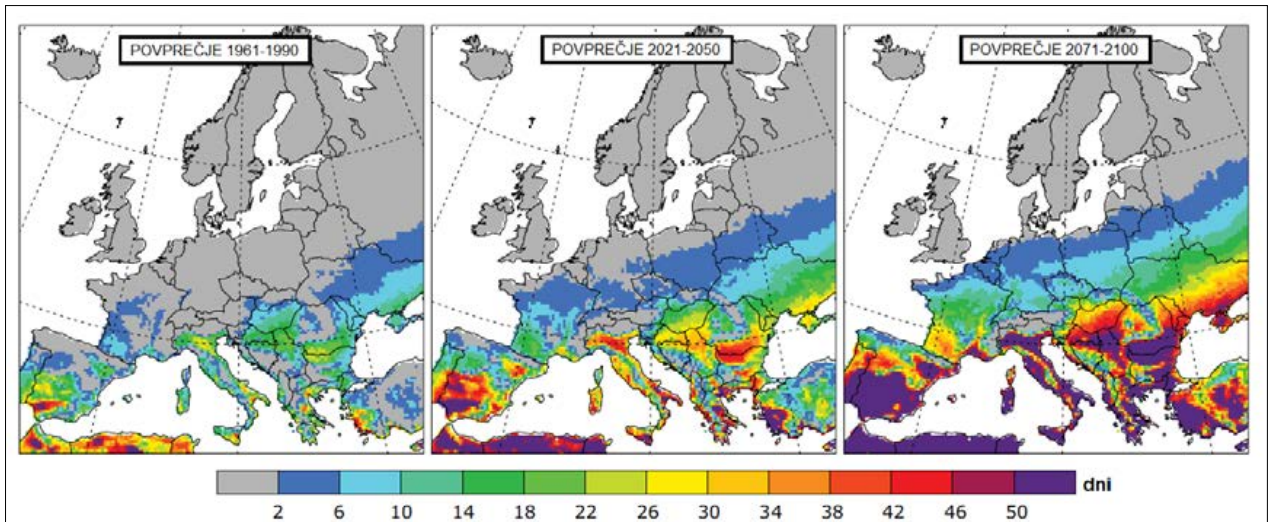


zraka dosegla 30,6 °C, najvišja dnevna temperatura zraka pa 47,3 °C (Trigo in sod., 2006).

Russo in sod. (2015) so za ocenjevanje jakosti vročinskih valov definirali indeks HWMI. Indeks vročinski val definira kot zaporedje najmanj treh dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad dnevno mejno vrednostjo, ki jo določimo kot 90. percentil referenčnega obdobja. Vrednost indeksa HWMI predstavlja vsoto odstopanj najvišje temperature zraka vseh dni v vročinskem valu. Tako so vročinske valove v Evropi po letu 1950 razvrstili glede na vrednosti njihovega indeksa HWMI. Najhujših 10 vročinskih valov je predstavljenih na kartah Evrope (slika 1). Prvi je nastopil leta 1954 v južni Rusiji, leta

1969 so bile nadpovprečno visoke temperature zraka v polarnem krogu z najvišjimi vrednostmi nad 35 °C. Jakost vročinskega vala leta 1972 na Finskem je primerljiva z dobro dokumentiranim vročinskim valom leta 2003 v srednji Evropi, a se kljub temu in kljub primerljivi prostorski razsežnosti ta val do zdaj ni pojavljal na seznamih najmočnejših evropskih vročinskih valov.

Tu se kaže prednost uporabe percentilne meje, saj z uporabo absolutne ne moremo primerjati vročinskih valov v severni in južni Evropi, čeprav so posledice zaradi različne aklimatiziranosti ljudi lahko primerljive. Po časovnem vrstnem redu sledi vročinski val leta 1976 v Veliki Britaniji z zelo znano sušo. Vročinski val leta



Slika 2: Število zelo vročih dni (najvišja dnevna temperatura zraka nad 35 °C), ko hkrati nastopi tudi tropska noč (najnižja dnevna temperatura zraka nad 20 °C) v preteklih (levo: 1961 – 1990) in prihodnjih (na sredini: 2021 – 2050; desno: 2071 – 2100) podnebnih razmerah (Fischer in Schär, 2010)

Figure 2: Number of very hot days (maximum daily air temperature above 35 °C) with tropical nights (minimum daily air temperature above 20 °C) in the past (left: 1961 – 1990) and future climate conditions (centre: 2021 – 2050; right: 2071 – 2100) (Fischer and Schär, 2010)

Dejavniki povečane ranljivosti pri vročinskih valovih v urbanem okolju		
Izpostavljenost	Občutljivost	Mogoči ukrepi
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Visoke vrednosti indeksa termalnega neugodja</li> <li>– Pomanjkanje zelenih urbanih površin</li> <li>– Velik delež asfaltiranih površin</li> <li>– Naraščanje temperatur zraka in števila vročinskih valov</li> <li>– Gostota prebivalstva</li> <li>– Slabša prevetrenost</li> <li>– Manj sence</li> <li>– Neprimerna izolacija stavb</li> <li>– Proizvajanje toplote s proizvodnjo, prometom, ogrevanjem ipd.</li> <li>– Specifične geografske in topografske značilnosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Velik delež starejše populacije</li> <li>– Velik delež gospodinjstev z nizkimi prihodi – socialno-ekonomski status</li> <li>– Številčna populacija</li> <li>– Velik delež zelo mlade populacije</li> <li>– Velik delež gospodinjstev z osamljenimi upokojenci</li> <li>– Obilica ključnih storitev za mesto in druge regije</li> <li>– Majhna razpoložljivost vode za hlajenje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Povečan delež zelenih urbanih površin</li> <li>– Zmanjšanje deleža asfaltiranih površin</li> <li>– Zavzemanje za blaženje in prilagajanje podnebnim spremembam – zavedanje in zaupanje mestni politiki</li> <li>– Zaupanje drugim ljudem</li> <li>– Izobraževanje</li> <li>– Socialno-ekonomski status – finančni viri</li> <li>– Ozaveščenost podjetij in prebivalcev</li> <li>– Učinkoviti procesi in strukture v institucijah</li> <li>– Zadostne administrativne zmogljivosti za primerno ukrepanje</li> <li>– Zadostno število bolnišničnih postelj</li> </ul>
<p>Preglednica 2: Dejavniki, ki vplivajo na izpostavljenost in občutljivost na vročinske valove v urbanem okolju ter mogoči ukrepi v mestih (Climate-ADAPT, 2014)</p> <p>Table 2: Factors with impact on exposure and sensitivity to heat waves in urban environment and possible measures in cities (climate-ADAPT, 2014)</p>		

