

PRIKAZ DOLGOLETNEGA NARAŠČANJA TOPLOTNE OBREMENTITVE IN MOŽNOSTI UPORABE SPLETNEGA VMESNIKA *HEAT-SHIELD*

dr. Tjaša Pogačar, dr. Lučka Kajfež Bogataj, dr. Zalika Črepinšek

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si, lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8000-6477>

DOI: 10.3986/NN0505

UDK: 504.7:004.5

IZVLEČEK

Prikaz dolgoletnega naraščanja toplotne obremenitve in možnosti uporabe spletnega vmesnika Heat-Shield

Globalno segrevanje povzroča več ekstremnih vremenskih razmer, med drugim visoke temperature, ki lahko povzročijo vročinski stres. V raziskavi smo na sedmih meteoroloških postajah primerjali vročinske temperaturne vsote v času vročinskih valov v obdobju 1961–2017. Vidna je sprememba po letu 1990, ko so vsote začele naraščati, hkrati pa se le še izjemoma zgodi, da bi bile vsote nične. Naraščajoče vročinske temperaturne vsote opozarjajo na nujnost pripravljenosti na preseženo toplotno obremenitev ljudi na splošno, posebej pa še delavcev na bolj izpostavljenih delovnih mestih. V okviru projekta Heat-Shield je bil razvit spletni vmesnik, ki omogoča napoved verjetnosti vročinskega stresa na podlagi indeksa mokrega termometra (WBGT) in ob registraciji omogoča osebne nasvete za blaženje vročinskega stresa na delovnem mestu.

KLJUČNE BESEDE

vročinski stres, vročinska temperaturna vsota, varnost in zdravje pri delu, Heat-Shield, indeks mokrega termometra WBGT

ABSTRACT

An illustration of increasing long-term heat load and possibilities of the Heat-Shield platform use

Global warming increases extreme weather events, including high temperatures that can cause heat stress. The study compared the heat temperature sums at seven meteorological stations during the heat waves for the period 1961–2017. The change after 1990, when the sums started to increase, is clearly visible, and at the same time it is very rare that the totals will remain zero. Increasing heat temperature sums point to the need to be prepared for the excessive heat exposure of people in general, and especially for workers in more exposed workplaces. Within the Heat-Shield project, a platform was developed to predict the probability of heat stress based on the WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) indicator, and to provide upon registration personalized heat alerts and advice on mitigation of heat stress at work environment.

KEY WORDS

heat stress, heat temperature sum, occupational safety and health, Heat-Shield, Wet Bulb Globe Temperature WBGT

1 Uvod

Vročinski stres predstavlja preseženo toplotno obremenitev telesa, ki bi jo še lahko prenesli brez fiziološke oslabitve telesa, in v najhujši obliki lahko povzroči vročinski udar ali celo smrt (Kjellstrom s sodelavci 2019). Negativen vpliv ekstremne vročine v Sloveniji je zaradi fizioloških sprememb, kroničnih bolezni, določenih zdravil in sedečega načina življenja najbolj izrazit pri starejših (Perčić s sodelavci 2018). V analizi hudega vročinskega vala leta 2003 pa se je ob veliko smrtnih žrtvah v Franciji pokazalo, da so bili poleg starejših (predvsem žensk) ogroženi tudi mlajši moški, najbolj v starostni skupini 35–45 let (Fouillet s sodelavci 2006), kar so povezali s poklicnim tveganjem in povečano ranljivostjo delavcev v prevročem delovnem okolju.

