

Analisi e selezione degli indicatori di calore

NOVEMBRE 2025

*Deliverable 1.1.1 - Lista degli
indicatori selezionati*

Analiza in izbira vročinskih kazalnikov

NOVEMBER 2025

*Dosežek 1.1.1 – Seznam izbranih
kazalnikov*

Introduzione

Le aree urbane sono le zone maggiormente popolate e anche quelle in cui le temperature sono più elevate rispetto alle aree circostanti. Questo fenomeno è definito "isola di calore urbana" (*urban heat island*) ed è causato dalla presenza di infrastrutture, dai materiali artificiali di rivestimento delle superfici e dalle attività umane. Esso contribuisce ad accentuare le ondate di calore estive e ad aggravare i rischi di impatti sulla salute umana per la popolazione delle aree urbane. Infatti, è esperienza comune che l'aumento della temperatura, unita a forte insolazione e elevata umidità, induce negli esseri umani livelli crescenti di sofferenza.

Per fornire misure tempestive di allerta alla popolazione e per disporre delle basi per identificare eventuali misure di adattamento ai cambiamenti climatici futuri, risulta necessario individuare degli indicatori che permettano di misurare ed identificare le condizioni meteo-climatiche che possono causare disagio da caldo alle persone.

Questo documento ha l'obiettivo di presentare e analizzare i diversi indici di stress termico, fornendo anche alcuni esempi della loro applicazione ai dati delle stazioni meteo-climatiche disponibili per i casi studio del progetto *HeatIslands Adapt* nell'area di Gorizia e Nova Gorica. Verranno messi in evidenza i principali punti di forza e di debolezza dei vari indicatori, al fine di individuare quelli più adatti agli obiettivi del progetto e ai diversi scopi e contesti applicativi.

Uvod

Urbana oz. mestna območja so gosto naseljena območja, kjer je temperatura običajno višja kot v okolici. Ta pojav imenujemo "mestni toplotni otok" (ang. urban heat island) in je posledica goste pozidave, uporabe gradbenih materialov, ki absorbirajo in zadržujejo toploto, ter človekovih dejavnosti, kot so promet in industrija.

Vpliv toplotnih otokov je še posebej izrazit med vročinskimi valovi, ko je toplotna obremenitev na teh območjih še večja. Višja temperatura v kombinaciji s sončnim obsevanjem in visoko vlažnostjo povzroča pri ljudeh naraščajočo stopnjo nelagodja.

Za pravočasno obveščanje prebivalstva in za določanje morebitnih prilagoditvenih ukrepov ob prihodnjih podnebnih spremembah je ključno prepoznati kazalnike, ki merijo in omogočajo zaznavanje vremensko-podnebnih pogojev, povezanih z vročinskim nelagodjem.

*Namen tega dokumenta je predstaviti in analizirati različne vročinske kazalnike ter podati nekaj primerov njihove uporabe na podatkih meteoroloških postaj na območju Gorice in Nove Gorice (pilotno območje projekta *HeatIslands Adapt*). Poudarjene so glavne prednosti in slabosti posameznih kazalnikov, z namenom izbire tistih, ki najbolj ustrezajo ciljem projekta ter drugim namenom in okoliščinam uporabe.*

Indicatori per la descrizione dello stress termico

L'impatto del calore sul benessere umano si esprime attraverso il cosiddetto stress termico, che può essere valutato mediante diversi approcci.

L'approccio più semplice si basa su indicatori derivati dalle temperature giornaliere misurate, i quali forniscono un'indicazione del numero di giorni caldi annui in una determinata area. Tuttavia, tali indici non quantificano direttamente il disagio termico; per questo motivo è necessario ricorrere anche a indicatori biometeorologici, noti anche come indicatori di comfort, che spaziano da quelli più semplici, basati esclusivamente su temperatura e umidità, fino ad approcci più complessi che considerano il bilancio energetico del corpo umano. Recentemente si sta affermando un approccio che valuta lo stress termico considerando l'intensità e la frequenza delle ondate di calore e il loro impatto sulla salute umana.

A livello globale viene utilizzata un'ampia gamma di indicatori per valutare il disagio termico, adattati a esigenze e contesti diversi. Di seguito vengono presentate le definizioni e i metodi di calcolo dei principali indicatori impiegati dalle agenzie ambientali slovena ARSO e italiana ARPA FVG e alcuni esempi di indicatori utilizzati in altri contesti internazionali.

Per semplicità tali indicatori sono stati suddivisi in tre categorie:

Kazalniki za opis vročinskih značilnosti

Opis vpliva vročine na človekovo počutje se izraža skozi t. i. toplotni napor. Za njegovo ocenjevanje obstaja več pristopov. Najenostavnejši pristop temelji na kazalnikih, izpeljanih iz dnevniških temperatur, ki podajajo podatek o številu dni na leto na določenem območju. Vendar ti kazalniki ne merijo neposredno toplotnega neugodja, zato je potrebno uporabiti tudi biometeorološke kazalnike, znane tudi kot kazalniki ugodja. Ti segajo od enostavnejših, ki temeljijo zgolj na temperaturi in vlažnosti zraka, do zahtevnejših pristopov, ki upoštevajo energijsko bilanco človeškega telesa.

V zadnjem času se uveljavlja sodoben pristop, ki toplotni napor ocenjuje prek jakosti vročinskih valov in njihovega vpliva na človeka. Na svetovni ravni se uporablja širok nabor kazalnikov za ocenjevanje toplotnega neugodja prilagojenih različnim potrebam in okoliščinam. V nadaljevanju so predstavljene definicije in metode izračuna ključnih kazalnikov, ki jih uporabljata slovenska okoljska agencija ARSO in italijanska okoljska agencija ARPA FVG, ter nekateri primeri kazalnikov, uporabljenih v drugih mednarodnih okoljih.

Kazalnike smo razdelili v tri skupine:

- 1. vremensko-podnebni kazalniki,*
- 2. biometeorološki kazalniki,*
- 3. kazalniki vročinskih valov.*

1. indicatori meteo-climatici;
2. indicatori biometeorologici;
3. indicatori legati alle ondate di calore.

1 Indicatori meteo-climatici

Per l'analisi dei cambiamenti climatici, è stato predisposto un insieme di 27 indicatori di base, che mirano a descrivere le variazioni nelle caratteristiche termiche e pluviometriche (ETCCDI, 2009). Questi indicatori sono stati elaborati dal gruppo di esperti per il rilevamento, il monitoraggio e gli indicatori dei cambiamenti climatici (ETCCDI) che fa parte dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e del programma WCRP (World Climate Research Programme).

Nel presente progetto è stata effettuata una selezione di alcuni di questi indicatori, in particolare:

- **Numero di giorni caldi** (SU – *Number of summer days*): numero di giorni annui in cui la temperatura massima giornaliera supera i 25 °C.
- **Numero di giorni molto caldi** (HD – *Number of hot days*): numero di giorni annui in cui la temperatura massima giornaliera supera i 30°C.
- **Numero di giorni estremamente caldi** (VHD – *Number of very hot days*): numero di giorni annui in cui la temperatura massima giornaliera supera i 35 °C.
- **Numero di notti tropicali** (TR – *Number of tropical nights*): numero di giorni annui in cui la temperatura minima giornaliera è superiore ai 20 °C.

1 Vremensko-podnebni kazalniki

Za analizo sprememb podnebja obstaja nabor osnovnih 27 kazalnikov, ki poskušajo opisati spremembe v temperaturnih in padavinskih značilnostih. Te kazalnike je razvila Strokovna skupina za zaznavanje, spremljanje in kazalnike podnebnih sprememb (ETCCDI) pod okriljem Svetovne meteorološke organizacije (WMO) in programa WCRP – World Climate Research Programme (ETCCDI, 2009). V okviru projekta smo iz tega seznama izbrali sledeče kazalnike:

- **Število toplih dni** (SU – ang. *Number of summer days*), ki je število dni na leto, ko dnevna najvišja temperatura zraka preseže 25 °C.
- **Število vročih dni** (HD – ang. *Number of hot days*), ki je število dni na leto, ko dnevna najvišja temperatura zraka preseže 30 °C.
- **Število zelo vročih dni** (VHD – ang. *Number of very hot days*), ki je število dni na leto, ko dnevna najvišja temperatura zraka preseže 35 °C.
- **Število tropskih noči** (TR – ang. *Number of tropical nights*), ki predstavlja število dni na leto, ko je dnevna najnižja temperatura višja od 20 °C.

Vse opisane kazalnike uporabljata tako ARSO kot ARPA FVG pri različnih analizah podnebja v preteklosti in pri ocenjevanju razmer, ki nas čakajo v prihodnosti. Izrazi, kot sta tropska noč ali zelo vroč dan, se vse pogosteje pojavljajo tudi v splošnih vremenskih napovedih na obeh straneh meje.

Na sliki 1 so prikazane vrednosti teh kazalnikov na štirih meteoroloških postajah

Questi quattro indicatori vengono utilizzati dalle agenzie ARSO e ARPA FVG per diverse analisi climatiche, sia per lo studio delle condizioni climatiche passate, sia per la valutazione delle condizioni future. Termini come *notte tropicale* o *giorno molto caldo* compaiono sempre più spesso anche nelle previsioni meteorologiche generali, da entrambi i lati del confine.

Nella Figura 1 sono riportati i valori di tali indicatori relativi ai mesi estivi del 2024, messi a confronto tra quattro stazioni situate nell'area di studio. Dal grafico emerge che la stazione di Nova Gorica (colonne viola) registra il numero più elevato di giorni che superano le soglie definite per tutti gli indicatori. Ciò è dovuto principalmente alla posizione della stazione di Nova Gorica, situata in un'area urbana, più vicina al centro rispetto alle altre stazioni, e quindi maggiormente influenzata dall'effetto isola di calore.

znotraj pilotnega območja za mesece junij-september 2024. Razvidno je, da je na postaji Nova Gorica (vijolični stolpci) število dni, ki presegajo določene pragove za vse kazalnike najvišje med obravnavanimi postajami. To je predvsem posledica lege postaje Nova Gorica, kjer je okolica gosteje pozidana. Vpliv mestnega toplotnega otoka je tu izrazitejši.

Indici climatici nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre 2024 Podnebni kazalniki za junij, julij, avgust in september 2024

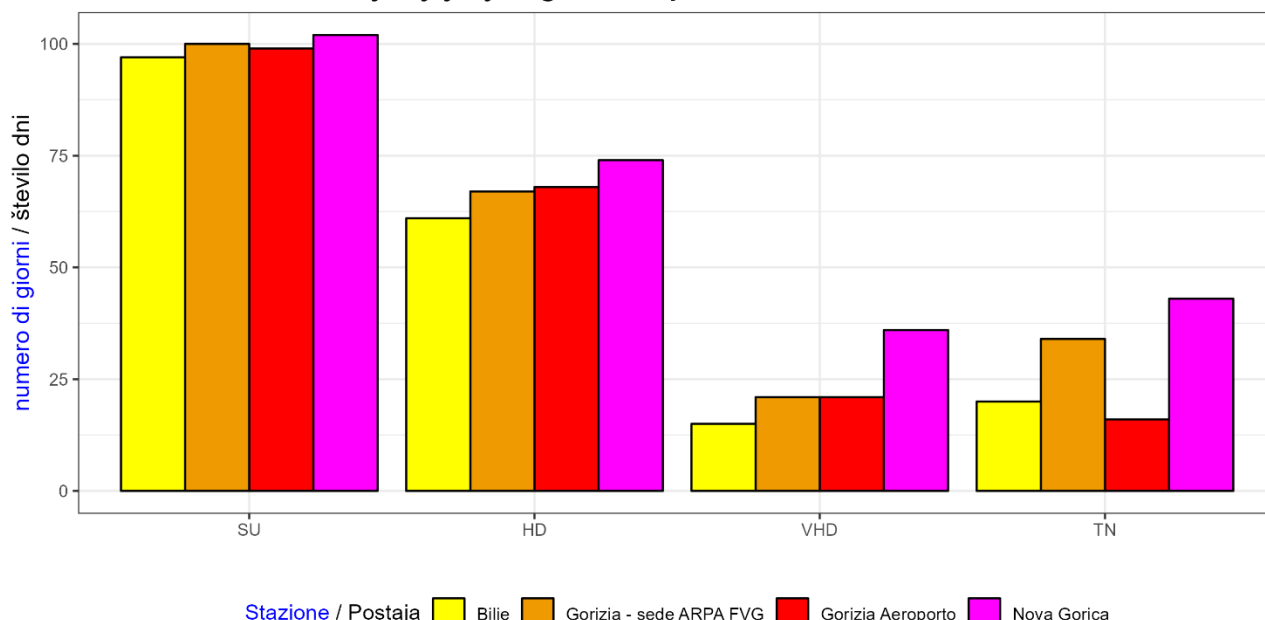


Figura 1: Numero di giorni caldi (SU), molto caldi (HD) ed estremamente caldi (VHD), nonché di notti tropicali (TN), calcolato per quattro stazioni meteorologiche situate nell'area pilota di Nova Gorica e Gorizia. Il grafico mostra i valori cumulati di ciascun indice da giugno a settembre 2024.