1994 je bil najbolj izrazit v Nemčiji in na Poljskem. Sledi že omenjeni vročinski val leta 2003. Prostorska razsežnost je sicer za skoraj vse ravni indeksa HWMId manjša kot pri vročinskem valu leta 1972, vendar je precej večja prostorska razsežnost vročinskega vala ponoči (pri tem je obravnava enaka, le da namesto najvišjih dnevni temperatur zraka uporabimo najnižje). Sledil je vročinski val leta 2006, ki je nastopil na več območjih po Evropi, leta 2007 pa je vročinski val zajel jugovzhodno Evropo. Vročinski val leta 2010 v Rusiji je podrl vse rekorde, odkar potekajo opazovanja. Presežene so bile najvišje dnevne in nočne temperature zraka, prostorska razsežnost, največja povprečna vrednost, vrh in trajanje. Leta 2014 je vročinski val večinoma zajel Skandinavijo in se raztezal še nekoliko južneje, pri tem so bile na Finskem v tednu do 25. julija temperature zraka najvišje v zadnjih 50 letih, s povprečno temperaturo tega tedna 20,2 °C.

V 20. stoletju se je povprečna temperatura zraka v Evropi dvignila za 0,34 °C na desetletje, globalno povprečje pa se je povečalo za 0,27 °C na dekada (IPCC, 2013). Zelo verjetno je, da se bosta zato v večini Evrope dolžina, pogostost in/ali jakost vročinskih valov povečali. Scenariji podnebnih sprememb nakazujejo, da se bo povečala verjetnost obsežnih vročinskih valov, ki trajajo dlje in imajo večjo prostorsko razsežnost – kot na primer leta 2003 in 2010 (EEA, 2012). Zelo vroči dnevi (najvišja dnevna temperatura zraka nad 35 °C) in tropske noči (najnižja dnevna temperatura zraka nad 20 °C) so v preteklosti (slika 2 levo) še posebej pestili južno Evropo. Projekcije za prihodnost (slika 2 na sredini in desno) kažejo izrazito naraščanje števila takih dni na jugu, hkrati pa jasno širjenje potencialno ogroženega območja proti severu (Fischer in Schär, 2010).

## Vpliv urbanizacije

V večjih mestih z vsaj 100.000 prebivalci se lahko zaradi premalo zelenih površin in prenaseljenosti učinki vročinskih valov še stopnjujejo. Temperature zraka so na urbanih območjih višje, lahko celo za 10 °C (EEA, 2012). Posebej težavne so lahko pretople noči, ko se ljudje ne morejo odpočiti od vročine čez dan. Na ranljivost posameznega urbanega okolja vpliva več dejavnikov (preglednica 2), še zlasti pomanjkanje hladilnega učinka vegetacije, saj površine, kot so asfalt, kamen in beton, shranjujejo toploto. Pri toplotnem učinku mesta je bistvena tudi gostota poselitve, obseg vodnih površin, dodatno pa tudi prevetrenost in senčenje. V Sloveniji je po poročanju EEA v največjih dveh mestih 20–40 % zelenih in modrih površin, najslabše je stanje v velikih mestih na Madžarskem, v Grčiji in na Cipru. Kot navaja Okoljsko poročilo za leto 2013 (Okoljsko ..., 2014), ima Ljubljana toplotni otok, kjer so temperature zraka lahko tudi od 5 do 7 °C višje kot na obrobju mesta. V končnem poročilu o evropskem projektu Mestni toplotni otoki (UHI – Komac in sod., 2014) je navedeno, da gre za območje med središčem mesta ter Rožnikom in Golovcem, predlagane rešitve pa temeljijo na povečanju zelenih in modrih površin (vodna

površina pri Slovenskem etnografskem muzeju, zelena terasa na strehi pediatrične klinike in podobno).

V Evropi večina prebivalstva živi v urbanem okolju. Pri tem so nekatere skupine bolj občutljive na vročino od drugih. Najbolj so občutljivi prebivalci večjih mest, starejši od 65 let, ki trenutno predstavljajo 17 % evropske populacije, a se bo njihov delež do leta 2060 povečal na 30 %. V Sloveniji je v največjih mestih 16–20 % starejših od 65 let. Slabše od stanja v Sloveniji je le še stanje v Italiji, Belgiji in Nemčiji (EEA, 2012). Posebej ranljivi so v mestih tisti z nizkimi prihodki, etnične manjšine, majhni otroci, nosečnice, invalidi in kronično bolni.

EEA (2012) je ukrepe za zmanjšanje ranljivosti v mestih razdelila na tri vrste: sive, zelene in mehke ukrepe. Sivi se večinoma nanašajo na zgradbe: dobra izolacija, žaluzije in tende za senco, pasivno hlajenje zgradb, urbanistični načrt, ki zagotavlja senco in prevetrenost, zmanjšanje emisij zračnih onesnažil. Med zelene ukrepe spadajo zelene mestne površine, drevesa, zeleni zidovi in strehe, pri čemer je mogoča trajnostna preskrba z vodo, ter zagotavljanje, da svež zrak z zelenih površin lahko zaokroži po mestu. Primeri mehkih ukrepov pa so dviganje ozaveščenosti, kartiranje toplotnega otoka in hladnih predelov, določanje ranlivejših skupin in njihove razporeditve po mestu, opozorilni sistemi, priprava akcijskega načrta, stanje pripravljenosti zdravstvenega in socialnega sistema, priporočila o vedenju v času vročinskih valov ipd.

## Analiza vročinskih valov v Ljubljani in Celju

Analizirali smo mestno okolje v Sloveniji na podlagi podatkov za Ljubljano in Celje v obdobju med 1961 in 2015. Za izračune smo uporabili najvišje dnevne temperature zraka, pridobljene z Agencije RS za okolje (ARSO). Enotna definicija vročinskih valov se v Sloveniji in po svetu še ne uporablja. Vročinski val smo določili kot pet zaporednih dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka, enako ali višjo od 29,5 °C. Najkrajši vročinski val tako lahko traja pet dni. Za Celje predstavljamo pojavljanje, trajanje in intenziteto vročinskih valov za celotno obdobje (slika 3). Obarvali smo polja pri dnevih v vročinskem valu v barvni lestvici, ki se stopnjuje od svetlo rumene pri 30 °C do temno rdeče pri temperaturi zraka 37 °C. Na sliki 3 je zelo jasno vidno, da se v obravnavanem obdobju povečuje število vročinskih valov na leto, vročinski valovi se daljšajo in postajajo bolj intenzivni, hkrati pa so se začeli pojavljati bolj zgodaj in se zaključijo pozneje. Junija se je vročinski val v Celju prvič pojavil leta 1996, od takrat pa skoraj vsako leto. V prvi polovici obdobja so vročinski valovi le izjemoma segli v drugo polovico avgusta, po letu 1991 pa to ni nič nenavadnega. Prav tako je v prvi polovici obdobja vročinski val izjemoma nastopil v dveh zaporednih letih, medtem ko po letu 1991 v Celju ni bilo vročinskega vala le v letih 1995 in 1997. Podobno je stanje v

Ljubljani, podroben opis s sliko pojavljanja in intenzitete vročinskih valov smo predstavili na konferenci Vivus 2016 (Pogačar in sod., 2016).