Globalno segrevanje povzroča pogostejše ekstremne vremenske razmere, težava pa se še povečuje s staranjem delovne sile. Podnebne spremembe bodo po svetu nedvomno poslabšale negativne vplive vročinskega stresa na posameznike, sploh če že sedaj delajo v vročem delovnem okolju (Błażejczyk, Baranowski in Błażejczyk 2014; Spector in Sheffield 2014). Na Agenciji Republike Slovenije za okolje so pripravili podnebne projekcije za Slovenijo, iz katerih je razvidno, da bo dvig temperature močno povečal toplotno obremenitev, saj bo zelo naraslo število vročih dni, povečalo pa se bo tudi število in trajanje vročinskih valov (Bertalanich s sodelavci 2018). Po projekcijah ILO (Mednarodna organizacija dela) naj bi globalno do leta 2030 izgubili več kot 2 % delovnih ur na leto, ali zaradi prevročih razmer za delo ali zaradi počasnejšega dela pri povečani toplotni obremenitvi (Kjellstrom s sodelavci 2019). V Evropi so delu na vročini najbolj izpostavljeni delavci v kmetijstvu, gradbeništvu, prevozništvu, industriji in turizmu, kar je okoli 50 % delovne sile. V raziskavi med 230 slovenskimi delavci v kmetijstvu se je pokazalo, da so toplotne razmere pri delu na prostem že zdaj neprimerne za 85 % kmetov, pri čemer vročinski stres vpliva na počutje (74 %), storilnost (68 %) in zbranost (34 %) kmetov (Pogačar s sodelavci 2017). Navajali so simptome vročinskega stresa, kot so povečano potenje (84 %), žeja (81 %) in utrujenost (59 %) ter hujše težave, ki so bolj opazne pri ženskah: glavoboli (64 %), izčrpanost (69 %) in slabost oziroma bruhanje (19 %). Kljub temu več kot 60 % kmetov še nikoli ni bilo obveščenih o vplivih vročinskega stresa.

Projekt *Heat-Shield* združuje znanstvenike iz različnih raziskovalnih ustanov z znanjem klimatologije, fiziologije, medicine in strokovnjake za javno zdravje, okoljsko politiko ter varnost pri delu. Želimo spodbujati trud za zdravje in dobro počutje evropskih delavcev ter ohranitev produktivnosti evropskih industrij. Kot primeren kazalnik toplotne obremenitve smo izbrali indeks mokrega termometra WBGT (angleško *Wet Bulb Globe Temperature*). Zasnovali smo napoved toplotne obremenitve za Evropo, izvedli več poskusov in raziskav med delavci ter v laboratorijih. Na podlagi rezultatov je bil razvit spletni vmesnik *Heat-Shield* za spremljanje napovedi vročinskega stresa, ki ob registraciji omogoča osebne nasvete za blaženje vročinskega stresa na delovnem mestu (Morabito s sodelavci 2019; Medmrežje 1).

V prispevku smo prikazali dolgoletno naraščanje toplotne obremenitve na več lokacijah po Sloveniji, na izbranem primeru opozorili na težave pri delavcih v notranjih prostorih ter predstavili spletni vmesnik *Heat-Shield*.

2 Metode

Da bi pokazali, kako se povečuje izpostavljenost pretirani toplotni obremenitvi, smo na sedmih meteoroloških postajah primerjali spremembe vročinskih temperaturnih vsot v času vročinskih valov v obdobju 1961–2017. Letno temperaturno vsoto smo izračunali kot vsoto presežkov povprečnih dnevniških temperatur zraka nad temperaturnim pragom za vročinski val v vseh vročinskih valovih izbranega leta. Kysely (2010) opisuje vročinsko temperaturno vsoto kot zelo primeren parameter za določanje jakosti vročinskega vala. Pri tem v Sloveniji velja, da vročinski val nastopi, če je tem-