Slika 1: Število toplih (SU), vročih (HD) in zelo vročih dni (VHD) ter tropskih noči (TN), izračunano za štiri meteorološke postaje na pilotnem območju Nove Gorice in Gorice. Rezultati prikazujejo število dni v štirih izbranih poletnih mesecih (junij-september) v letu 2024.

2 Indicatori biometeorologici

In questa sezione vengono descritti i principali indici bioclimeteorologici che integrano l'effetto della temperatura con quello dell'umidità relativa dell'aria e, in alcuni casi, considerano anche il vento e la radiazione solare. Per valutare correttamente lo stress termico, infatti, non è sufficiente la temperatura: è necessario considerare almeno anche l'umidità relativa, che, se elevata, ostacola l'evaporazione del sudore e riduce la capacità del corpo di disperdere calore, aumentando la percezione del caldo.

2 Biometeorološki kazalniki

Kazalniki iz te skupine združujejo vpliv temperature in vlažnosti zraka, nekateri tudi vetra in sončnega obsevanja. Za karseda pravilno oceno toplotnega stresa temperatura zraka ni dovolj – upoštevati je treba vsaj še vlažnost zraka, ki ob visokih vrednostih otežuje izhlapevanje znoja in zmanjšuje sposobnost telesa za odvajanje toplote, kar povečuje občutek vročine.

V okviru projekta smo iz velikega števila različnih kazalnikov izbrali sledeče:

Nell'ambito del progetto, tra i numerosi indicatori disponibili, sono stati selezionati i seguenti:

- **Indice di calore** (*HI* – *Heat Index*): esprime la temperatura percepita, ovvero la temperatura che viene effettivamente avvertita dall'organismo in funzione della temperatura dell'aria e della sua umidità relativa. L'indice di calore è stato sviluppato per la prima volta da Steadman nel 1979, mentre la formula attuale si basa sulla proposta di Rothfus (1990):

$$HI = -24.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot RH - 0.22475541 \cdot T \cdot RH - (6.83783 \times 10^{-3})T^2 - (5.481717 \times 10^{-2})RH^2 + (1.22874 \times 10^{-3})T^2RH + (8.5282 \times 10^{-4})T RH^2 - (1.99 \times 10^{-6})T^2RH^2,$$

dove T è la temperatura dell'aria espressa in °C e RH è l'umidità relativa espressa come percentuale. L'indice di calore viene utilizzato ad esempio negli Stati Uniti per l'emissione degli avvisi di ondate di calore. Nella Tabella 1 sono riportati i valori dell'indice e il corrispondente livello di pericolo delle condizioni di caldo, insieme ai possibili effetti sulla salute.

- **Kazalnik vročine** (*HI* – *ang. Heat index*) določa navidezno temperaturo oz. temperaturo, ki jo dejansko občutimo glede na temperaturo zraka in relativno zračno vlago. Kazalnik vročine je prvič razvil Steadman leta 1979, medtem ko se današnja formula opira na predlog Rothfusa iz leta 1990 (Rothfus, 1990).

$$HI = -24.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot RH - 0.22475541 \cdot T \cdot RH - (6.83783 \times 10^{-3})T^2 - (5.481717 \times 10^{-2})RH^2 + (1.22874 \times 10^{-3})T^2RH + (8.5282 \times 10^{-4})T RH^2 - (1.99 \times 10^{-6})T^2RH^2,$$

kjer je T temperatura zraka v °C, RH pa relativna vlažnost v odstotkih. Kazalnik vročine HI se uporablja v ZDA za izdajanje vročinskih opozoril.

Tabella 1 prikazuje vrednost kazalnika HI ter pripadajočo stopnjo resnosti vročinskih razmer in vpliv na zdravje.

Tabella 1: valore dell'indice di calore con i relativi livelli di pericolo e i possibili effetti sulla salute.

HI [°C]	Livello di pericolo	Effetti sulla salute
32-39	attenzione	svenimenti, crampi da calore, spossatezza
40-51	pericolo	alta probabilità di crampi da calore, spossatezza, probabilità di colpo di calore
≥ 52	pericolo estremo	elevata probabilità di colpo di calore

Tabela 1: Vrednost kazalnika vročine s pripadajočo stopnjo resnosti razmer ter vpliva na zdravje

HI [°C]	Stopnja resnosti	Vpliv na zdravje
32-39	previdnost	omedlevica, vročinski krči, utrujenost
40-51	nevarnost	velika verjetnost vročinskih krčev in utrujenosti, verjetnost za vročinsko kap
≥ 52	izjemna nevarnost	velika verjetnost za vročinsko kap

- **Indice di umidità** (*Humidex*, dall'inglese *humidity index*): indice canadese che combina la temperatura dell'aria con l'umidità per esprimere la temperatura percepita (*Masterton & Richardson, 1979*). Per il calcolo dell'indice si utilizza spesso la seguente formula semplificata:

$$\text{humidex} = T + 0.5555 \cdot (e - 10),$$

dove T è la temperatura dell'aria in °C ed e è la pressione di vapore acqueo. Ulteriori dettagli sul calcolo dell'indice sono disponibili nell'appendice posta in fondo al documento. La tabella 2 mostra i valori dell'indice *Humidex*, associati ai relativi livelli di pericolo in condizioni di caldo estremo e ai possibili effetti sulla salute.

- **Kazalnik vlažnosti** (*Humidex* - ang. *Humidex* oz. *humidity index*) se uporablja za izračun navidezne temperature v Kanadi (*Masterton in Richardson, 1979*). Pri ocenjevanju se pogosto uporablja poenostavljena formula:

$$\text{humidex} = T + 0.5555 \cdot (e - 10),$$

kjer je T temperatura zraka v °C in e parni tlak vodne pare v hPa. Daljši in natančnejši izračun kazalnika vlažnosti je na voljo v Dodatku, ki se nahaja na koncu dokumenta.

Tabela 2 prikazuje vrednost kazalnika *Humidex* ter pripadajočo stopnjo resnosti vročinskih razmer in vpliv na zdravje.

Tabella 2: valore dell'indice di umidità con i relativi livelli di pericolo e i possibili effetti sulla salute.

Humidex [°C]	Livello pericolo	diEffetti per la salute
27-30	attenzione	lieve stanchezza
30-40	elevata attenzione	spossatezza
40-55	pericolo	elevata possibilità di stress termico
≥ 55	estremo pericolo	probabile colpo di calore

- **Indice di disagio** (DI – Discomfort Index; noto anche come indice di Thom): indicatore del calore relativamente semplice e ampiamente utilizzato, sviluppato per fornire una valutazione quantitativa del disagio termico percepito dall'essere umano (Thom, 1959). L'indice si basa sulla combinazione della temperatura di bulbo secco e di bulbo bagnato (*dry bulb* e *wet bulb temperature*). Grazie alla sua semplicità, è tuttora impiegato in molte analisi di stress da calore, anche se oggi sono disponibili indicatori più avanzati. L'equazione per il calcolo dell'indice è la seguente:

$$DI = 0.4 \cdot (T_a + T_w) + 4.8,$$

dove T_a e T_w sono rispettivamente le temperature di bulbo secco e di bulbo bagnato, espresse entrambe in °C. La Tabella 3 riassume i valori dell'indicatore, con i relativi livelli di disagio e gli effetti sulla salute.

Tabella 2: Vrednost kazalnika vlažnosti s pripadajočo stopnjo resnosti razmer ter vpliva na zdravje

Humidex [°C]	Stopnja resnosti	Vpliv na zdravje
27-30	previdnost	blaga utrujenost
30-40	povečana previdnost	utrujenost
40-55	nevarnost	velika verjetnost za vročinski stres
≥ 55	Izjemna nevarnost	takojšna možnost vročinske kapi

- **Kazalnik neugodja** (DI – ang. Discomfort index), znan tudi kot Thomov indeks, je razmeroma preprost in široko uporabljen vročinski kazalnik. Razvit je bil z namenom kvantitativnega ocenjevanja toplotnega neugodja (Thom, 1959). Temelji na kombinaciji suhe in mokre temperature zraka (t. i. »dry bulb« in »wet bulb« temperature), s čimer omogoča enostavno oceno vpliva toplotnih razmer na človekovo počutje. Zaradi svoje enostavnosti je še vedno pogost pri analizah toplotnega neugodja, čeprav so danes na voljo tudi naprednejši kazalniki, ki vključujejo dodatne parametre, kot so relativna vlažnost, hitrost vetra in sevanje. Enačba za izračun je sledeča:

$$DI = 0.4 \cdot (T_a + T_w) + 4.8,$$

kjer je T_a temperatura suhega, T_w pa temperatura mokrega termometra v °C. Tabella 3 povzema vrednost kazalnika in pripadajočo stopnjo neugodja ter vpliva na zdravje.

Tabella 3: valore dell'indice di disagio con i relativi livelli di disagio e i possibili effetti sulla salute.

DI [°C]	Categoria di disagio	Effetti per la salute
21-24	leggero disagio	disagio percepito da una parte della popolazione
24-27	disagio	la maggioranza della popolazione avverte disagio
27-29	forte disagio	forte disagio per tutti. Rischio di colpi di calore
29-32	stato di emergenza medica	disagio molto forte. Rischio elevato di colpi di calore
≥ 32	pericolo	rischio elevato di colpi di calore

Questo indice viene utilizzato in varie regioni italiane per valutare la possibilità di emettere allerte da calore e per allertare le direzioni sanitarie regionali. In particolare, per questo scopo, sono state definite soglie di disagio specifiche che non riguardano solo i dati istantanei ma anche i valori giornalieri (ARPA FVG, 2018). L'utilizzo di un unico valore giornaliero rappresenta un vantaggio, in quanto semplifica sia la comunicazione dei risultati sia le procedure di calcolo. Sul sito di ARPA FVG vengono pubblicati i valori osservati e previsti del DI per la regione Friuli Venezia Giulia (<https://www.meteo.fvg.it/caldo.php?ln=&>). Sono disponibili sia mappe che mostrano le aree regionali colorate in base al livello di disagio dell'indice giornaliero, sia un grafico con i valori orari e le previsioni triorarie per diverse località della regione.

Tabella 3: Vrednost kazalnika neugodja s pripadajočo stopnjo neugodja ter vpliva na zdravje

DI [°C]	Stopnja neugodja	Vpliv na zdravje
21-24	rahlo neugodje	neugodje, ki ga občuti del prebivalstva
24-27	neugodje	večina prebivalstva občuti neugodje
27-29	povečano neugodje	močno neugodje za vse, možnost za vročinsko kap
29-32	izredne zdravstvene razmere	izjemno močno neugodje, visoko tveganje vročinske kapi
nad 32	nevarnost	visoko tveganje vročinske kapi

Ta kazalnik se uporablja v različnih italijanskih regijah za ocenjevanje vročinskih razmer in izdajanje pripadajočih opozoril, ter za obveščanje regionalnih zdravstvenih ustanov. Za ta namen so bile določene posebne mejne vrednosti toplotnega neugodja, ki ne upoštevajo le trenutnih razmer, temveč tudi dnevne vrednosti (ARPA FVG, 2018). Uporaba enotne dnevne vrednosti predstavlja prednost, saj poenostavi tako sporočanje rezultatov, kot tudi postopke izračuna. Na spletni strani ARPA FVG so objavljene izmerjene in napovedane vrednosti DI za deželo Furlanijo – Julijsko krajino (<https://www.meteo.fvg.it/caldo.php?ln=&>). Na voljo so tako zemljevidi z obarvanimi regijami glede na dnevno vrednost kazalnika neugodja, kot tudi grafi z urnimi vrednostmi in tridnevnimi napovedmi za posamezna območja v regiji.