Če primerjamo 25-letni obdobji 1961–1985 in 1986–2010, je v Ljubljani v prvem nastopilo 16 vročinskih valov in v Celju

10, v drugem pa v Ljubljani 45 in v Celju 31. Na splošno lahko rečemo, da se razmere drastično spreminjajo.

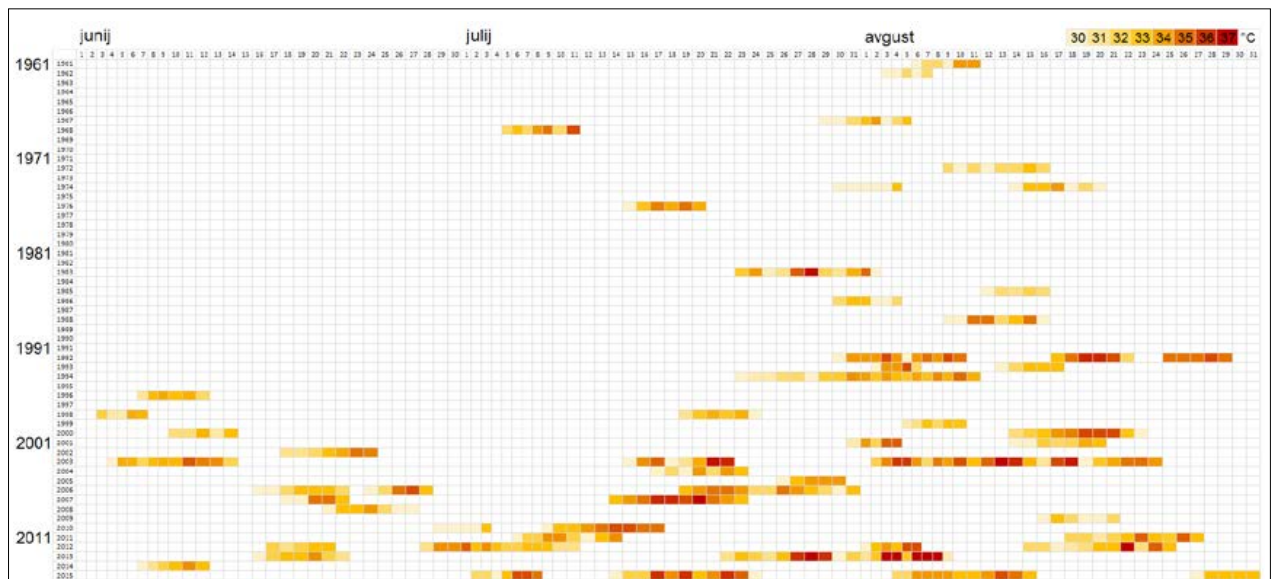
Za primerjavo z najhujšimi evropskimi vročinskimi valovi (slika 1) smo izračunali tudi indeks HWMI<sub>d</sub> za Ljubljano in Celje od leta 2000 naprej (preglednica 3). Naše referenčno obdobje je bilo 1971–2000. Indeks ima lahko vrednosti med 0 in neskončno. Vrednost 0 pridobi, kadar je dnevna vrednost najvišje dnevne temperature pod 25. percentilom časovne vrste izbranega 30-letnega obdobja. Vrednosti so večinoma med 0 in 10, indeks doseže večjo vrednost le izjemoma. Največja vrednost indeksa je bila v Evropi dosežena v vročinskem valu leta 2010 v Rusiji, in sicer 71,9. Šesto zaporedno največjo vrednost HWMI<sub>d</sub> (26) med najhujšimi vročinskimi valovi je dosegel vročinski val v srednji Evropi leta 2015. V tem letu je vrednost za Ljubljano 14,3. Na sedmem mestu je grški vročinski val leta 2007 (22,9), HWMI<sub>d</sub> za Ljubljano istega leta je 10,3 in za Celje 10,2. Največja dosežena vrednost v Ljubljani je 27,4 leta 2013, v Celju pa 16,7 istega leta. Najvišji HWMI<sub>d</sub> za Ljubljano je tako primerljiv z vrhom petega ocenjenega najhujšega vročinskega vala v Evropi.

Za nekatera leta z večjimi vrednostmi HWMI<sub>d</sub> (2003, 2007, 2013 in 2015) smo narisali letoletni potek najvišjih dnevni temperatur zraka, pri čemer smo rdeče obarvali vrednosti nad 29,5 °C. Za Ljubljano (slika 4a) se lepo vidi, da smo imeli leta 2003 zelo veliko število dni s tako visokimi temperaturami zraka, leta 2007 nekaj manj in malo nižje temperature zraka. Leta 2013 so bili vročinski valovi krajši, a so bile temperature takrat višje, leta 2015 pa so še bolj izrazita nihanja z nižjimi temperaturami zraka v vmesnih obdobjih. Zelo podobno je bilo v Celju, z le nekaj manj dnevi z najvišjo temperaturo zraka nad 29,5 °C (slika 4b).