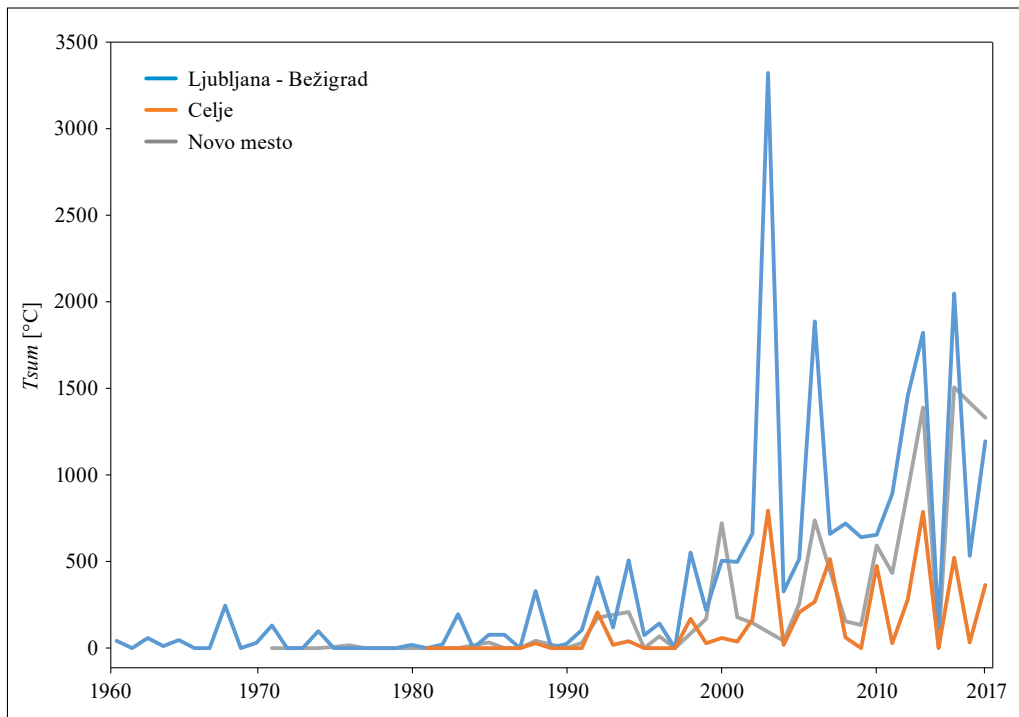
perturni prag za povprečno dnevno temperaturo dosežen ali presežen vsaj tri zaporedne dni, pri čemer je prag za vlažno in zmerno podnebje hribovitega sveta 22 °C (Rateče), za omiljeno celinsko podnebje (Celje, Ljubljana, Murska Sobota, Novo mesto, Slovenj Gradec) 24 °C in za omiljeno sredozemsko podnebje (Bilje pri Novi Gorici) 25 °C (Ključevšek, Hrabar in Dolinar 2018).

Za primer toplotne obremenitve v poletnem času smo predstavili polurne vrednosti temperature zraka ob tovarni *odelo d. o. o.* v Preboldu. Podjetje je vključeno v projekt, zato imajo pred sedežem podjetja novo samodejno meteorološko postajo za spremljanje meteoroloških spremenljivk.

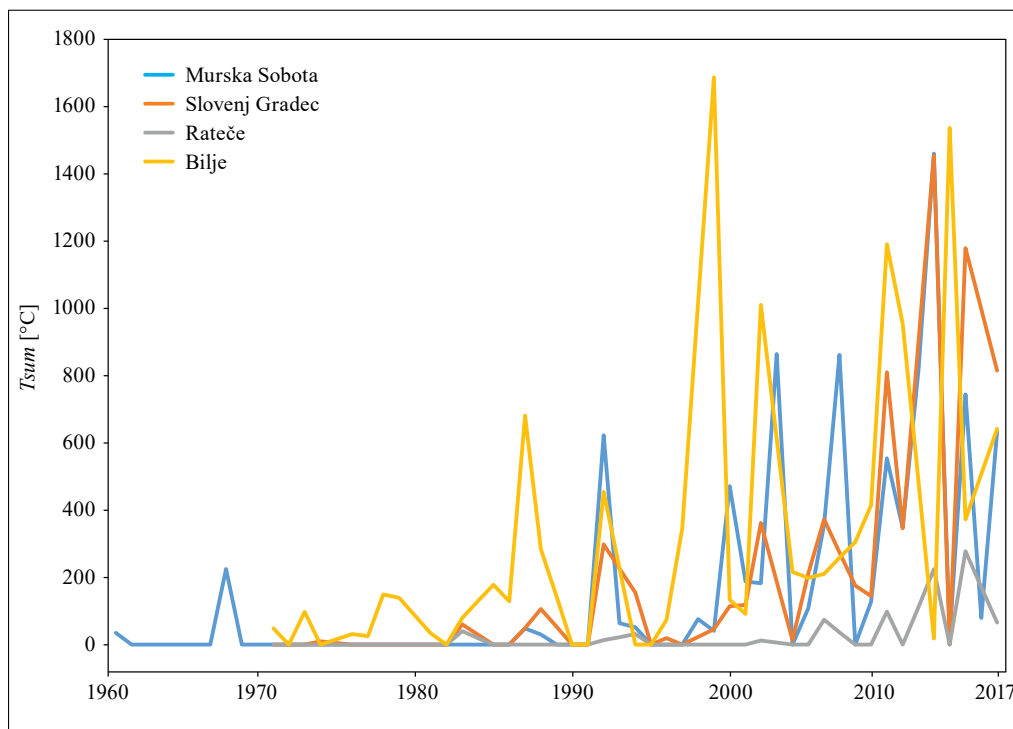
V okviru projekta so na Inštitutu za biometeorologijo in Univerzi v Firencah v sodelovanju z *MeteoSwiss* razvili spletni vmesnik *Heat-Shield* (Morabito s sodelavci 2019). Napoved in opozorila so zasnovali na podlagi indeksa mokrega termometra WBGT, ki ga računamo iz temperatur zraka in relativne vlage v senci, na soncu pa upoštevamo še sončno sevanje in veter. Več o indeksu s primerom za Slovenijo pišejo Pogačar s sodelavci (2018; Pogačar, Kajfež Bogataj in Črepinšek 2018). Za prilagoditev opozoril posamezniku (poosebljenje) dodamo indeksu WBGT učinek fizičnega stanja osebe in oblačil, meje za nevarno delo pa določimo glede na prilagojenost delavcev in napor pri delu.