HeatIslands Adapt

Nella figura 2 si può osservare un esempio dell'indice di disagio orario calcolato sulla base dei dati della stazione di Gorizia Aeroporto tra il 13 e il 15 Agosto 2024.

Na sliki 2 je prikazan primer urnega poteka kazalnika neugodja, izračunanega na podlagi podatkov s postaje Gorica Letališče med 13. in 15. avgustom 2024.

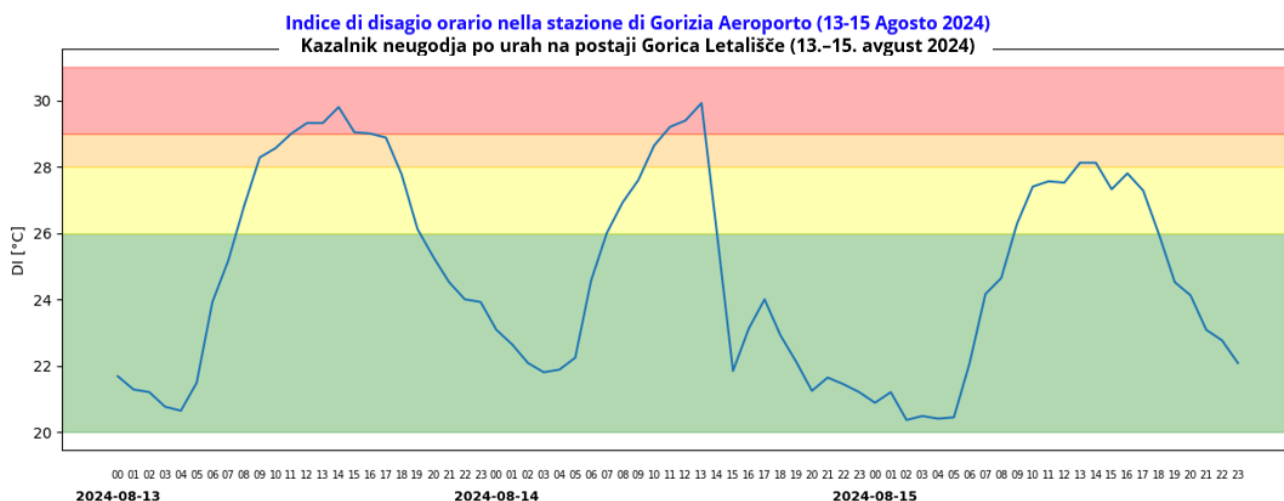


Figura 2: Andamento temporale del DI presso la stazione di Gorizia Aeroporto tra il 13 e il 15 agosto 2024. Le soglie indicate sono quelle dell'indice giornaliero.

Slika 2: Časovni potek kazalnika DI na postaji Gorica Letališče med 13. in 15. avgust 2024. Prikazane barvne meje se nanašajo na enotno dnevno vrednost kazalnika.

- **Temperatura pseudo-equivalente** (PET – Pseudo-equivalent Temperature): combina l'effetto della temperatura e dell'umidità dell'aria, secondo la seguente formula:

$$PET = T + 1.5e,$$

dove T rappresenta la temperatura dell'aria in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ed e è la pressione parziale del vapore acqueo in hPa. L'indice compare nel manuale di meteorologia medica (Vida M., 1990) ed è frequentemente utilizzata in Slovenia per l'analisi della mortalità durante le ondate di calore (ARSO, Indicatori ambientali, 2021).

- **Psevdo ekvivalentna temperatura** (PET) se pojavlja v učbeniku za medicinsko meteorologijo (Vida M., 1990) in se v Sloveniji pogosto uporablja pri ocenjevanju povečane umrljivosti v času vročinskih valov (ARSO, kazalci okolja, 2021).

Povezuje vpliv temperature in vlažnosti zraka po sledeči formuli:

$$PET = T + 1.5e,$$

kjer T predstavlja temperaturo zraka v $^{\circ}\text{C}$, e pa parni tlak vodne pare v hPa.

- **Temperatura effettiva netta** (NET – *Net Effective Temperature*): indice introdotto per la prima volta da Missenard nel 1937 con l'obiettivo di includere, oltre alla temperatura, l'effetto della umidità relativa e del vento. La versione originale era concepita esclusivamente per condizioni di caldo estremo, ma fu successivamente modificata da Gregorczyk, che la rese adatta anche alla valutazione di condizioni di freddo estremo. L'indice è integrato, ad esempio, nei sistemi di previsione meteorologica in Cina (Li & Chan, 2000) e in Portogallo, dove l'allerta per condizioni di caldo estremo viene attivata quando il valore previsto di NET supera il 97,5° percentile (IMPA, 2025). La formula per il calcolo è la seguente:

$$NET = 37 - \frac{37-T}{0.68-0.0014RH+\frac{1}{(1.76+1.4v^{0.75})}} - 0.29T(1 - 0.01RH),$$

dove T è la temperatura dell'aria (°C), v è la velocità del vento (m/s), e RH è l'umidità relativa in percentuale (%).

- **Temperatura apparente** (AT – *Apparent Temperature*): rappresenta la temperatura, riferita a un'umidità relativa di riferimento, che genera lo stesso livello di disagio termico prodotto dalla combinazione della temperatura e dell'umidità effettivamente misurate al momento dell'osservazione (Simon et al., 2013). Come riferimento è stata scelta l'umidità assoluta corrispondente a una temperatura

- **Skupna efektivna temperatura** (NET – *ang. Net effective temperature*) je v procesu napovedovanja vremena v uporabi na Kitajskem (Li in Chan, 2000) in na Portugalskem, kjer se opozorilo za vročino izda, ko je napovedana NET vrednost višja od 97,5. centila (IMPA, 2025). Prvič jo je predstavil Missenard že leta 1937, z namenom vključitve vpliva relativne vlažnosti in vetra poleg temperature. Njegova oblika je bila namenjena zgolj vročim dnevom, zato jo je Gregorczyk nekoliko preoblikoval in jo naredil primerno tako za vročinske, kot za hladne ekstreme. Enačba za izračun je sledeča:

$$NET = 37 - \frac{37-T}{0.68-0.0014RH+\frac{1}{(1.76+1.4v^{0.75})}} - 0.29T(1 - 0.01RH),$$

kjer je T temperatura v °C, v hitrost vetra v m/s in RH relativna vlažnost v odstotkih.

- **Navidezna temperatura** (AT – *ang. Apparent temperature*) je opredeljena kot temperatura pri referenčni vlažnosti, ki povzroča enako stopnjo toplotnega neugodja kot dejansko izmerjena temperatura in vlažnost v trenutku opazovanja (Simon idr., 2013). Gre torej za temperaturo zraka, prilagojeno vplivu vlažnosti. Kot referenčno stanje je izbrana absolutna vlažnost, ki ustreza temperaturi rosišča 14 °C, saj se pri tej vrednosti navidezna temperatura le malo razlikuje od dejanske. Če je zračna vlaga višja od te referenčne vrednosti, je navidezna temperatura višja od izmerjene

di rugiada di 14 °C, poiché in tale condizione la temperatura dell'aria differisce poco dalla temperatura apparente. Quando l'umidità reale supera quella di riferimento, la temperatura apparente risulta maggiore della temperatura dell'aria; viceversa, con un'umidità inferiore, la temperatura apparente risulta più bassa. Un vantaggio di questo indicatore è la sua validità su un ampio intervallo di temperature, che ne consente l'utilizzo anche nei mesi invernali. La formula per il calcolo è la seguente:

$$AT = T + 0.33e - 0.7v - 4.$$

dove T è la temperatura dell'aria in °C, e è la pressione parziale del vapore acqueo in hPa, v è la velocità vento in m/s.

- **Indice climatico termico universale** (UTCI – *Universal Thermal Climate Index*): è uno degli indicatori più avanzati e completi per la valutazione dello stress termico sull'essere umano. Si basa su un modello termofisiologico del corpo umano, che consente una valutazione precisa dell'influenza delle diverse condizioni climatiche sulla percezione del calore (Jendritzky et al., 2012). Questo modello simula l'equilibrio energetico del corpo umano e tiene conto di quattro fattori chiave: temperatura e umidità dell'aria, velocità del vento e temperatura

temperatura zraça; pri nižji vlazi pa velja obratno.

Prednost tega kazalnika je, da je uporaben v širokem temperaturnem razponu, zato ga lahko uporabljamo tudi v zimskih mesecih. Enačba za izračun ima naslednjo obliko:

$$AT = T + 0.33e - 0.7v - 4,$$

kjer je T temperatura zraça v °C, e parni tlak vodne pare v hPa in v hitrost vetra v m/s.

- **Univerzalni toplotni klimatski kazalnik** (UTCI – ang. *Universal Thermal Climate Index*) je eden izmed najnaprednejših in najbolj celovitih kazalnikov za oceno toplotnega neugodja pri človeku. Temelji na termofiziološkem modelu človeškega telesa, ki omogoča natančno oceno vpliva različnih podnebnih razmer na zaznavanje toplote (Jendritzky in sod., 2012). Svetovna meteorološka organizacija (WMO) ga priporoča za ocenjevanje vročinskih razmer na človeško telo. Tabela 4 povzema vrednost kazalnika in pripadajočo stopnjo neugodja ter vpliva na zdravje. UTCI se ne določi z enostavno formulo, temveč preko kompleksnega termofiziološkega modela, ki ponazarja energijsko ravnovesje človeškega telesa in upošteva štiri ključne dejavnike: temperaturo, vlažnost zraça, hitrost vetra ter srednjo temperaturo sevanja (MRT ang. – *mean radiant temperature*).

media radiante (MRT – *mean radiant temperature*). L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) lo raccomanda per la valutazione delle condizioni di calore sull'organismo umano. La tabella 4 riassume i valori dell'indicatore e il corrispondente livello di disagio e impatto sulla salute. Maggiori dettagli sull'UTCI e sul metodo di calcolo sono disponibili sul sito ufficiale dell'indicatore (<https://www.utci.org/>).

L'UTCI è utilizzato anche nel processo di previsione meteorologica in Slovenia come strumento aggiuntivo per valutare la severità delle condizioni di caldo. Il suo calcolo si basa sul modello meteorologico a breve termine ALADIN ed è aggiornato quotidianamente, fornendo previsioni per i tre giorni successivi sull'intero dominio del modello. Sul sito web di ARSO sono disponibili le visualizzazioni dei valori UTCI per alcune stazioni meteorologiche della Slovenia (<https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/sproduct/biomet/bulletin/sl/biovreme/>). La figura 3 mostra un esempio dell'andamento temporale dell'UTCI presso la stazione di Bilje nell'ottobre 2025.

Podrobnejši opis in izračun kazalnika je dosegljiv na uradni spletni strani kazalnika (<https://www.utci.org/>). Kazalnik UTCI se uporablja v procesu napovedovanja vremena v Sloveniji kot dodatno orodje pri ocenjevanju resnosti vročinskih razmer. Izračun temelji na kratkoročnem meteorološkem modelu ALADIN in se vsak dan pripravi za obdobje treh dni vnaprej. Vrednosti kazalnika se izračunajo za celotno modelsko domeno. Na spletni strani ARSO je na voljo tudi prikaz vrednosti UTCI za izbrane meteorološke postaje po Sloveniji (<https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/sproduct/biomet/bulletin/sl/biovreme/>). Na sliki 3 je prikazan primer časovnega poteka kazalnika UTCI na postaji Bilje v oktobru 2025.

Tabella 4: valore dell'UTCI con i relativi livelli di disagio e i possibili effetti sulla salute.

UTCI [°C]	Categoria di disagio	Effetti per la salute
26–32	medio	disagio
32–38	elevato	forte disagio, probabile spossatezza da calore
38–46	molto elevato	forte probabilità di spossatezza da calore e colpo di calore
≥46	estremo	alto rischio colpo di calore e sinfope

Tabella 4: Vrednost univerzalnega toplotnega klimatskega kazalnika s pripadajočo vrednostjo toplotnega stresa in vplivom na zdravje.