Leto	Ljubljana		Celje	
	HWMI <sub>d</sub>	Trajanje (dni)	HWMI <sub>d</sub>	Trajanje (dni)
2000	6,9	7	5,7	8
2001	4,1	4	0,5	3
2002	2,0	12	2,2	7
2003	7,6	7	8,4	8
2004	2,4	5	0,8	4
2005	3,9	4	1,8	4
2006	6,2	5	2,8	5
2007	10,3	7	10,2	10
2008	0,0	0	0,7	6
2009	0,0	0	0,3	3
2010	5,6	8	5,8	8
2011	11,6	10	9,5	10
2012	9,9	7	8,2	8
2013	27,4	9	16,7	9
2014	2,7	7	2,0	6
2015	14,3	9	8,6	9

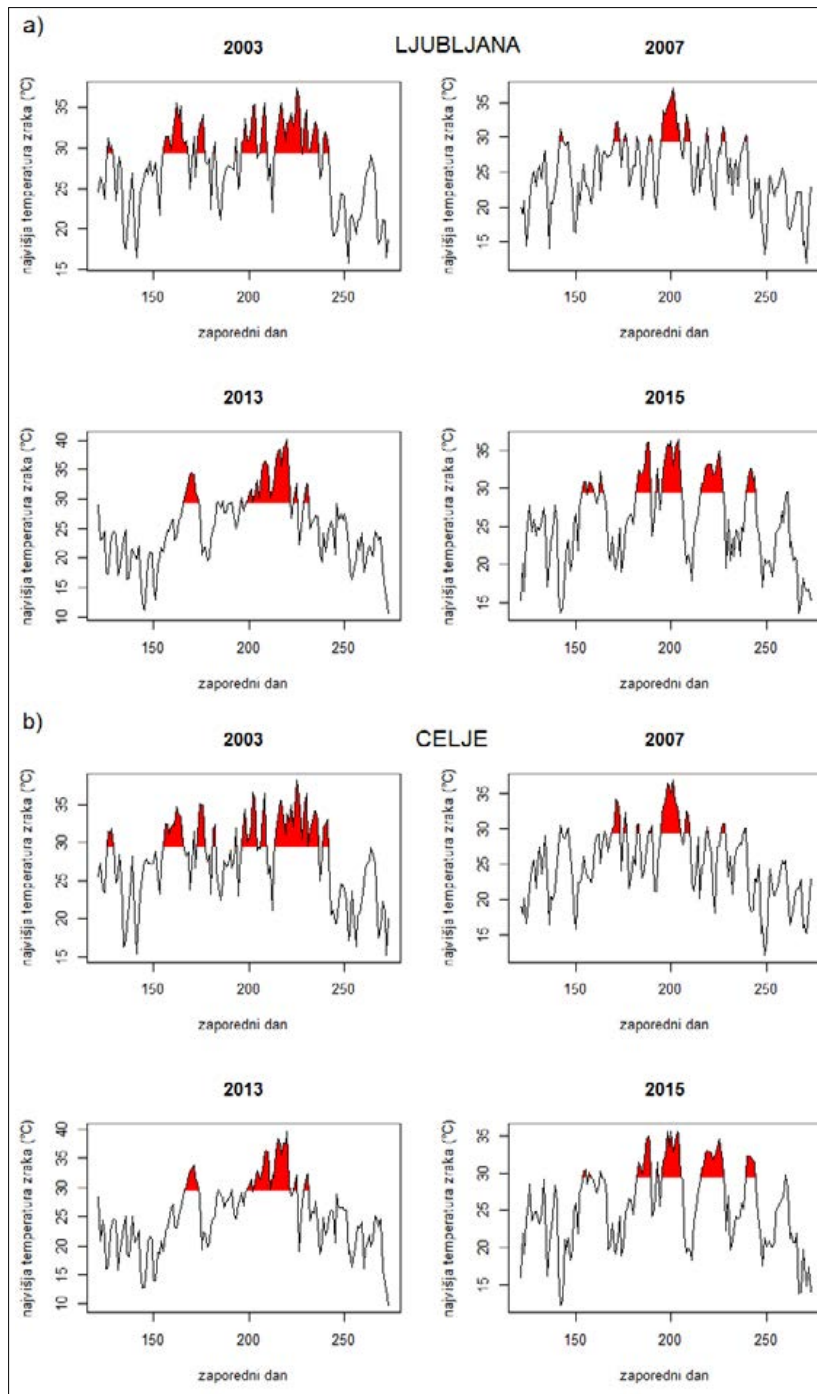
Preglednica 3: Največje vrednosti indeksa HWMI<sub>d</sub> v posameznem letu in trajanje vročinskega vala od leta 2000 do 2015 za Ljubljano in Celje. Vrednosti, večje od 10, so obarvane.

Table 3: Highest yearly HWMI<sub>d</sub> values and duration of corresponding heat waves from 2000 to 2015 in Ljubljana and Celje. Values, higher than 10, are coloured.



Slika 3: Pojavljanje in intenziteta vročinskih valov od 1. junija do 31. avgusta v Celju v obdobju 1961–2015. Svetlo rumena označuje najvišjo dnevno temperaturo zraka, zaokroženo na 30 °C, bolj rdeče in temnejše barve pa po 1 °C višje najvišje dnevne temperature zraka.

Figure 3: Occurrence and intensity of heat waves in Celje from 1 June to 31 August in the 1961–2015 period. Light yellow denotes maximum daily air temperature of 30 °C, with red and darker colours denoting temperatures higher by 1 °C.



Slika 4:  
Najvišje dnevne temperature zraka med 1. majem in 30. septembrom v Ljubljani (a) in Celju (b) v letih 2003, 2007, 2013 in 2015. Rdeče so obarvane vrednosti nad 29,5 °C.