3 Rezultati in razprava

Za ponazoritev naraščanja vročinskega stresa v Sloveniji v zadnjih letih smo uporabili vročinske temperaturne vsote (sliki 1 in 2). Jasno je vidna sprememba po letu 1990 (v Celju in Ratečah po letu 2000), ko so začele naraščati, hkrati pa se le še izjemoma zgodi, da bi ostale na nične. Najvišje vsote so



Slika 1: Letne vročinske temperaturne vsote za obdobje 1961–2017 v Ljubljani, Celju in Novem mestu.

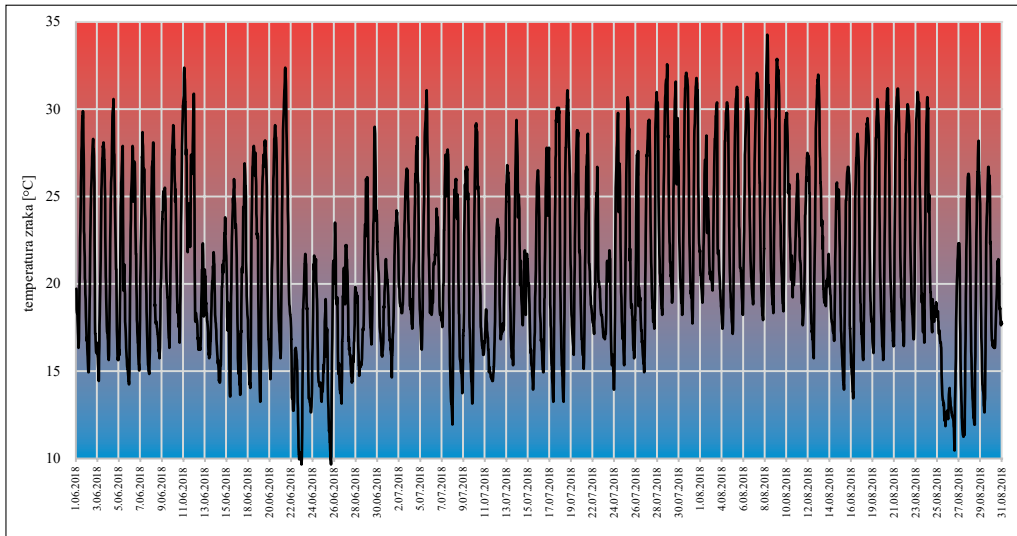


Slika 2: Letne vročinske temperaturne vsote za obdobje 1961–2017 v Murski Soboti, Biljah pri Novi Gorici, Slovenj Gradcu in Ratečah.