UTCI	Stopnja vročinskega stresa	Vpliv na zdravje
26–32	zmeren	neugodje
32–38	visok	močno neugodje, verjetnost vročinske izčrpanosti
38–46	zelo visok	velika verjetnost vročinske izčrpanosti in kapi
≥ 46	ekstremen	visoka možnost vročinske kapi in smrti

Bilje

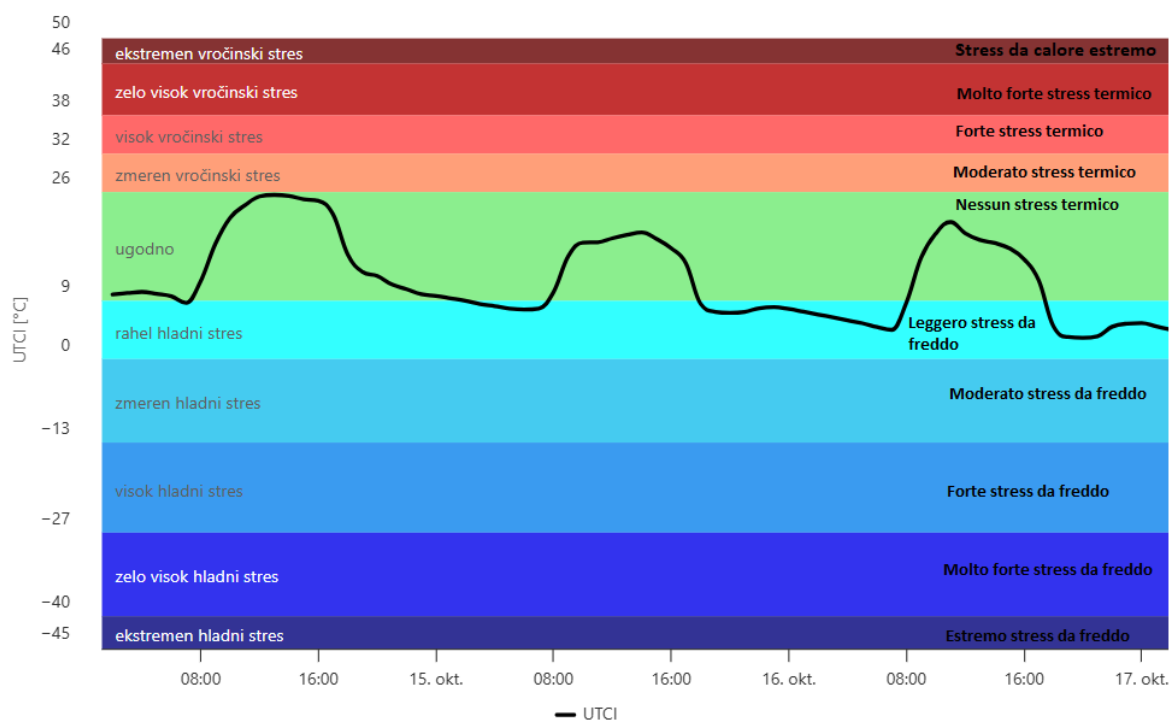


Figura 3: Andamento temporale dell'UTCI presso la stazione di Bilje tra il 14 e il 17 ottobre 2025

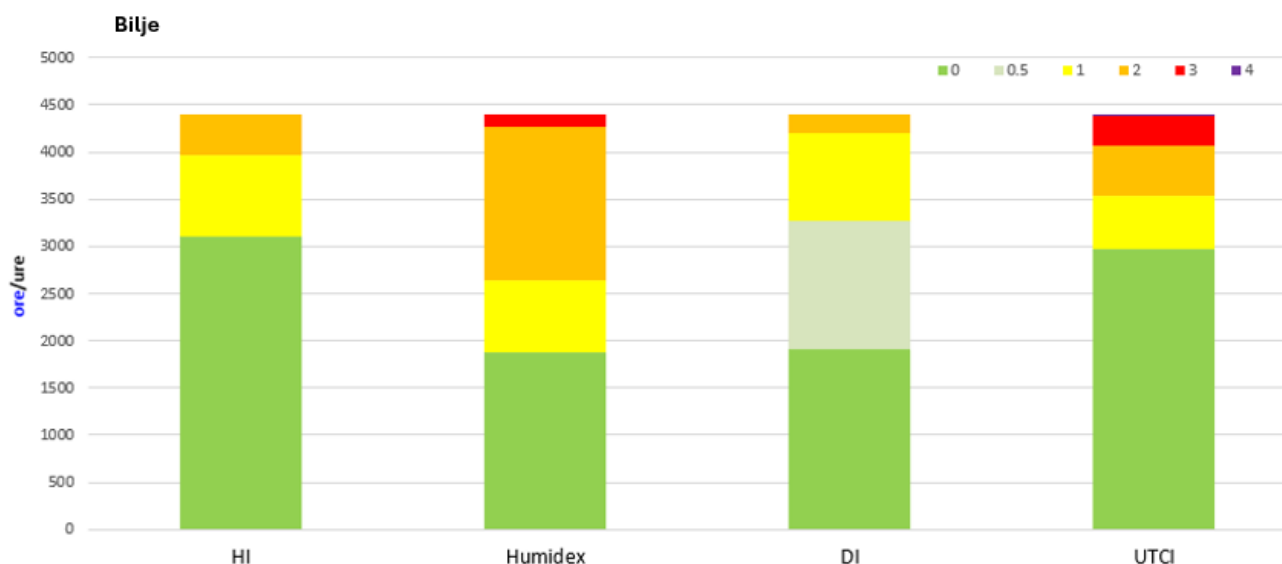
Slika 3: Časovni potek kazalnika UTCI na postaji Bilje med 14. in 17. oktobrom 2025.

Poiché gli indici biometeorologici presentati si basano su variabili differenti e hanno gradi di complessità diversi, anche i valori ottenuti e il modo in cui vengono definiti i livelli di allerta possono variare in modo significativo.

Per comprendere meglio il comportamento di questi indicatori, un set di quattro indici è stato applicato a due stazioni dell'area di studio. Nella Figura 4 è riportato il confronto tra la distribuzione oraria dei diversi livelli di disagio per ciascun indice. Dai risultati emerge che l'HI e il DI registrano il minor numero di casi nei livelli di disagio più elevati (livelli 2, 3 e 4). Al contrario, l'UTCI identifica il maggior numero di allarmi ai livelli 3 e 4, mentre l'Humidex tende ad attivare più frequentemente l'allarme per il livello 2 rispetto agli altri indici.

Predstavljeni biometeorološki kazalniki temeljijo na različnih vhodnih parametrih in se razlikujejo po svoji kompleksnosti. Posamezni kazalniki imajo definirane tabele z različnim številom stopenj neugodja, vendar vselej zajemajo enako zaporedje stanj – od običajnih do izjemnih.

Za boljše razumevanje razlik med razdelitvijo in številom razredov neugodja smo analizirali nabor štirih kazalnikov na dveh postajah znotraj pilotnega območja. Na sliki 4 je prikazana primerjava števila ur različnih ravni toplotnega neugodja za posamezen kazalnik. Rezultati kažejo, da HI in DI zaznata najmanj primerov v višjih ravneh neugodja (stopnje 2, 3 in 4). Nasprotno pa UTCI zazna največje število opozoril pri ravneh 3 in 4 (zelo visok in ekstremen vročinski stres), medtem ko Humidex pogosteje kot ostali kazalniki zazna opozorilo za stopnjo 2 (nevarne razmere).



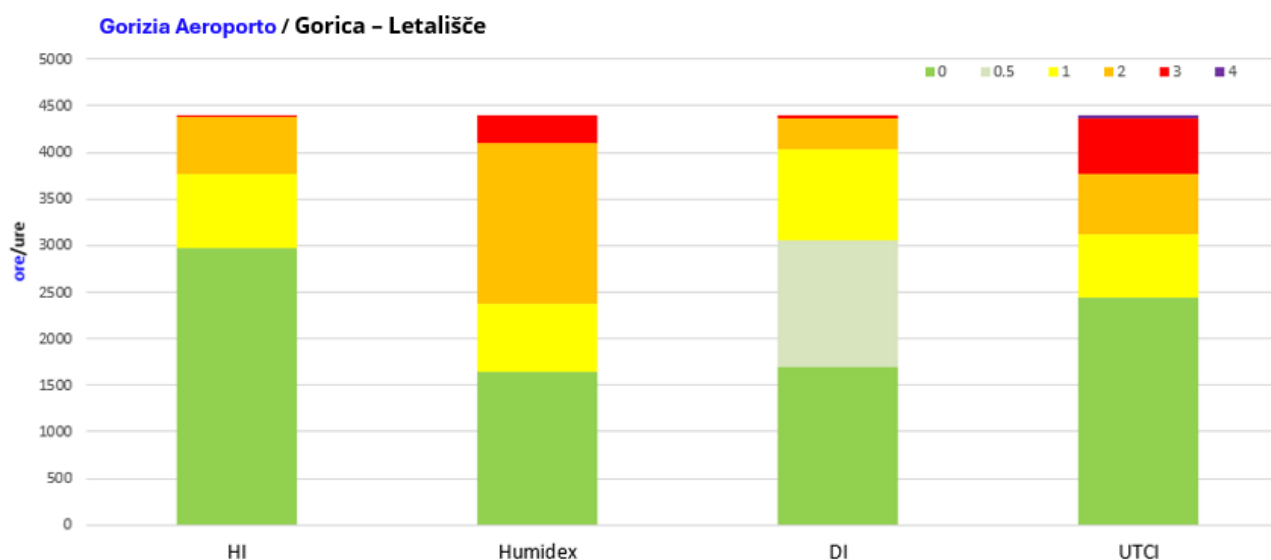


Figura 4: Confronto tra diversi indicatori biometeorologici presso le stazioni di Bilje (in alto) e di Gorizia Aeroporto (in basso): somma dei dati orari per diversi livelli di disagio. I dati si riferiscono ai mesi giugno-settembre 2024 e giugno-luglio 2025.

Slika 4: Primerjava različnih biometeoroloških kazalnikov na postajah Bilje (zgoraj) in Gorica – Letališče (spodaj): seštevek urnih podatkov za različne ravni neugodja. Podatki se nanašajo na mesece junij-september 2024 in junij-julij 2025.

3 Indicatori legati alle ondate di calore

Le ondate di calore sono tra i fenomeni meteorologici più pericolosi per l'uomo e causano un notevole aumento della mortalità e della morbidità, in particolare tra i gruppi di popolazione più vulnerabili, come anziani, bambini e persone con malattie croniche (WMO, 2023). L'analisi della loro frequenza, durata e intensità è di fondamentale importanza per le politiche di sanità pubblica e i sistemi di allerta precoce. A livello globale non esiste una definizione univoca di ondata di calore; in generale, si considera tale un periodo prolungato caratterizzato da temperature significativamente superiori alla norma (WMO, 2023).

3 Kazalniki vročinskih valov

Vročinski valovi sodijo med najnevarnejše meteorološke pojave, saj povzročajo občutno povečanje smrtnosti in obolevnosti, zlasti med najbolj ranljivimi skupinami prebivalstva, kot so starejši, otroci in osebe s kroničnimi boleznimi (WMO, 2023).

Analiza njihove pogostosti, trajanja in intenzivnosti je ključnega pomena za javnozdravstvene politike in sisteme zgodnjega opozarjanja.

Po svetu ni enotne definicije vročinskih valov, vendar v splošnem govorimo, da imamo vročinski val, ko imamo daljše obdobje nenavadno visokih temperatur (WMO, 2023). Definicije se navadno razlikujejo glede na geografske in podnebne značilnosti posameznega območja.

Le specifiche definizioni variano comunemente in funzione delle condizioni geografiche e climatiche locali. La Slovenia ha adottato e definito ufficialmente il fenomeno delle ondate di calore già da alcuni anni, mentre per il Friuli Venezia Giulia ARPA FVG non usa un'unica definizione ufficiale, ma diverse in base all'ambito.