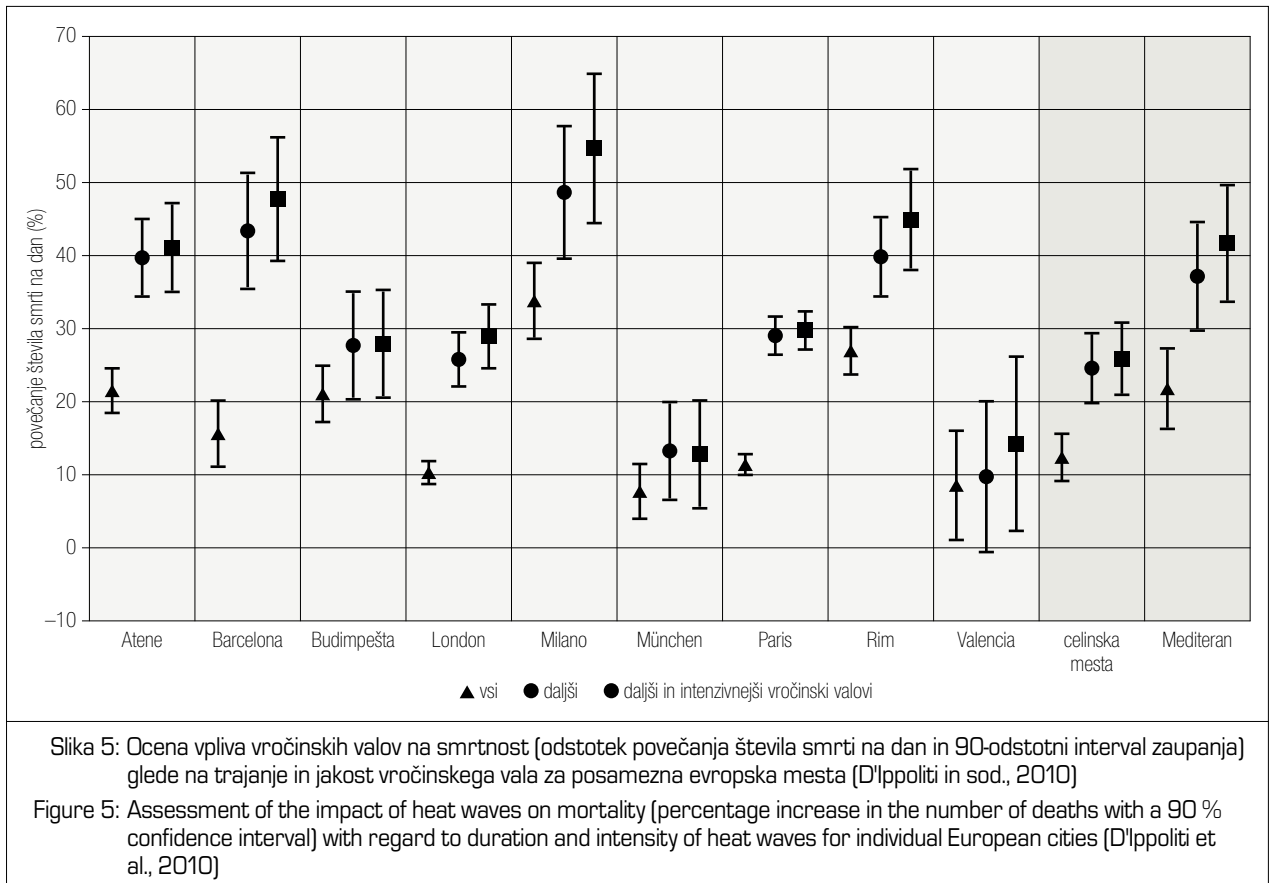
Figure 4:  
Maximum daily air temperatures from 1 May to 30 September in Ljubljana (a) and Celje (b) in the years 2003, 2007, 2013 and 2015. Values above 29.5 °C are marked red.

## Vpliv vročine na zdravje in smrtnost

ARSO in Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ) v Kazalcih okolja po različnih avtorjih povzemata dejavnike tveganja za bolezni in povečano število umrlih zaradi izpostavljenosti vročini. Bolj ogroženi so starejši in otroci, bolniki s srčno-žilnimi obolenji in obolenji dihal, diabetiki, bolniki z obolenji ledvic, bolniki z duševnimi motnjami in nepokretni. Dodatno lahko na ogroženost vplivajo nizek socialno-ekonomski status, brezdomstvo, socialna izoliranost in slabši dostop do zdravstvenih ustanov ter onesnaženost zraka in slabši bivalni pogoji (bivanje v podstrešnih stanovanjih, slabše prezračeni ali

prenatrpani prostori brez naprav za klimatizacijo ipd.), delo na prostem in bivanje v mestih (KOS, 2014). Ko se telo stara, se pojavijo mnoge spremembe, ki vplivajo na sposobnost prilagajanja toplotnemu stanju okolice (Kenny in Flouris, 2014). V raziskavi za obdobje 1990–2006 za Nemčijo so ugotovili, da je smrtnost starejših ljudi (nad 65 let) v vročinskih valovih večja. Tudi D'Ippoliti in sod. (2010) so pokazali, da učinek vročinskih valov s starostjo narašča.

Ko telo opravlja fizično delo, se znotraj telesa ustvarja toplota, ki se mora prenesti v zunanje okolje, da se izognemo naraščanju temperature jedra. Če ta preseže 39 °C, se lahko razvije vročinska kap, nad 40,6 °C pa je življenjsko ogrožujoča (Kjellstrom, 2009). Smith in sod.



(2014) navajajo, da je bil porast smrtnosti v povezavi z visokimi temperaturami zraka opažen v skoraj vseh populacijah, ki so bile do leta 2014 obravnavane. D'Ippoliti in sod. (2010) navajajo, da so pri pregledu literature ugotovili, da je povezava med temperaturami zraka in smrtnostjo v zmernih podnebnih U ali V oblike, pri čemer je temperatura praga lokalno značilna. To nakazuje, da je populacija večinoma prilagojena lokalnemu podnebnju.