bile dosežene v Ljubljani, sledijo Bilje, ki pa imajo za vročinski val stopinjo višji temperaturni prag. Zadnjih nekaj let na vseh lokacijah vsote dosegajo veliko višje vrednosti, v Ljubljani si od največje navzdol sledijo vsote v letih 2003, 2015, 2006 in 2013. Na večini lokacij po Sloveniji je bila rekordno visoka vsota v letih 2003, 2013 ali 2015. Izjema v zadnjem obdobju, ko je bila vsota na vseh lokacijah spet nič, je leto 2014, ko je bilo poletje zelo oblačno in deževno, zato nismo imeli vročinskih valov. Prav to obdobje zadnjih let skupaj kaže tudi izredno veliko medletno spremenljivost. Podnebne projekcije za Slovenijo kažejo, da bomo imeli konec stoletja ob zmerno optimističnem scenariju izpustov toplogrednih plinov povprečno vsaj en vročinski val letno, ki bo po jakosti primerljiv ali hujši od vročinskega vala, ki smo ga imeli poleti 2003 (Bertalanč s sodelavci 2018).

Naraščajoče vročinske temperaturne vsote opozarjajo na nujnost pripravljenosti na preseženo toplotno obremenitev ljudi na splošno, posebej pa delavcev na bolj izpostavljenih delovnih mestih. Jasna je povezava z vročinskih stresom pri delavcih na prostem, kot so delavci v kmetijstvu, gradbeništvu, turizmu. Pri avtoprevoznikih, na primer, vročinski stres v kabinah zaradi sončnega sevanja v času vročinskih valov izrazito naraste. V projektu *Heat-Shield* smo zato opozorili na uporabo svetlih barv z visoko odbojnostjo (to je optična lastnost, ki se tudi pri temnejših barvah lahko izrazito razlikuje) in uporabo primernih senčil.

Pri delavcih v notranjih prostorih v tovarni se je pri sodelovanju s podjetjem *odelo d. o. o.* pokazalo, da ne glede na nihanje zunanje temperature zraka (slika 3) med poletjem čez dan na delovnih mestih v proizvodnji temperature ostajajo večino časa med 30 in 35 °C. Podjetje je uvedlo številne ukrepe, ki delavcem pomagajo blažiti vročinski stres: blizu imajo na voljo ohlajeno vodo, povečajo število odmorov, na voljo je hladen prostor za odmor, ob malici dobijo izotonični napitek ali sladoled ipd.



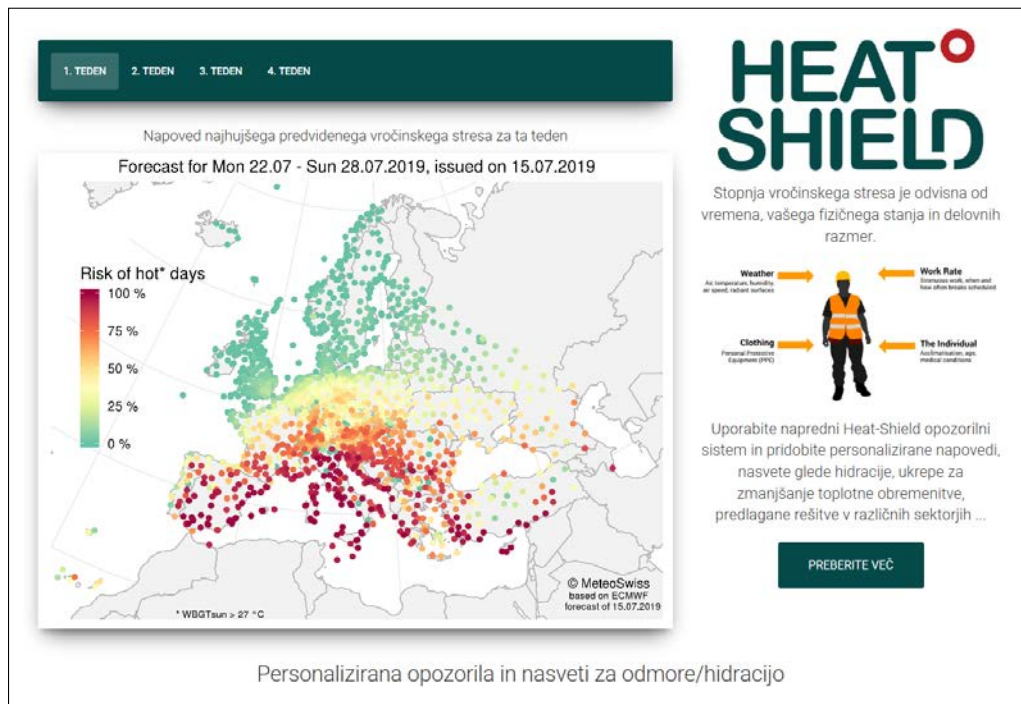
Slika 3: Izmerjene polurne vrednosti zunanje temperature zraka ob tovarni odelo d.o.o. v Preboldu v obdobju 1. 6.–31. 8. 2018. Temnejše rdeče območje nakazuje vročinski stres, modro pa nočne temperature, primerne za počitek.