In questa sezione vengono presentati alcuni degli indicatori sviluppati con l'obiettivo di definire e descrivere le ondate di calore:

- **L'indicatore di ondata di calore per la Slovenia** (HWSLO) definisce un'ondata di calore come un evento meteorologico che dura almeno tre giorni consecutivi, durante i quali la temperatura media giornaliera supera una certa soglia. Questa soglia varia in base al tipo di clima della singola regione (ARSO, 2018) e, ad esempio, nel clima moderatamente mediterraneo è fissata a 25 °C. La temperatura media giornaliera si calcola secondo la seguente formula:

$$T_{med} = (T_7 + T_{14} + 2 \cdot T_{21})/4$$

dove T_7, T_{14} e T_{21} sono le temperature rilevate alle ore 7, 14 e 21 CET (UTC+1, ora locale), espresse in gradi Celsius (Kamitz, 1960).

Slovenia je že pred nekaj leti sprejela in uradno opredelila pojav vročinskih valov, medtem ko ARPA FVG za Furlanijo – Julijsko krajino ne uporablja ene same uradne definicije, temveč različne, odvisno od področja.

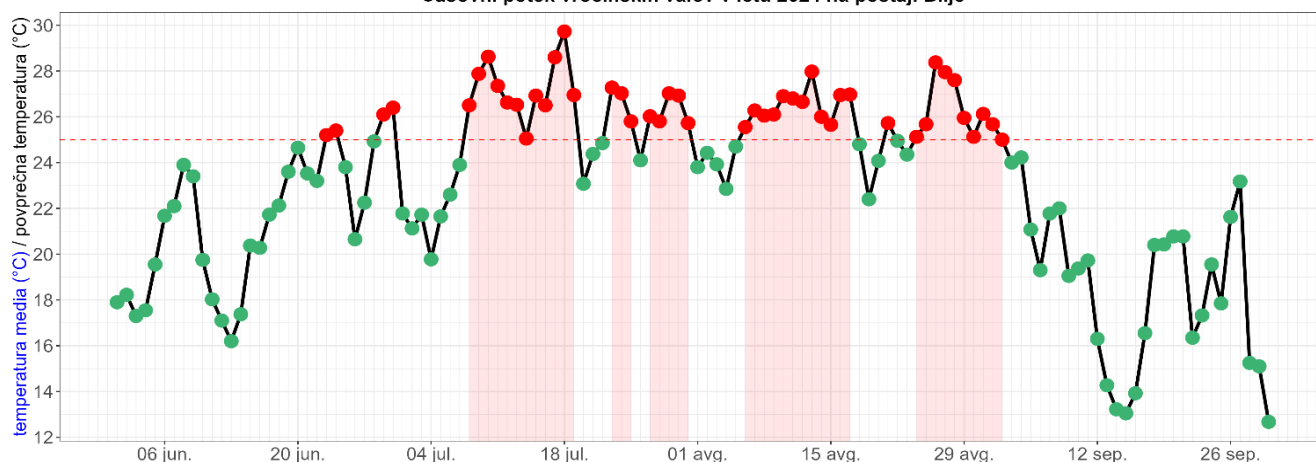
V tej skupini so zbrani kazalniki, ki so bili izoblikovani z namenom opredelitve vročinskih valov, med katerimi izpostavljamo naslednje:

- **Kazalnik vročinskega vala za Slovenijo** (HWSLO) opredeljuje vročinski val kot vremenski dogodek, ki traja najmanj tri zaporedne dni, pri čemer povprečna dnevna temperatura preseže določen prag. Ta prag se razlikuje glede na podnebni tip posamezne regije (ARSO, 2018). V zmerno mediteranskem podnebnem tipu (kamor sodi tudi pilotno območje projekta) mora tako povprečna dnevna temperatura zraka vsaj tri dni zapored presegati vrednost 25 °C. Povprečna temperatura zraka se izračuna po sledeči formuli:

$$T_{pov} = (T_7 + T_{14} + 2 \cdot T_{21})/4,$$

kjer so T_7, T_{14} in T_{21} temperature ob 7., 14. in 21. uri po lokalnem času (UTC +1 h) v enotah °C (Kamitz, 1960).

Andamento temporale delle ondate di calore nel 2024 alla stazione di Bilje
Casovni potek vročinskih valov v letu 2024 na postaji Bilje



Andamento temporale delle ondate di calore nel 2024 alla stazione di Nova Gorica
Casovni potek vročinskih valov v letu 2024 na postaji Nova Gorica

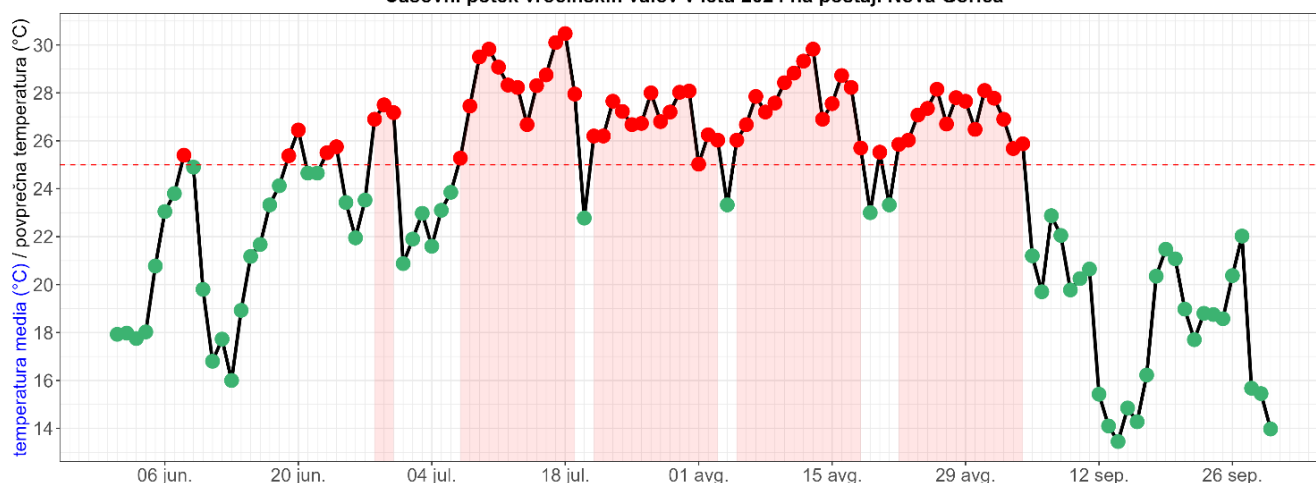


Figura 5: Evoluzione della temperatura media dell'aria registrata nelle stazioni di Bilje (in alto), rappresentativa delle aree rurali, e Nova Gorica (in basso), rappresentativa della città, durante i mesi estivi del 2024. I punti verdi e rossi indicano i valori della temperatura media giornaliera dell'aria, rispettivamente quando essa è inferiore o superiore alla soglia dei 25 °C; le aree rosse rappresentano i periodi in cui sono soddisfatte le condizioni per un'ondata di calore.

Slika 5: Časovni potek povprečne temperature zraka, izmerjene na postajah Bilje (zgoraj), ki predstavlja podeželje in Nova Gorica (spodaj), ki predstavlja mesto v poletnih mesecih leta 2024. Zelene pike prikazujejo vrednosti dnevne povprečne temperature zraka, rdeče pike označujejo dneve, ko je ta višja od 25 °C, rdeča polja pa ponazarjajo obdobja, ko so izpolnjeni pogoji za vročinski val.

La figura 5 mostra il verificarsi delle ondate di calore nel 2024 presso le stazioni di Bilje e Nova Gorica, rappresentando un confronto delle condizioni di calore tra aree rurali e città.

Slika 5 prikazuje pojavljanje vročinskih valov v letu 2024 na postajah Bilje in Nova Gorica, kar predstavlja primerjavo vročinskih razmer v mestu in na podeželju.

- **L'indicatore di ondata di calore Copernicus** (HWCop) è un indicatore utilizzato nei rapporti sullo "Stato del clima europeo" (European State of the Climate) del Copernicus Climate Change Service (C3S).
L'ondata di calore viene definita come un periodo di almeno tre giorni consecutivi in cui sia la temperatura minima che quella massima dell'aria sono superiori al 95° percentile dei valori per quel giorno, calcolati sul periodo di riferimento 1991–2020 (CCCS, 2024).
- **L'indicatore della durata dell'ondata di calore** (HWDI – *Heatwave Duration Index*) è definito come la massima durata, espressa in giorni, di un'ondata di calore registrata in un anno (Ziegler e Abel, 2024).
In questo contesto, si considera ondata di calore un periodo di almeno cinque giorni consecutivi in cui la temperatura massima giornaliera supera di almeno 5 °C il valore climatologico di riferimento per quel giorno.
Questo indicatore è raccomandato anche dal Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC) e si basa sulla definizione di ondata di calore proposta dall'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO). In Italia, varie agenzie, tra cui ARPA FVG, utilizzano questo indicatore per stimare le condizioni di calore attese nel futuro in relazione ai diversi scenari di emissione di gas serra (Ziegler e Abel, 2024).
- **Kazalnik vročinskega vala Copernicus** (HWCop) je kazalnik, ki ga v svojih poročilih European state of the Climate uporablja Copernicus Climate Change Service (C3S).
Vročinski val definirajo s sledečo definicijo: obdobje vsaj treh zaporednih dni, ko sta tako najnižja kot najvišja temperatura zraka višji od 95. centila za ta dan v primerjalnem obdobju 1991–2020 (CCCS, 2024).
- **Kazalnik trajanja vročinskega vala** (HWDI – ang. Heatwave duration index) je opredeljen kot dolžina najdaljšega vročinskega vala v posameznem letu (Ziegler in Abel, 2024).
V tem primeru je vročinski val definiran kot obdobje vsaj petih zaporednih dni, ko je dnevna najvišja temperatura vsaj 5 °C višja od dnevne povprečne temperature iz primerjalnega obdobja. Ta kazalnik priporoča tudi Medvladna skupina za podnebne spremembe (IPCC) in temelji na definiciji vročinskega vala, ki jo je predlagala Svetovna meteorološka organizacija (WMO). V Italiji ga uporabljajo različne agencije, med drugim ARPA FVG, za ocenjevanje pričakovanih toplotnih razmer v prihodnosti glede na različne scenarije izpustov toplogrednih plinov (Ziegler in Abel, 2024).

La figura 6 mostra un esempio del processo di identificazione delle ondate di calore registrate nel 2024 presso le stazioni di Gorizia, secondo la definizione proposta dal WMO.

Slika 6 prikazuje pojavljanje vročinskih valov leta 2024 na postajah Gorica Letališče in Gorica – sedež ARPA v skladu z definicijo, ki jo predlaga WMO.