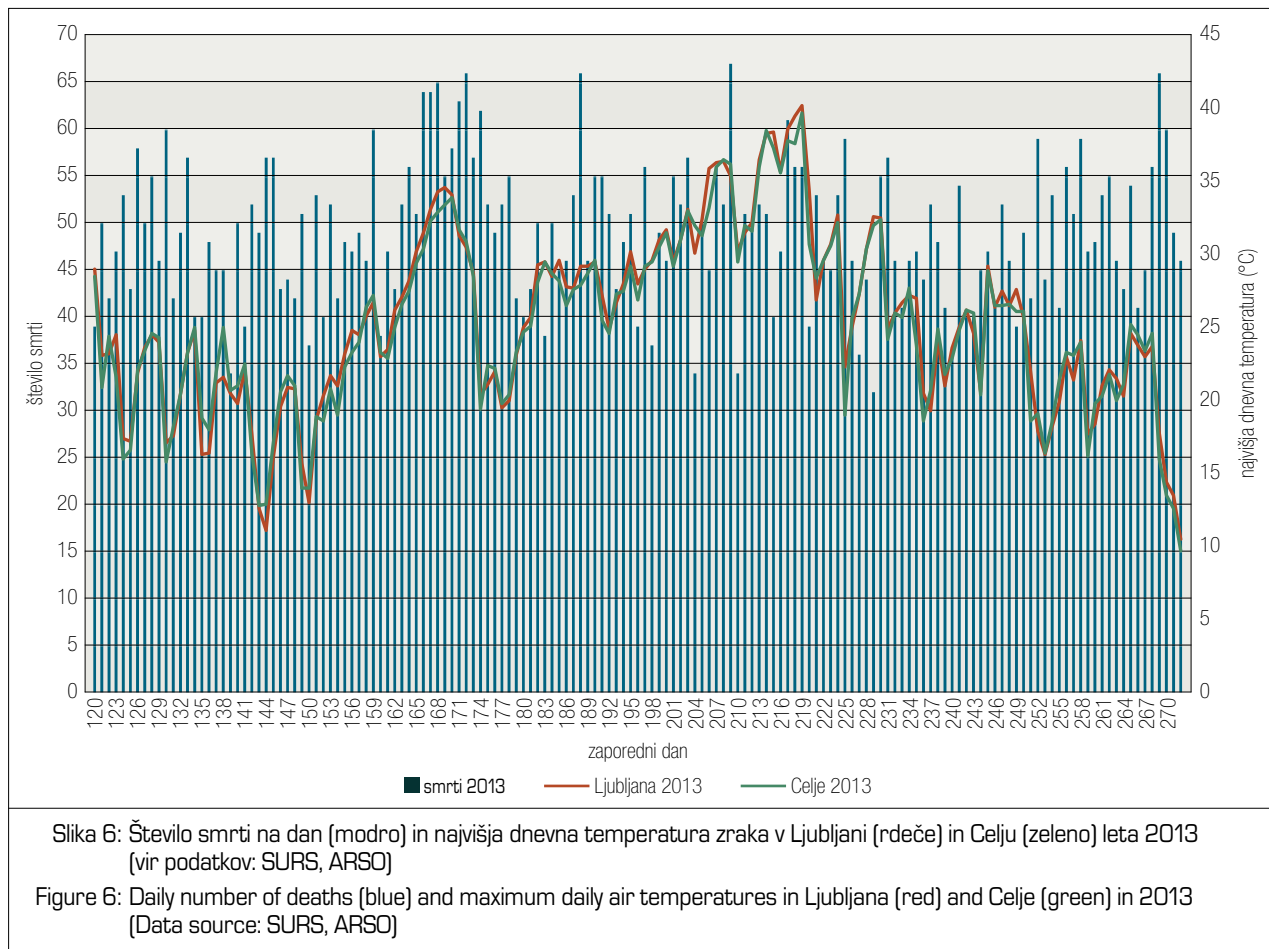
Ocenjeno je bilo, da je leta 2003 zaradi vročinskega vala v srednji in zahodni Evropi v štirimesečnem obdobju umrlo 70.000 ljudi (EEA, 2012), čeprav se ocene razlikujejo in gibljejo približno od 25.000 naprej. Pri tem je bil največji vpliv na smrtnost opažen v mestih, kjer sicer vročinski valovi redko nastopijo oziroma so bile temperature zraka daleč nad običajnimi. Vpliv je bil tako večji v celinskih mestih severneje kot na Mediteranu, kjer je prebivalstvo na vročino bolj prilagojeno (D'Ippoliti in sod., 2010). Z večjim vplivom podnebnih sprememb lahko pričakujemo, da bo povečanje števila z vročino izzvanih bolezni in smrti naraslo za 3 do 6 %, kar lahko pomeni v 30. letih 21. stoletja 38.000 dodatnih smrti na leto in v 50. letih več kot 100.000 (WHO, 2014).

Pri analizi vpliva trajanja in jakosti vročinskih valov na smrtnost v evropskih mestih se je izkazalo (slika 5), da je veliko izrazitejši vpliv trajanja (D'Ippoliti in sod., 2010), razen v Budimpešti, Münchnu in Valenciji. Upoštevana je bila raven temperatur zraka in relativne vlage podnevi ter nočne temperature zraka. V nekaterih mestih se je pokazalo, da ima prvi vročinski val v sezoni večji vpliv.

Pri zaporednih valovih pa so imeli manjši vpliv tisti, ki so sledili prejšnjemu po manj kot treh dneh.

V Sloveniji je v vročinskem valu leta 2003 umrlo 81 prebivalcev več (13 %), kot jih sicer umre v tem časovnem obdobju. Leta 2013 je poleti (od junija do avgusta) v času vročinskih valov umrlo povprečno 52 prebivalcev na dan, v času brez vročinskih valov pa 48 (KOS, 2014). Primerjava podatkov o dnevem številu smrti in najvišji dnevni temperaturi zraka za leto 2013 (slika 6) je pokazala povečano števila smrti v času prvega vročinskega vala, ki je bil v Ljubljani med 15. in 22. junijem (166.–173. dan; v Celju se je začel dan pozneje), pozneje pri daljšem in intenzivnejšem valu konec julija in začetek avgusta (v Ljubljani med 199. in 221. dnem, v Celju med 203. in 221. dnem) pa se povezava ne kaže. Kot smo že omenili, so nekatere raziskave pokazale, da je verjetno nevarnejši prvi vročinski val v sezoni, vendar je za takšne ugotovitve premalo podatkov.

V Univerzitetnem kliničnem centru Ljubljana so v zadnjih letih že analizirali podatke o bolnikih, ki so jih zdravili zaradi pregretja, a se je izkazalo, da je takih primerov zelo malo. Kot so poročali lani ob vročinskem valu v časniku Delo (Delo, 2015), so primeri večinoma povezani s športnimi dogodki, ki so organizirani na vroč dan, in občasno z delavci, ki opravljajo gradbena ali cestna dela (vsako leto od dva do trije primeri). Pri tem športniki nočejo popustiti, čeprav se ne počutijo dobro, delavci pa morajo zadostiti zahtevam delodajalca, zato se zaradi neustreznih delovnih pogojev obvesti inšpekcijska služba.



Kaže se pomanjkanje raziskav (domaćih in mednarodnih), namenjenih analizi vpliva prevročnega delovnega okolja na zdravstveno stanje delavcev. Mnogi že imajo težave na delovnem mestu, še posebej delavci, stari nad 50 let, ki so že bolj občutljivi na z vročino izzvano bolezn. Trenutno dostopni podatki nakazujejo, da bo v nekaterih regijah Evrope v naslednjih desetletjih skoraj 40 dni na leto povečano tveganje za z vročino izzvano bolezn že pri tako osnovnih aktivnostih, kot je hoja po soncu (Maloney in Forbes, 2011).

Vročinski valovi so večinoma dobro napovedani nekaj dni vnaprej, kar nam omogoča pravočasno ukrepanje, če imamo akcije vnaprej pripravljene. Večinoma so v tem času izdana osnovna navodila, kot so: ostanite na hladnem, pijte dovolj vode, poiščite zdravstveno pomoč, če se ne počutite dobro, pomagajte drugim ipd., a to ni dovolj. Pogosto se zgodi, da obvestila najbolj ranljivih ne dosežejo. Za delavce mnoga izmed priporočil ne pridejo v poštev in jih ne izvajajo tudi zaradi strahu pred izgubo službe.