Delavci so prilagojeni razmeram, zato se je pokazala znižana storilnost le po nekaterih vročinskih valovih, pri čemer se temperatura na delovnih mestih ni bistveno spremenila. Ta negativni vpliv bi lahko pripisali predvsem nakopičenemu učinku povečane toplotne obremenitve, ko so zunanje temperature tudi ponoči večino časa ostale nad 20 °C (Ciuha s sodelavci 2019). To je tudi temperaturni prag za definicijo tropske noči (najnižje temperature se ne spustijo pod 20 °C). Če je namreč v tovarni vroče, zunaj pa hladno, se delavcem v prostem času in med spanjem toplotna obremenitev zmanjša, v času vročinskih valov pa se ta le nalaga, toliko bolj, če doma nimajo ustrezno ohlajenih prostorov.

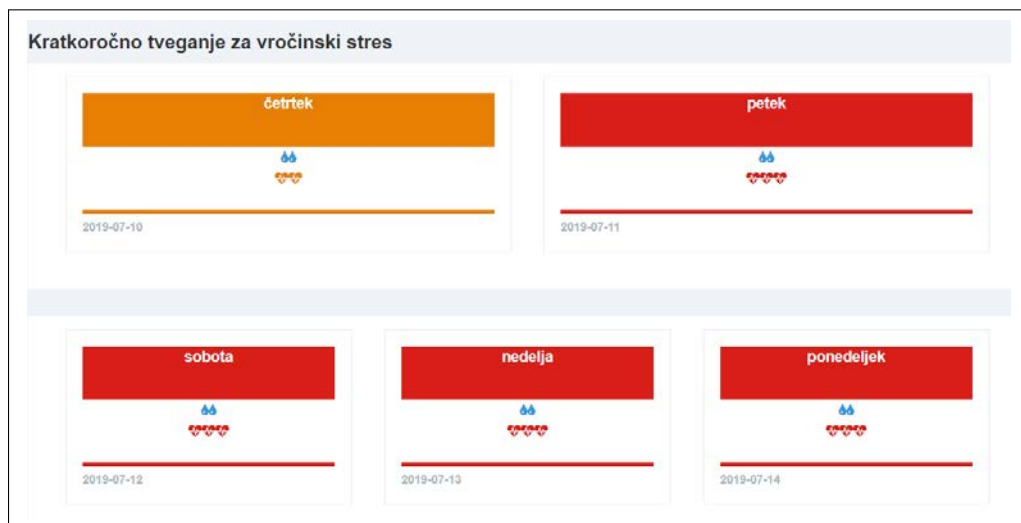
V želji, da se delodajalci, svetovalci in delavci v Evropi zavejo povečane toplotne obremenitve in negativnih vplivov vročinskega stresa na zdravje in produktivnost, smo ustvarili spletni vmesnik (Medmrežje 1) z napovedjo vročinskega stresa ter možnostjo osebnih opozoril in nasvetov. Pravočasna pripravljenost na vročinski stres zelo poveča možnosti za omilitev in blaženje, zato spodbujamo podjetja in posameznike, da si pripravijo načrt ukrepov v vročini, se prijavijo na spletnem vmesniku ter spremljajo napoved in opozorila.