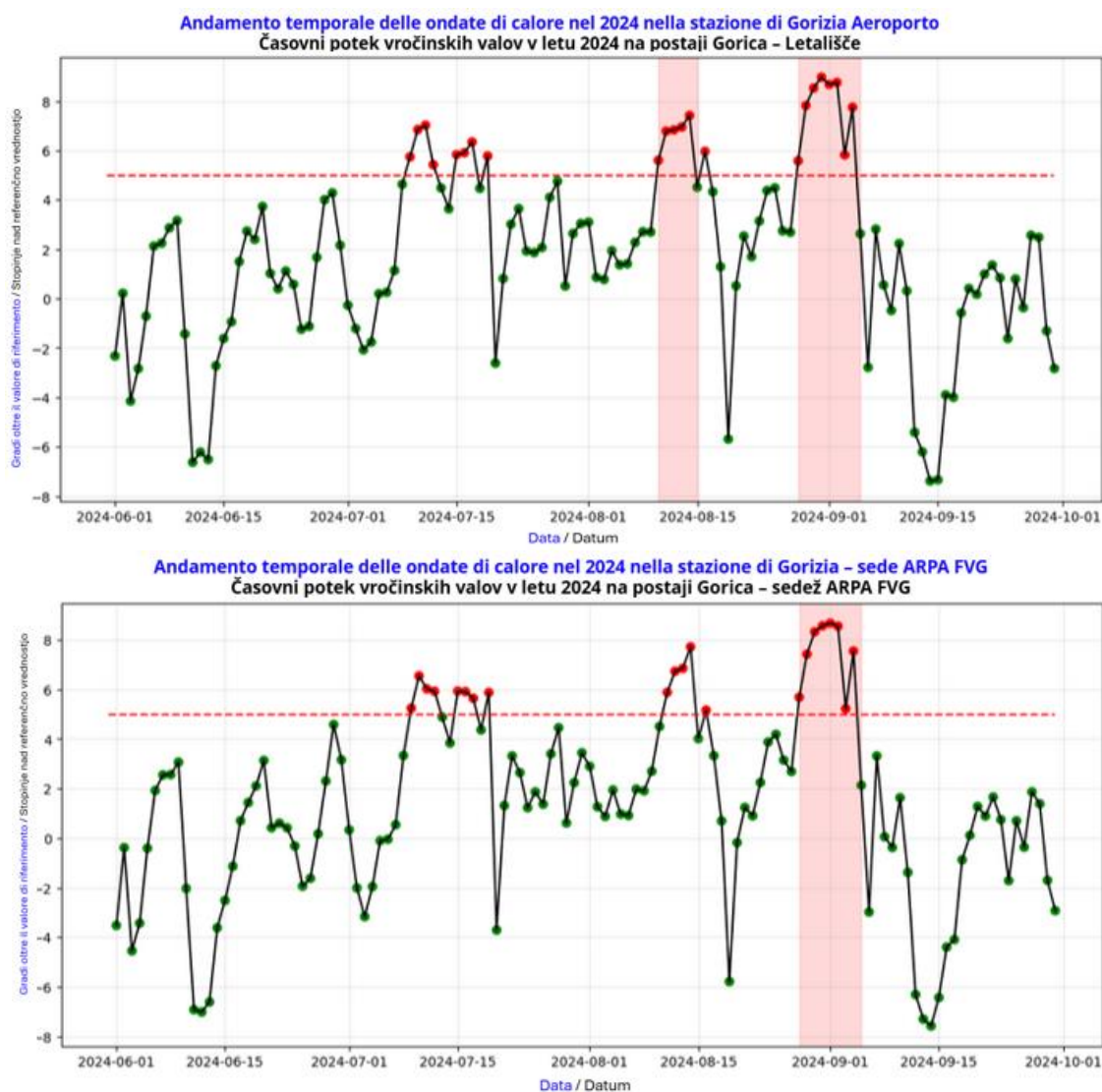


Figura 6: Anomalia della temperatura massima giornaliera rispetto al valore climatologico di riferimento, calcolato su una finestra di 5 giorni per il periodo 1991-2020. I dati sono relativi alle stazioni di Gorizia Aeroporto (in alto) e Gorizia-sede ARPA (in centro) durante i mesi estivi del 2024. I punti verdi e rossi indicano i valori dell'anomalia, rispettivamente quando essa è inferiore o superiore alla soglia dei 5 °C; le aree rosse rappresentano i periodi in cui sono soddisfatte le condizioni per un'ondata di calore.

Slika 6: Časovni potek odklona dnevne najvišje temperature od primerjalne vrednosti, izračunane na podlagi 5-dnevnega drsečega okna za obdobje 1991–2020. Prikazani so poletni meseci leta 2024 na postaji Gorica Letališče (zgoraj) in Gorica – sedež ARPA (spodaj). Zeleni in rdeči krogi označujejo vrednost odklona, kadar je ta nižji oziroma višji od praga 5 °C, rdeča območja pa prikazujejo obdobja, v katerih so izpolnjeni pogoji za vročinski val.

- **Il Fattore di calore eccessivo** (EHF – *Excess Heat Factor*) è un indicatore sviluppato in Australia con l'obiettivo di definire le ondate di calore (Nairn e Fawcett, 2013). Esso combina l'influenza di due indicatori: **l'indicatore di calore** (EHI_{sig} – *Excess Heat Index*) e **l'indicatore di calore che tiene conto dell'acclimatazione** (EHI_{accl} – *Excess Heat Index – acclimatization*). In Australia, un'ondata di calore è identificata quando l'EHF assume valori positivi, cioè quando risulta positivo il valore calcolato come:

$$EHF = EHI_{sig} \times \max(1, EHI_{accl}).$$

L'unità dell'indicatore è $^{\circ}C^2$. L'EHF giornaliero viene calcolato considerando le temperature medie del giorno stesso e dei due giorni consecutivi. Se l'ondata di calore dura più di tre giorni, la stima dello stress termico viene data dalla somma dei valori positivi dell'EHF. Ciò permette di confrontare tra loro diverse ondate di calore in base alla loro durata e intensità, in modo analogo a quanto avviene con l'indicatore HWMId.

La descrizione completa del calcolo del fattore di calore eccessivo, che combina l'intensità, la durata e il carico termico, è fornita nell'appendice posta alla fine del documento.

Nella figura 7 è mostrato un esempio dell'andamento temporale dell'EHF in diverse stazioni situate nell'area delle città di Gorizia e Nova Gorica.

- **Fattore di calore eccessivo** (EHF – *Excess heat factor*) je kazalnik, ki je bil izoblikovan v Avstraliji z namenom definicije vročinskega vala (Nairn in Fawcett, 2013). Združuje vpliv dveh kazalnikov, **kazalnika vročine** (EHI_{sig} , ang. *Excess Heat Index*) in **kazalnika vročine, ki upošteva privajanje na vročino** (EHI_{akl} , ang. *Excess heat index – acclimatization*). V Avstraliji je vročinski val določen s pozitivno vrednostjo:

$$EHF = EHI_{sig} \times \max(1, EHI_{akl}).$$

Enota kazalnika je $^{\circ}C^2$. EHF se izračuna za prvega od treh obravnavanih dni. Če vročinski val traja več kot tri dni, potem določimo t. i. vročinski napor kot vsoto pozitivnih vrednosti EHF. S pomočjo teh vsot lahko tako med sabo primerjamo različne vročinske valove po svojem trajanju in jakosti, podobno kot to lahko naredimo pri kazalniku dnevne jakosti vročinskega vala (HWMId). Celoten opis izračuna faktorja toplotnega presežka, ki združuje jakost, trajanje in toplotno obremenitev je podan v Dodatku ob koncu dokumenta.

Slika 7 prikazuje primer časovnega poteka kazalnika EHF na različnih postajah na območju mest Gorica in Nova Gorica.

Andamento temporale dell'indicatore EHF nel 2024 per stazione Časovni potek kazalnika EHF v letu 2024 po postajah

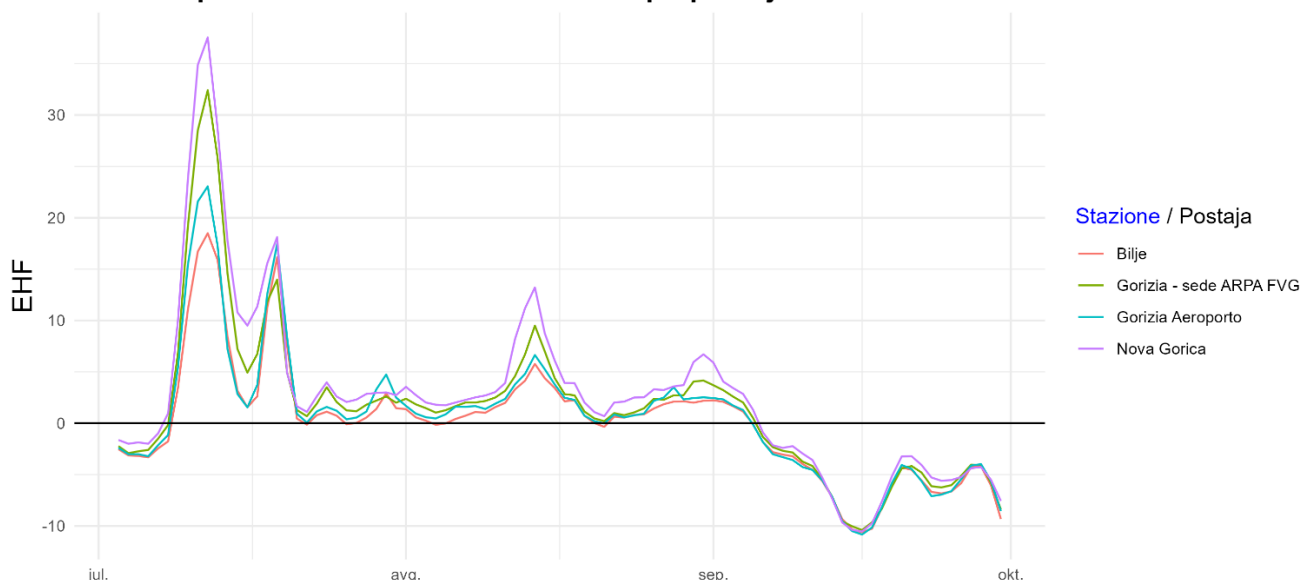


Figura 7: Andamento temporale dell'indice EHF nelle stazioni selezionate tra giugno 2024 e settembre 2024. Il valore soglia per EHF_{sig} è stato calcolato a partire da misurazioni omogeneizzate presso la stazione di Bilje. Poiché le stazioni si trovano molto vicine tra loro, si presume che il valore di riferimento del periodo trentennale 1991–2020 possa essere considerato lo stesso per tutte le stazioni. Secondo la definizione dell'indice EHF, l'ondata di calore è durata quasi per tutta l'estate in tutte le stazioni ($EHF > 0$). Presso la stazione di Bilje (linea rossa) si è interrotta per brevi periodi.

Slika 7: Časovni potek kazalnika EHF na izbranih postajah med junijem 2024 in septembrom 2024. Mejna vrednost za EHF_{sig} je izračunana iz homogeniziranih meritev na postaji Bilje. Postaje ležijo zelo blizu zato predpostavljamo enako referenčno vrednost iz 30-letnega obdobja 1991–2020 za vse postaje. Po definiciji kazalnika EHF je vročinski val trajal skoraj celotno poletje na vseh postajah ($EHF > 0$). Na postaji Bilje (rdeča črta) je bil nekajkrat za kratek čas prekinjen.

- **L'indicatore di intensità giornaliera dell'ondata di calore** (HWMId – *Heatwave Maximum Index Daily*) è stato proposto nel 2015 (Russo et al., 2015) e rappresenta una versione aggiornata e migliorata dell'indicatore HWMI (*Heatwave Magnitude Index*) (Russo et al., 2014). Per il calcolo di questo indicatore è necessario un periodo di riferimento di 30 anni. La soglia per identificare temperature superiori alla norma viene calcolata separatamente per

- **Kazalnik dnevne jakosti vročinskega vala** (HWMId – ang. *Heatwave maximum index daily*) je bil predlagan leta 2015 (Russo in sod., 2015) kot posodobljena in izboljšana različica kazalnika HWMI (*Heatwave Magnitude Index*) (Russo in sod., 2014). Za izračun tega kazalnika potrebujemo 30-letno primerjalno obdobje. Mejna vrednost za prepoznavanje nadpovprečnih temperatur se izračuna za vsak dan v letu posebej. Pri izračunu 90. centila se upošteva interval 15 dni pred in 15

ciascun giorno dell'anno. Per l'intero periodo di riferimento, si considera lo stesso intervallo dell'anno (15 giorni prima e 15 giorni dopo il giorno in esame i) e si calcola il 90° percentile della temperatura massima giornaliera. Un'ondata di calore viene definita come un periodo di almeno tre giorni consecutivi in cui questa soglia viene superata. Secondo questa definizione, possono essere identificate ondate di calore anche durante l'inverno.

L'indicatore HWMI_d cerca di classificare le ondate di calore in base alla durata e all'entità con cui le temperature massime giornaliere si discostano dalla soglia precedentemente calcolata. L'intensità dell'ondata di calore si calcola come somma delle intensità giornaliere all'interno della singola ondata. Il valore massimo registrato nell'anno rappresenta il valore dell'indicatore HWMI_d. L'intensità giornaliera si calcola come:

$$M_d(T_d) = \begin{cases} \frac{T_d - T_{30y25p}}{T_{30y75p} - T_{30y25p}}, & \text{se } T_d > T_{30y25p} \\ 0, & \text{se } T_d \leq T_{30y25p} \end{cases}$$

dove T_d è il valore della temperatura massima giornaliera in °C, mentre T_{30y25p} e T_{30y75p} sono rispettivamente il 25° e il 75° percentile dei valori massimi annuali della temperatura nel periodo di riferimento trentennale selezionato (Russo et al., 2015).

dni po obravnavanem dnevu. Vročinski val je opredeljen kot obdobje vsaj treh zaporednih dni, ko izmerjene temperature presegajo izračunano mejno vrednost. Po tej definiciji je mogoče vročinske valove zabeležiti tudi pozimi.