## Vpliv vročine na produktivnost

Ob izpostavljenosti prevročim delovnim pogojem se zmanjša delovna storilnost, zmanjšane so mentalne in ročne sposobnosti, povečano je tveganje za nesreče. Osnovna instinktivna reakcija delavca ob prevročih delovnih razmerah je, da zmanjša intenzivnost dela ali

poveča pogostost kratkih premorov. Neposredni učinek večjega števila vroćinskih valov je po predvidevanjih upočasnitev dela in drugih dnevni aktivnosti, kar zmanjša delovno produktivnost. Za starostno skupino od 40 do 60 let so raziskave pokazale 20-odstotno povprečno zmanjšanje fizične delovne sposobnosti zaradi zmanjšanja kardiorespiratornih zmogljivosti in mišične moči v prevročem delovnem okolju (Kenny in Flouris, 2014).

Shema (slika 7) predstavlja povzetek različnih raziskav vpliva temperature zraka v delovnem okolju na produktivnost. Prikazuje predpostavljeno zmanjšanje oziroma povečanje delovne produktivnosti pri sedečem in lahkem delu glede na temperaturo zraka in lahka oziroma normalna oblačila. Shema je lahko tudi zavajajoča, saj so učinki predstavljeni na deterministični način, poenostavljeno in brez upoštevanja ozadja dela ter ne prikažejo celotnega odziva posameznika. Ob upoštevanju prave mere previdnosti pa so lahko taki grafi v veliko pomoč pri usmerjanju raziskav in iskanju primernih splošnih rešitev (Parsons, 2014).

Parsons (2014) v zgornjem delu sheme prikazuje, kako je pogostost nesreč povezana s temperaturo zraka, oblačili (lahka – 0,6 clo ali običajna – 1 clo; pri tem 1 clo pomeni 0,155 m<sup>2</sup> °C W-1) in delom (lahko ali sedeče) ter kako na to vpliva spol. Do temperature zraka 24 °C ni razlike v pogostosti nesreč med spoloma, pri višjih temperaturah zraka pa nastopi velik skok pri številu nesreč pri moških (več kot 140 %), medtem ko je pri



## Sklepne misli

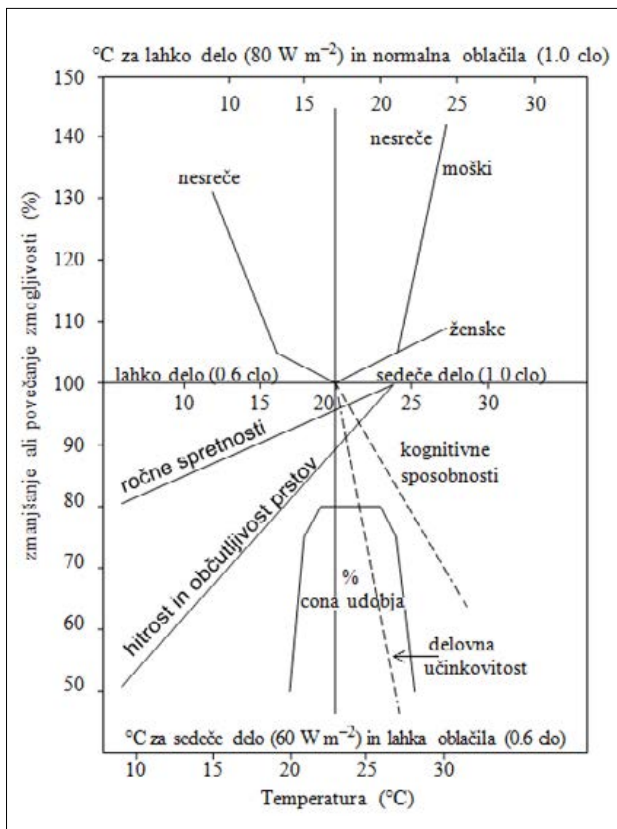
V Evropi vročinski valovi postajajo stalnica tudi na območjih, kjer jih do zdaj ni bilo. Evropske države se morajo zato druga od druge naučiti najbolj učinkovitih načinov za preprečevanje in blaženje vplivov vročinskih valov. Pri tem tudi sile za zaščito, reševanje in pomoč niso izjema. Najbolj opazne so spremembe v mestih, kjer so vplivi na ljudi najbolj izraziti. Za Ljubljano so bile že v preteklosti izvedene analize, ki določajo območje toplotnega otoka. V okviru projekta UHI so bile predlagane rešitve za povečanje zelenih in vodnih površin na tem območju, ki pa niso bile realizirane. Analiza vročinskih valov v dveh slovenskih mestih, Ljubljani in Celju, je pokazala, da je v zadnjih dvajsetih letih vročinskih valov bistveno več kot v preteklem obdobju, da se začenejo bolj zgodaj junija in končujejo pozneje avgusta ali celo septembra ter dosegajo višjo jakost. Po jakosti je glede na indeks HWMI1d najhujši vročinski val v Ljubljani primerljiv s petim najhujšim evropskim vročinskim valom.

Predstavili smo nekaj raziskav vplivov vročinskih valov na smrtnost in produktivnost. Na primeru leta 2013 se je za Slovenijo izkazalo, da je bilo poleti v dneh v vročinskem valu v povprečju več smrti kot v dneh zunaj vročinskega vala. Neposredna povezava med visokimi temperaturami zraka in večjim številom smrti na dan se je pokazala le ob prvem vročinskem valu. Pri tem moramo imeti v mislih, da je to le primer, za kakršne koli ugotovitve pa bi morali analizo razširiti na čim daljše časovno obdobje, a to presega namen tega prispevka. Vplivi vročinskih valov na produktivnost v Sloveniji še niso bili obravnavani, a so načrtovani v okviru projekta Heat-Shield.

Znanje je treba pretvoriti v priporočila in pravila, odločevalci potrebujejo ocene zdravstvenih, gospodarskih in družbenih vplivov vročinskih valov. Mnoge evropske raziskovalne ustanove izvedejo raziskave in analize na visoki znanstveni ravni, a nimajo izkušenj, kako rezultate prilagoditi v primerno obliko za odločevalce, ob tem pa se dogaja, da se podjetja in organizacije ne čutijo slišani v svojih težavah. Delodajalci se morajo zavedati teh tveganj in poskrbeti, da se ta vedenja razumejo in upoštevajo. Primerni ukrepi bodo ohranili produktivnost, pa tudi zdravje in varnost zaposlenih. Nujen je torej interdisciplinaren pristop. Evropski projekt Heat-Shield bo tu ključnega pomena, saj bo omogočal preverjanje učinkovitosti strategij za odpravo posledic povišanja temperature na delovnem mestu neposredno v industriji, še posebej v povezavi s staranjem delovne sile.