Na uvodni strani spletnega vmesnika (slika 4) si lahko pogledamo napoved predvidenega najhujšega vročinskega stresa za naslednje štiri tedne. Pri tem je treba vedeti, da je napoved za prvi teden zanesljiva, za drugi že nekoliko manj, za tretji in četrti teden pa gre bolj za predvideno smer razvoja kot za napovedi. Napoved vročinskega stresa je izražena z barvno lestvico verjetnosti (v %) tveganja za dan z vročinskim stresom, ki je določen pri vrednostih kazalnika WBGT na soncu, višjih od 27 °C. To je meja, ko srednje naporno delo že lahko postane nevarno. Napoved, izdana 15. 7. 2019 za obdobje od 22. 7. do 28. 7. 2019 (slika 3) tako pomeni, da bo v tem obdobju z visoko verjetnostjo v skoraj celotni južni polovici Evrope nastopil vročinski stres, verjetnost zanj pa se izrazito zmanjšuje od Srednje proti Severni Evropi. Napoved je bila točna, saj je bil v tem obdobju izrazit vročinski stres na večini napovedanih območjih.

Takšna napoved zadošča le kot predogled, da se začnemo tudi dejansko pripravljati na morebitni vročinski stres. Za ukrepanje potrebujemo natančnejšo napoved, prilagojeno posamezniku oziroma



Slika 4: Prva stran spletnega vmesnika Heat-Shield in primer napovedi vročinskega stresa za 1800 lokacij po Evropi za obdobje od 22. 7. do 28. 7. 2019 (Medmrežje 1).



Slika 5: Primer osebno prilagojene napovedi tveganja za vročinski stres za prihodnjih pet dni (10. 7.–14. 7. 2019). Barva označuje stopnjo vročinskega stresa (preglednica 1), ikona 'kaplja' potrebno hidracijo in ikona 'srce' potrebne odmore (Medmrežje 1).

različnim profilom delavcev v podjetju. Na spletnem vmesniku lahko z registracijo (in naslednjič s prijavo v sistem) z uvodne strani nadaljujemo na osebno prilagojeni strani. Pri tem opredelimo svoje (ali za izbran profil delavca) fizične lastnosti (teža, višina, spol), lokacijo, v kakšnih razmerah večinoma delamo (zunaj na soncu ali v senci, notranji prostori), kakšne vrste zaščitno obleko imamo oblečeno in kako naporno je naše delo. Glede na te podatke dobimo osebno napoved, natančnejšo za pet dni (slika 5) in dolgoročni vpogled za pet tednov. Napoved je opredeljena z barvno lestvico za stopnjo tveganja za vročinski stres (slika 6), ob vsaki stopnji se ob kliku pojavi še nekoliko daljša razlaga razmer in priporočenih ukrepov. Z ikono 'kaplja' je hkrati prikazano, koliko vode naj bi delavec v takih razmerah popil ob najhujši vročini, torej v najbolj vročih urah dneva: ena kaplja pomeni okoli pol litra vode na uro, dve okoli en liter vode na uro in tri več kot en liter vode na uro. Pri tem je treba paziti tudi na dodatno vnašanje soli, če delavcu zdravstveno stanje tega ne prepoveduje. Z ikono 'srce' so predstavljeni potrebni odmori med delom: eno zeleno srce pomeni, da dodatni odmori niso potrebni, pri rumenem je treba dodati kratke odmori, pri dveh oranžnih

Slika 6: Barvna lestvica stopenj tveganja za vročinski stres s predlaganimi osnovnimi ukrepi (Medmrežje 1).

Stopnja tveganja za vročinski stres	Predlagan ukrep
neznatna	Vzdržujte običajen tempo dela in stopnjo hidracije.
nizka	Ne pozabite piti in načrtujte več krajših odmorov.
srednja	Redno pijte in povečajte število odmorov s hlajenjem.
visoka	Pogosto pijte, v najhujši vročini tudi 1 liter na uro, in v urnik umestite redne odmori v senci ali ohlajenem prostoru.

je nujno povečati število odmorov z možnim hlajenjem in pri treh rdečih so nujni pogosti odmori v hladnem prostoru ali senci.