Kazalnik HWMI_d poskuša razporediti vročinske valove glede na trajanje in stopnjo odstopanja najvišjih dnevnih temperatur od predhodno izračunane mejne vrednosti. Jakost vročinskega vala se izračuna kot vsota jakosti po posameznih dnevih znotraj posameznega vročinskega vala. Najvišja vrednost v letu predstavlja vrednost kazalnika HWMI_d. Dnevno jakost izračunamo kot:

$$M_d(T_d) = \begin{cases} \frac{T_d - T_{30y25p}}{T_{30y75p} - T_{30y25p}}, & \text{se } T_d > T_{30y25p} \\ 0, & \text{se } T_d \leq T_{30y25p} \end{cases}$$

kjer je T_d vrednost dnevne najvišje temperature v °C, T_{30y25p} in T_{30y75p} pa sta 25. in 75. centil letnih najvišjih vrednosti temperature v izbranem 30-letnem primerjalnem obdobju (Russo in sod., 2015).

Uso e scopo dei diversi indicatori di calore

I diversi indicatori di calore sono progettati per finalità differenti. Alcuni presentano una struttura semplice e risultano quindi adatti a tutti e tre gli orizzonti temporali considerati nel progetto: l'analisi della climatologia storica, la previsione meteorologica a breve termine con eventuale emissione di allerte e la valutazione delle proiezioni climatiche future. Altri indicatori, invece, hanno formulazioni più complesse e sono concepiti per applicazioni specifiche, come la previsione dello stress da calore con alcuni giorni di anticipo.

Nella Tabella 5 sono sintetizzati tutti gli indicatori descritti in precedenza, con indicati la sigla e i parametri necessari per il calcolo, e la valutazione della loro idoneità rispetto ai diversi tipi di utilizzo. Il colore verde indica i casi in cui l'uso dell'indicatore è considerato appropriato; il colore rosso, invece, segnala che l'indicatore non è adatto per lo specifico scopo. Il colore arancione identifica situazioni in cui l'indicatore può essere calcolato, ma la qualità dei dati in ingresso è incerta, poiché disponibile solo per aree o periodi limitati. A questo ultimo gruppo appartengono gli indicatori che richiedono dati di umidità e vento, che sono generalmente soggette solo a controlli di qualità di base, presentano una forte variabilità spaziale e risultano più difficili da prevedere. Di conseguenza, il calcolo di questi indicatori è tecnicamente possibile, ma la loro affidabilità rimane limitata.

Questa criticità si riscontra anche per le proiezioni climatiche future, nelle quali non

Uporaba in namen različnih kazalnikov vročine

Različni kazalniki vročine so namenjeni različnim vrstam uporabe. Nekateri so zelo enostavni in zato primerni za vse tri časovne vidike, ki jih obravnavamo v projektu – analizo preteklih podnebnih sprememb, napoved vremena in izdajanje vremenskih opozoril za nekaj dni vnaprej, ter oceno podnebnih projekcij za prihodnost. Drugi kazalniki so precej kompleksni in zasnovani za specifične namene, kot je na primer napovedovanje toplotnega stresa nekaj dni vnaprej.

V tabeli 5 so povzeti vsi zgoraj opisani kazalniki skupaj z njihovim imenom, kratico, potrebnimi vhodnimi parametri, državo iz projektnega partnerstva kjer se kazalnik uporablja, ter oceno njihove ustreznosti za posamezne vrste uporabe. Z zeleno barvo smo označili primere, ko je uporaba kazalnika primerna, z rdečo pa primere, kjer izbran kazalnik ni primeren za uporabo. Oranžna barva nakazuje, da bi izbrani kazalnik sicer lahko izračunali, vendar je kakovost vhodnih podatkov vprašljiva, saj so ti na voljo le za krajše časovno obdobje. V to skupino spadajo vsi kazalniki, ki vključujejo podatke o vlagi in vetru. Meritve teh parametrov so običajno podvržene zgolj osnovni kontroli kakovosti, poleg tega se prostorsko hitro spreminjajo. Zato je izračun kazalnikov iz takšnih, slabo kontroliranih vhodnih podatkov sicer mogoč, a njihova zanesljivost ostaja negotova. Podobno kot pri analizi preteklih razmer, tudi pri ocenjevanju podnebnih projekcij velja, da posamezen kazalnik ni primerno ocenjevati, če vhodni podatki ne odražajo dejanskega stanja.

è opportuno utilizzare un certo indicatore se i dati in ingresso non riflettono lo stato reale. Ciò riguarda in particolare variabili come umidità, vento e radiazione solare, per le quali le osservazioni sono spesso scarse e riferite a periodi temporali limitati. Di conseguenza, le condizioni future sono disponibili solo a bassa risoluzione spaziale e non è sempre possibile applicare in modo efficace la correzione dei bias dei modelli climatici (*bias correction*). Quest'ultima è una procedura volta a ridurre gli errori sistematici dei modelli, così da rendere i risultati più coerenti e confrontabili con le osservazioni reali.

Un'ulteriore criticità riguarda gli indicatori che richiedono il calcolo di una soglia di riferimento basata su un periodo climatologico di 30 anni. Infatti, per l'area in esame non sono generalmente disponibili serie modellistiche così estese per le previsioni di temperatura e i risultati dei modelli vengono aggiornati e migliorati di frequente. Questa carenza può essere compensata in parte utilizzando i dati osservati, assumendo che le previsioni modellistiche siano confrontabili con le misurazioni. Tale presupposto è valido per la temperatura media giornaliera, mentre per le temperature massime e minime le discrepanze tra modelli e osservazioni risultano in genere più rilevanti. È comunque possibile ridurre questo limite rielaborando le previsioni attraverso specifiche metodologie statistiche, ma si tratta di un processo complesso. Per questo motivo, nella Tabella 5, con riferimento alle previsioni meteorologiche, gli indicatori che richiedono una soglia di riferimento climatologica sono contrassegnati in arancione.

Modelski izračuni prihodnjih razmer so dosegljivi v slabi ločljivosti za spremenljivke kot je vlaga, veter in sončno sevanje. Omenjenim spremenljivkam zaradi redkih meritev in kratkega časovnega obdobja opazovanj pogosto ni mogoče odpraviti pristranskosti. Odprava pristranskosti podnebnih modelov (ang. bias correction) je postopek, s katerim se popravijo sistematčne napake v rezultatih podnebnih modelov, da bi bili bolj primerljivi z dejanskimi opazovanji.

Nekateri kazalniki zahtevajo izračun mejne vrednosti za 30-letno primerjalno obdobje. Žal takšne baze modelskih izračunov za napovedovanje temperatur na obravnavanem območju praviloma niso na voljo, saj se modeli pogosto nadgrajujejo in izboljšujejo. To omejitev je mogoče delno zaobiti z uporabo meritev in predpostavko, da so modelske napovedi primerljive z meritvami. Ta predpostavka v primeru dnevne povprečne vrednosti temperature v zadostni meri še drži, v primeru najvišjih in najnižjih dnevnih vrednostih, pa so razlike med modelskimi napovedmi in izmerjenimi vrednostmi že prevelike. To omejitev je sicer možno zaobiti s ponovno obdelavo modelskih napovedi z različnimi statističnimi metodami, a je ta proces zahteven. V tabeli 5 so v primeru vremenskih napovedi takšni kazalniki obarvani z oranžno barvo.

Tabella 5: Tabella degli indicatori descritti con i rispettivi nomi e parametri di input per il calcolo. Le ultime tre colonne mostrano l'idoneità di ciascun indicatore per diversi tipi di utilizzo. Il colore verde indica che è adatto all'uso, il rosso indica che non è adatto, mentre il giallo segnala un'idoneità parziale.

Tabela 5: Tabela vseh opisanih kazalnikov s pripadajočimi imeni in vhodnimi parametri za izračun. Zadnji trije stolpci prikazujejo primernost posameznega kazalnika za različne načine uporabe. Zelena barva pomeni primerno za uporabo, rdeča pomeni ni primerno, oranžna pa nakazuje delno primernost.

Acronimo/ Kratika	nome in inglese/ angleško poimenovanje	Nome/ Ime	uso tra i paesi partecipanti/ utilizzo in sodelujočih državah (*)	parametri di input/ vhodni parametri	stato passato e attuale/ preteklo in trenutno stanje	previsioni meteorologiche e allerte/ vremenska napoved in opozorila	proiezioni climatiche/ podnebne projekcije
TR	Tropical nights	Notti tropicali / Tropske noči	IT e SI/ IT in SI	Tmin/Tmin			
SU	Summer days	Giorni estivi / Topli dnevi	IT e SI/ IT in SI	Tmax/Tmaks			
HD	Hot days	Giorni caldi / Vroči dnevi	IT e SI/ IT in SI	Tmax/Tmaks			
VHD	Very hot days	Giorni molto caldi / Zelo vroči dnevi	IT e SI/ IT in SI	Tmax/Tmaks			
HWSLO	Heat wave	Ondata di calore / Kazalnik vročinskega vala za Slovenijo	SI/ SI	Tmed/Tpov			
HWCop	Copernicus Heatwave	Ondata di calore Copernicus / Kazalnik vročinskega vala Copernicus	/	Tmin e Tmax/Tmaks in Tmin			
HWDI	heat wave duration	Durata dell'ondata di calore / Kazalnik trajanja vročinskega vala	IT / IT	Tmax/Tmaks			
HWMid	Heat wave magnitude index daily	Indice giornaliero di magnitudo dell'ondata di calore / Kazalnik dnevne jakosti vročinskega vala	SI/ SI	Tmax/Tmaks			
EHF	Excess Heat Factor	Fattore di calore eccessivo / Faktor toplotnega presežka	SI/ SI	Tmin e Tmax/Tmaks in Tmin			

UTCI	Universal Thermal Climate Index	Indice climatico termico universale / Univerzalni toplotni klimatski kazalnik	SI/ SI	T, RH, v, radiazione / T, RH, v, sevanje			
DI	Discomfort index	Indice di disagio/ Kazalnik neugodja	IT / IT	T, RH/ T, RH			
HI	Heat index	Indice di calore / Kazalnik vročine	/	T, RH/ T, RH			
Humidex	Humidity index	Indice di umidità / Kazalnik vlažnosti	/	T, RH/ T, RH			
NET	Net effective temperature	Temperatura effettiva netta / Skupna efektivna temperatura	/	T, RH, v/ T, RH, v			
AT	Apparent temperature	Temperatura apparente / Navidezna temperatura	/	T, RH, v/ T, RH, v			
PET	Pseudo equivalent temperature	Temperatura pseudo-equivalente / Pseudo ekvivalentna temperatura	SI/ SI	T, RH/ T, RH			

(*) Si specifica che per l'Italia (IT) si fa riferimento unicamente alla regione Friuli Venezia Giulia./ Opozorilo: oznaka Italija (IT) v tem primeru zajema izključno Furlanijo – Julijsko krajino.

Fonti/ Viri

ARPA FVG, 2018. " Previsione e monitoraggio degli effetti del calore sulla salute della popolazione: il progetto di ARPA FVG." Technical report.

ARSO. (2018). Začetek vročinskega vala.

https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/graph/vrocinski_kazalniki/vrocinski_val.pdf

ARSO, kazalci okolja, 2021: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/stevilo-umrlih-v-obdobju-vrocinskih-valov-1>

CCCS – Copernicus Climate Change Service. (2024). <https://climate.copernicus.eu/heatwaves-brief-introduction>

ETCCDI – Climate Change Indices, 2009, Definitions of the 27 core indices: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

IPMA. (2025).