## Zahvala

Raziskava je bila finančno podprta s strani okvirnega programa EU za razvoj in inovacije Obzorje 2020 s pogodbo št. 668786. [This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 668786.]



Slika 7: Poenostavljen povzetek rezultatov analiz vpliva temperature zraka na nesreče pri delu, učinkovitost, sposobnosti in udobje človeka (Parsons, 2014, prirejeno po Wyon, 1986)

Figure 7: Simplified summary of results from analyses of air temperature impact on accidents at work, human efficiency, abilities and comfort (Parsons, 2014; adapted from Wyon, 1986)

ženskah skok manjši (do okoli 110 %). Do temperature zraka 24 °C se povečujeta hitrost in občutljivost prstov za tipkanje in podobno delo, povečujejo se tudi ročne spretnosti. Kognitivne sposobnosti in delovna učinkovitost se z dviganjem temperature zraka nad 20 °C zmanjšujejo. Delovna učinkovitost pade pod 50 % pri temperaturi zraka 26 °C. Cona udobja je območje temperature, ki je najbolj primerno za delo z upoštevanjem delovne učinkovitosti, kognitivnih sposobnosti in ročnih spretnosti. Območje je za lahko ali sedeče delo v lahkih ali običajnih oblačilih med 20 in 29 °C. Najbolj so primerne temperature zraka med 21 in 26 °C.

Mnoge raziskave potrjujejo, da vsaka stopinja celzija nad 25 °C v delovnem okolju pomeni 2-odstotno izgubo produktivnosti (Kosonen in Tan, 2004; Franchetti in Komaki, 2012). Za vsak odstotek nižja produktivnost pa lahko zniža dohodek za 0,75 %. Tako Kjellstrom in sod. (2009) po scenariju podnebnih sprememb A2, brez prilagajanja, za centralno Ameriko v letu 2080 ocenjujejo do 20 % BDP gospodarske izgube zaradi znižane produktivnosti. Celovitih raziskav, ki bi upoštevale potencialni vpliv podnebnih sprememb na produktivnost in zdravje delavcev v povezavi z gospodarsko škodo, žal še ni.

## Viri in literatura

1. Climate-ADAPT, 2014.  
Dostopno na: [http://climate-adapt.eea.europa.eu/articles/-/asset\\_publisher/MomcFwj7CZOC/content/heat-waves](http://climate-adapt.eea.europa.eu/articles/-/asset_publisher/MomcFwj7CZOC/content/heat-waves) (6. 4. 2016).
2. EEA (European Environment Agency), 2010. The European environment - state and outlook 2010: synthesis.  
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps/heat-wave-risk-of-european-cities-1> (1. 3. 2016).
3. EEA (European Environment Agency), 2012. Urban adaptation to climate change in Europe, EEA Report No2, 2012.  
<http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change> (7. 4. 2016): 143 str.
4. D'Ippoliti, D., Michelozzi, P., Marino, C. in sod., 2010. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 201, 9: 37.
5. Fischer, E. M., Schär, C., 2010. Consistent geographical patterns of change in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3(6), 398–403.
6. Franchetti, M., Komaki, G., 2012. Quantification methods for employee health and productivity rates. *Int. J. Env. Eng. Res.*, 1, 104–114.
7. IPCC Climate Change, 2013. 5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/> (5. 4. 2016).
8. Kenny, G. P., Flouris, A. D., 2014. The human thermoregulatory system and its response to thermal stress, V: Protective clothing: managing thermal stress, 2014, 319–365.
9. Kjellstrom, T., Kovats, R. S., Lloyd, S. J., Holt, T., Tol, R. S., 2009. The direct impact of climate change on regional labour productivity. *Int. Arch. Env. Occupat. Health*, 64, 217–227.
10. Komac, B., Melik, A., Ciglič, R., Pavšek, M., Loose, A., Čermelj, S., 2014. Urban Heat Island in the Ljubljana City. V: Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario, poročilo projekta UHI, Musco, F. [ur.], Springer, 453 str., [http://eu-uhi.eu/download/publications/wp2/UHI\\_FinalPublication.pdf](http://eu-uhi.eu/download/publications/wp2/UHI_FinalPublication.pdf) (4. 7. 2016)
11. KOS (Kazalci okolja v Sloveniji), 2014. Število umrlih v obdobju vročinskih valov. Dostopno na: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=685](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=685) (10. 4. 2016).
12. Kosonen, R., Tan, F., 2004. Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. *Energy Build*, 36, 987–993.
13. Kovats, R.S., Hajat, S., Wilkinson, P., 2004. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occup. Environ. Med.*, 2004, 61, 893–898.
14. Maloney, S. K., Forbes, C. F., 2011. What effect will a few degrees of climate change have on human heat balance? *Int. J. Biometeorology*, 2011, 55, 147–160.
15. OECD, Gross domestic product (GDP). Dostopno na: <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=60702> (10. 4. 2016).
16. Okoljsko poročilo za leto 2013. 2014. Oddelek za varstvo okolja, Mestna občina Ljubljana, Ljubljana, 42 str. Dostopno na: [www.ljubljana.si/file/1499934/okoljska-izjava-2013.pdf](http://www.ljubljana.si/file/1499934/okoljska-izjava-2013.pdf)
17. Parsons, K., 2014. Human thermal environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort, and performance, third edition. Florida, CRC Press.
18. Russo, S., Sillmann, J., Fischer, E. M., 2015. Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environmental Research Letters*, 10, 124003–124019.
19. Rogelj Petrič, S., Zajec, D., 2015. Vročinski val z visokimi koncentracijami ozona. *Delo*, 4. 7. 2015. Dostopno na: <http://www.delo.si/novice/slovenija/vrocinski-val-z-visokimi-koncentracijami-ozona.html> (10. 4. 2016).
20. Smith, K., Woodward, A., 2014. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. V: Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Vol i: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B., Barros, V., Dokken, D. [ur.] Cambridge: Cambridge University Press: 754 str.
21. Trigo, R. M., Pereira, J. M. C., Pereira, M. G., Mota, B., Calado, T. J., Dacamara, C. C., Santo, F. E., 2006. Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International journal of climatology*, Vol. 26, 13, 1741–1757.
22. WHO, 2014. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Hales, S., Kovats, S., Lloyd, S., Campbell-Lendrum, D. [ur.]. Dostopno na: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691_eng.pdf) (3. 3. 2016): 115 str.