4 Sklep

V zadnjih letih vročinske temperaturne vsote izrazito naraščajo, z njimi pa tudi toplotna obremenitev ljudi. Delavci, ki delajo na visokim temperaturam izpostavljenih delovnih mestih, so lahko v času vročinskih valov tudi do dvakrat bolj izpostavljeni zaradi dodatnega vročinskega stresa v prostem času in ponoči, če tudi takrat nimajo možnosti zmanjšanja toplotne obremenitve. Ker lahko s preventivnimi ukrepi dosežemo vsaj nekoliko boljše razmere, smo v okviru projekta *Heat-Shield* razvili spletni vmesnik, kjer je dostopna napoved verjetnosti za vročinski stres v prihodnjih štirih tednih, ob registraciji pa osebno prilagojena napoved z opozorili in nasveti za ukrepanje. Odziv delodajalcev in organizacij za varnost in zdravje pri delu na globalno segrevanje bi moral vključevati tudi politike prilagajanja in ukrepe za zaščito delavcev. Enako pomemben pa je še skladen pristop k trajnostnemu in ekonomskemu razvoju.

5 Viri in literatura

- Bertalaníč, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahović Ž., Žust, A. 2018: Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: sintezno poročilo. Ljubljana.
- Błażejczyk, K., Baranowski, J., Błażejczyk, A. 2014: Heat stress and occupational health and safety – spatial and temporal differentiation. *Miscellanea Geographica* 18-1. DOI: <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2014-0011>
- Casanueva, A., Burgstall, A., Kotlarski, S., Messeri, A., Morabito, M., Flouris, A. D., Nybo, L., Spirig, C., Schwierz, C. 2019: Overview of existing heat-health warning systems in Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16152657>
- Ciuha, U., Pogačar, T., Bogataj, L. K., Gliha, M., Nybo, L., Flouris, A. D., Mekjavić, I. B. 2019: Interaction between indoor occupational heat stress and environmental temperature elevations during heatwaves. *Weather, Climate and Society* 11-3. DOI: <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-19-0024.1>
- Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyaux, C., Hémon, D. 2006: Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 80-1. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00420-006-0089-4>
- Kjellstrom, T., Maitre, N., Saget, C., Otto, M., Karimova, T. 2019: Working on a Warmer Planet: The impact of Heat Stress on Labour Productivity and Decent Work. Geneva.
- Ključevšek, N., Hrabar, A., Dolinar, M. 2018: Podnebne podlage za definicijo vročinskega vala. *Vetrnica* 10.
- Kysely, J. 2010: Recent severe heat waves in central Europe: How to view them in a long-term prospect? *International Journal of Climatology* 30-1. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1874>
- Medmrežje 1: <https://heatshield.zonalab.it/index.php?lang=si> (15. 7. 2019).
- Morabito, M., Messeri, A., Noti, P., Casanueva, A., Crisci, A., Kotlarski, S., Orlandini, S., Schwierz, C., Spirig, C., Kingma, B. R. M., Flouris, A. D., Nybo, L. 2019: An occupational heat-health warning system for Europe: The HEAT-SHIELD Platform. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16162890>
- Perčič, S., Kuček, A., Cegnar, T., Hojs, A. 2018: Association between number of deaths and heat waves in Slovenia, 2015 vs. 2003. *European Journal of Public Health* 28-4. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurpub/cky214.240>
- Pogačar, T., Črepinšek, Z., Kajfež Bogataj, L., Nybo, L. 2017: Comprehension of climatic and occupational heat stress amongst agricultural advisers and workers in Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica* 109-3. DOI: <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2017.109.3.06>
- Pogačar, T., Casanueva, A., Kozjek, K., Ciuha, U., Mekjavić, I. B., Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2018: The effect of hot days on occupational heat stress in the manufacturing industry: implications for workers' well-being and productivity. *International Journal of Biometeorology* 62-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1530-6>
- Pogačar, T., Kajfež Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2018: Obravnava vročinskih valov in primer toplotne obremenitve delavcev v kmetijstvu v času vročinskih valov 2017. *Acta agriculturae Slovenica* 111-3. DOI: <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.13> 659
- Spector, J. T., Sheffield, P. E. 2014: Re-evaluating occupational heat stress in a changing climate. *The Annals of Occupational Hygiene* 58-8. DOI: <https://doi.org/10.1093/annhyg/meu073>