<https://www.ipma.pt/en/enciclopedia/amb.atmosfera/index.bioclima/index.html?page=wsixml>

Jendritzky, G., et al. (2012). "The Universal Thermal Climate Index UTCI: Reassessment and Validation". International Journal of Biometeorology, 56(2), 241–248.

Li, P., Chan, S. (2000). Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. Meteorological Applications, 369–375.

Kamitz K. (1960). "Zur bioklimatischen Klassifikation der Hitzebelastung". Wetter und Leben, 12, 107–113.

Masterton, J. M., Richardson, F. A. (1979). "Humidex: a method of quantifying the combined effect of heat and humidity". Environment Canada, Atmospheric Environment Service.

Nairn, J., Fawcett, R. (2013). Defining heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia. Kent Town, South Australia: The Centre for Australian Weather and Climate Research.

Rothfusz, L. P. (1990). "The Heat Index 'Equation' (or, More Accurately, Guide)". NWS Technical Attachment, SR 90-23.

Russo, S., et al. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 12500-12512.

Russo, S., Sillman, J., Fischer, E. (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environmental Research Letters*, 10 (12).

Simon N., Gosling A., et al. (2013). A glossary for biometeorology. *International Journal of Biometeorology*, 58, 277-308.

Thom, E. C. (1959). "The Discomfort Index". *Weatherwise*, 12(2), 57-60.

UTCI (2000). <https://www.utci.org/>

Vida, M. (1990). *Medicinska meteorologija*, Ljubljana: Medicinska fakulteta.

World Meteorological Organization. (2023). Heatwaves. <https://wmo.int/topics/heatwave>

Ziegler, K., Abel, D. (2024). Climate Indicators: Heat Wave Duration Index (hwdi). <https://wuedata.uni-wuerzburg.de/radar/en/dataset/cEmyHYpGbShOetmD>,
<https://github.com/bennyistanto/heatwave-index>

Appendice

Descrizione dettagliata dell'Humidex

La formula estesa per calcolare l'indice di umidità è la seguente:

$$humidex = T + \frac{5}{9} \left(6.11 \times e^{5417.7530 \left(\frac{1}{273.16} - \frac{1}{T_d} \right)} - 10 \right)$$

dove T è la temperatura dell'aria in gradi Celsius ($^{\circ}\text{C}$), T_d è la temperatura di rugiada in gradi Kelvin (K).

La temperatura di rugiada T_d si calcola mediante l'equazione di Clausius-Clapeyron, che descrive la variazione della pressione di vapore saturo dell'acqua in funzione della temperatura:

$$T_d = \left(\frac{1}{273.16} - \frac{461}{2.5 \times 10^6} \ln \left(\frac{e}{6.11} \right) \right)^{-1}$$

dove

$$e = RH \cdot e_s$$

e

$$e_s = 6.11 \times e^{5417.7530 \left(\frac{1}{273.16} - \frac{1}{T} \right)}$$

I parametri e ed e_s rappresentano rispettivamente la pressione parziale del vapore acqueo (in hPa) e la pressione di vapore saturo (in hPa).

Dodatek

Daljši opis kazalnika vlažnosti

Natančna enačba kazalnika vlažnosti se glasi:

$$humidex = T + \frac{5}{9} \left(6.11 \times e^{5417.7530 \left(\frac{1}{273.16} - \frac{1}{T_d} \right)} - 10 \right),$$

kjer je T temperatura zraka v $^{\circ}\text{C}$, T_d temperatura rosišča v Kelvinih (K). Temperatura rosišča T_d se izračuna s pomočjo Clausius - Clapeyronove enačbe, ki opisuje spremembe nasičenega tlaka vodne pare v odvisnosti od temperature

$$T_d = \left(\frac{1}{273.16} - \frac{461}{2.5 \times 10^6} \ln \left(\frac{e}{6.11} \right) \right)^{-1}$$

kjer je

$$e = RH \cdot e_s$$

in

$$e_s = 6.11 \times e^{5417.7530 \left(\frac{1}{273.16} - \frac{1}{T} \right)}$$

Parametra e in e_s po vrsti označujeta parni tlak vodne pare (hPa) in nasičen tlak vodne pare (hPa).

Descrizione dettagliata dell'EHF

Il Fattore di calore eccessivo (EHF – *Excess Heat Factor*) è un indicatore sviluppato in Australia con l'obiettivo di definire le ondate di calore (Nairn e Fawcett, 2013). Esso combina l'influenza di due indicatori: **l'indicatore di calore** (EHI_{sig} – *Excess Heat Index*) e **l'indicatore di calore che tiene conto dell'acclimatazione** (EHI_{accl} – *Excess Heat Index – acclimatization*). Il primo, EHI_{sig} , considera l'effetto combinato di elevate temperature giornaliere e notti insolitamente calde. Il carico termico può essere determinato confrontando le temperature medie giornaliere di tre giorni consecutivi con un valore di riferimento. Il valore al 95° percentile delle temperature giornaliere misurate viene considerato come soglia per un'elevata esposizione al calore. L'indicatore di calore è quindi espresso come deviazione termica prolungata. La media su tre giorni è stata scelta sulla base dell'evidenza che la popolazione vulnerabile diventa sensibile al calore dopo tre giorni di esposizione a un eccesso termico significativo. Il valore climatico di riferimento per l'insorgenza del carico termico corrisponde al 95° percentile delle medie giornaliere osservate in un lungo periodo di tempo. Per il calcolo dell'indicatore di calore (EHI_{sig}) si calcolano innanzitutto le medie giornaliere della temperatura (T_{med}) su tutto il periodo pluriennale considerato (tenendo conto di tutti i giorni dell'anno) come:

$$T_{med} = (T_{max} + T_{min})/2$$

Daljši opis faktorja toplotnega presežka

Faktor toplotnega presežka (EHF – ang. *Excess heat factor*) je kazalnik, ki je bil izoblikovan v Avstraliji z namenom definicije vročinskega vala (Nairn in Fawcett, 2013). Združuje vpliv dveh kazalnikov, **kazalnika vročine** (EHI_{sig} – ang. *Excess Heat Index*) in **kazalnika vročine, ki upošteva privajanje** (EHI_{akl} – ang. *Excess heat index-acclimatization*). Prvi (EHI_{sig}) združuje vpliv visoke dnevne temperature in nadpovprečno tople noči. Obremenitev lahko določimo iz primerjave treh zaporednih dnevnih povprečnih temperatur zraka s primerjalno vrednostjo. Vrednost pri 95. centilu izmerjenih dnevnih temperatur velja za mejo velike toplotne obremenitve. Kazalnik vročine je tako izražen kot dolgotrajni temperaturni odklon. Povprečje treh dni je izbrano na podlagi ugotovitve, da ranljivi del prebivalstva postane občutljiv na vročino po treh dneh izpostavljenosti velikemu toplotnemu presežku. Podnebna primerjalna vrednost za nastop toplotne obremenitve je 95. centil izmerjenih dnevnih povprečnih temperatur v daljšem časovnem obdobju. Za izračun kazalnika vročine (EHI_{sig}) najprej izračunamo dnevno povprečno vrednost temperature (T_{med}) v celotnem opazovanem večletnem časovnem obdobju (upoštevajoč vse dneve v letu) kot:

$$T_{med} = (T_{maks} + T_{min})/2.$$

T_{maks} predstavlja dnevno najvišjo temperaturo v °C, T_{min} pa dnevno najnižjo, prav tako v °C. Naredimo povprečje po treh zaporednih dneh in izračunamo odstopanje

dove T_{max} e T_{min} rappresentano rispettivamente la temperatura massima e minima giornaliera in °C. Si calcola quindi la media su tre giorni consecutivi e si determina la deviazione rispetto al valore soglia:

$$EHI_{sig} = \frac{T_i + T_{i+1} + T_{i+2}}{3} - T_{95}$$

dove T_i è la temperatura media giornaliera (T_{med}) del giorno i in °C. Il valore T_{95} rappresenta il 95° percentile delle temperature medie giornaliere nel periodo trentennale selezionato, anch'esso espresso in °C.

L'indicatore di calore che tiene conto dell'acclimatazione (EHI_{accl}) si basa sull'osservazione che i giorni di maggiore disagio sono quelli più caldi rispetto al passato recente, ad esempio i 30 giorni precedenti. Analogamente all' EHI_{sig} , anche in questo caso si confrontano le medie giornaliere di tre giorni consecutivi con la media dei trenta giorni precedenti. L'indicatore esprime quindi la deviazione termica su un periodo breve e tiene conto del possibile rapido adattamento al calore. L'essere umano necessita da due a sei settimane per acclimatarsi a temperature elevate (da qui il riferimento ai 30 giorni precedenti). La forma dell'indicatore descritto è la seguente:

$$EHI_{accl} = \frac{T_i + T_{i+1} + T_{i+2}}{3} - \frac{T_{i-1} + \dots + T_{i-30}}{30}$$

dove T_i è la temperatura media giornaliera del giorno i espressa in °C.

L'unità dell'indicatore è °C. Analogamente all'indicatore di calore, anche questo è un indicatore relativamente recente, sviluppato nel 2013 in Australia.

od mejne vrednosti:

$$EHI_{sig} = \frac{T_i + T_{i+1} + T_{i+2}}{3} - T_{95}$$

kjer je T_i dnevna povprečna temperatura i -tega dneva v °C. Vrednost T_{95} predstavlja 95. centil dnevni povprečnih temperatur v izbranem tridesetletnem časovnem obdobju prav tako v enotah °C.

Kazalnik vročine, ki upošteva privajanje (EHI_{akl}), izvira iz opažanj, da so bolj obremenilni dnevi, ki so toplejši od nedavne preteklosti (predhodnih 30 dni). Podobno kot pri kazalniku vročine (EHI_{sig}) tudi tukaj dnevne povprečne temperature treh zaporednih dni primerjamo z dnevno povprečno temperaturo predhodnih trideset dni. Kazalnik tako izraža časovni odklon temperature v krajšem obdobju in upošteva morebitno hitro privajanje na vročino. Človek za privajanje na višje temperature potrebuje od dva do šest tednov (zato predhodnih 30 dni). Oblika opisanega kazalnika je sledeča:

$$EHI_{akl} = \frac{T_i + T_{i+1} + T_{i+2}}{3} - \frac{T_{i-1} + \dots + T_{i-30}}{30},$$

kjer je T_i dnevna povprečna temperatura i -tega dneva v °C.

Vrednost nam pove stopnjo toplotne obremenitve, ki je predstavljena kot temperaturni odklon, v primerjavi s povprečjem predhodnih trideset dni. Enota kazalnika je °C. Tako kot kazalnik vročine je tudi to relativno nov kazalnik iz leta 2013 in izvira iz Avstralije. Faktor toplotnega presežka združuje navedena nova kazalnika EHI_{sig} in EHI_{akl} , in združuje jakost, trajanje in toplotno obremenitev v času vročinskega vala.

Il fattore di calore eccessivo (EHF) combina i due nuovi indicatori, EHI_{sig} e EHI_{accl} , integrando intensità, durata e carico termico durante un'ondata di calore. In Australia, un'ondata di calore è definita da un valore positivo di:

$$EHF = EHI_{sig} \times \max(1, EHI_{accl})$$

L'unità dell'indicatore è $^{\circ}\text{C}^2$. L'EHF giornaliero viene calcolato considerando le temperature medie del giorno stesso e dei due giorni consecutivi. Se l'ondata di calore dura più di tre giorni, la stima dello stress da calore viene data dalla somma dei valori positivi dell'EHF. Ciò permette di confrontare tra loro diverse ondate di calore in base alla loro durata e intensità, in modo analogo a quanto avviene con l'indicatore HWMId.

V Australia è stato definito un valore di riferimento per l'EHF:

$$EHF = EHI_{sig} \times \max(1, EHI_{accl}).$$

Enota kazalnika je $^{\circ}\text{C}^2$. EHF se izračuna za prvega od treh obravnavanih dni. Če vročinski val traja več kot tri dni, potem določimo t. i. vročinski napor kot vsoto pozitivnih vrednosti EHF. S pomočjo teh vsot lahko tako med sabo primerjamo različne vročinske valove po svojem trajanju in jakosti, podobno kot to lahko naredimo pri kazalniku dnevne jakosti vročinskega vala (HWMId).