

PRIESTOROVÉ A ČASOVÉ ROZLOŽENIE DENNEJ TEPLOTY VZDUCHU V INTRAVILÁNE A EXTRAVILÁNE MESTA GALANTA POČAS VLNY HORÚČAV V AUGUSTE ROKU 2025

Veronika Beranová, Norbert Polčák, Igor Matečný, Adam Šupčík

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, e-mail: veronika.beranova@uniba.sk, norbert.polcak@uniba.sk, igor.matecny@uniba.sk, adam.supcik@uniba.sk

Abstract: The aim of this contribution was to analyse the spatial and temporal distribution of daily air temperature within the urban and peri-urban areas of Galanta during the heatwave of 2025, which occurred from 7 to 17 August. Measurements were conducted using 19 dataloggers recording at 10-minute intervals. From these data, daily T_{max} , T_{min} , T_{avg} , diurnal temperature range and Urban Heat Island indices were derived. Study sites were classified according to Local Climate Zones and grouped into five surface types: paved surfaces, urban greenery, grassland, arable land, and mixed-use areas. The analysis revealed a consistent and positive urban heat island intensity, with the highest mean temperatures observed over extensive paved areas and the lowest values recorded in locations characterized by continuous tree canopy and proximity to water bodies. Synoptic analysis confirmed that anticyclonic conditions (clear skies and light winds) enhanced nocturnal heat retention within the city. The results provide an empirical basis for targeted adaptation measures in urban planning and recommend expanding monitoring to include indices of perceived temperature and quantitative surface parameters. These findings support evidence-based interventions aimed at mitigating heat exposure and improving urban thermal resilience.

Keywords: Urban Heat Island (UHI), spatial variability of air temperature, temporal variability of air temperature, anticyclone, Galanta

1 ÚVOD A TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Mestské prostredie nemožno považovať za klimatologicky autonómny systém. Jeho tepelné, dynamické a chemické charakteristiky vznikajú v dôsledku komplexnej interakcie medzi lokálnymi vlastnosťami povrchu, napríklad stavebnými materiálmi, morfológickou štruktúrou a antropogénnou produkciou tepla, a veľkopriestorovým stavom atmosféry, ktorý ich obklopuje. Synoptická klimatológia, disciplína atmosférických vied skúmajúca vzťahy medzi cirkulačnými prvkami veľkej mierky

a klimatickými prejavmi na zemskom povrchu, preto predstavuje nevyhnutnú analytickú rovinu pri akomkoľvek výskume mestskej klímy (Barry a Perry, 1973; Yarnal et al., 2001). Vo výskume mestskej klímy je najvýznamnejším ukazovateľom mestský tepelný ostrov (Urban Heat Island, UHI), ktorý predstavuje jeden z najvýraznejších prejavov antropogénnej modifikácie miestnej klímy. Ide o jav, pri ktorom sú teploty v mestskej zástavbe systematicky vyššie než v prímestských a vidieckych oblastiach v dôsledku zmeny aktívnych povrchov v súvislosti s využitím územia, zníženej evapotranspirácie a antropogénnych tepelných emisií (Oke, 1982; Lee et al., 2015). UHI sa stal kľúčovým prvkom mestskej klimatológie, keďže významne ovplyvňuje tepelný komfort, zdravotné riziká a energetickú spotrebu (Gershunov et al., 2009; Ren et al., 2011). Podľa Oke (1982) intenzita mestského tepelného ostrova nie je inherentnou a nemennou vlastnosťou mesta, ale systematicky sa modifikuje v závislosti od synoptického typu počasia, dosahuje maxima počas jasných anticyklonálnych situácií a je potláčaná v podmienkach výraznej advekcie. Tento zásadný poznatok inicioval rozsiahlu líniu výskumu prepájajúcu cirkuláciu atmosféry a javy, ako sú nočná akumulácia tepla, akumulácia a zadržanie znečistenia ovzdušia v mestskom prostredí, modifikácia konvektívnych zrážok či zvýšená mortalita v mestách počas epizód extrémnych horúčav.

Energetická bilancia mestského prostredia, ako ju formalizoval Oke (1988) a následne rozšírili Oke et al. (2017), rozdeľuje čistú celkovú radiačnú bilanciu na zložky cititeľného, latentného, akumuláčného a antropogénneho tepelného toku. Každá z týchto zložiek je ovplyvňovaná synoptickými podmienkami. Malá oblačnosť počas noci pri anticyklonálnych situáciách umožňuje aktívne dlhovlnné vyžarovanie zemského povrchu, ktoré je v urbánnom prostredí vo zvýšenej miere zachytávané, čo však nemusí platiť v suburbánnom prostredí, čím sa zvyšuje kontrast medzi centrom mesta a jeho okolím.

Nízky tlak vodnej pary v anticyklonálnych vzduchových hmotách zosilňuje suburbánny ochladzovací efekt, čo vedie k amplifikácii nočného mestského tepelného ostrova (Oke, 1982). Naopak, oblačné a veterné cyklonálne situácie homogenizujú teplotu vzduchu v urbánnom a suburbánnom prostredí. Morris et al. (2001) kvantifikovali tento vzťah v Londýne na základe 15 ročného súboru rádiosondážnych a povrchových meraní a zistili priemerné zvýšenie intenzity UHI približne o 2,1 °C počas anticyklonálnych situácií.

Nočný mestský tepelný ostrov vzniká predovšetkým v dôsledku rozdielneho radiačného ochladzovania: suburbánne povrchy sa za jasnej oblohy ochladzujú rýchlo, zatiaľ čo mestská zástavba si udržiava a spätne vyžaruje teplo akumulované počas dňa. Synoptické anticyklonálne podmienky tento kontrast ešte zosilňujú. Tento efekt bol potvrdený viacerými štúdiami, napríklad v severoamerických mestách (Hardin et al., 2018), subtropických ázijských megamestách (Yang et al., 2017), v pobrežných mestách južnej pologule (Khan et al., 2021), aj v stredo európskom prostredí (Früh et al., 2011). Štúdia Shi et al. (2024) rovnako potvrdzuje, že vlny horúčav sú nevyhnutne spojené s pretrvávajúcimi anticyklónami a zosilňujú intenzitu UHI.

Okrem mestských ostrovov tepla, respektíve chladu evidujeme v urbánnom prostredí aj mikroostrov. Mestské prostredie vytvára mikroostrov tepla (micro-urban

heat islands) najmä tam, kde prevládajú spevnené a nepriepustné povrchy, ktoré cez deň absorbujú slnečné žiarenie a počas noci ho pomaly uvoľňujú; k tomu sa pridáva antropogénne teplo z dopravy, priemyslu a budov, čo dohromady vytvára lokálne vyššie teploty v porovnaní s okolitou krajinou (Assenova et al., 2024). Naopak, mikroostrov chladu sa formujú v lokalitách s vysokým zastúpením vegetácie, pri vodných plochách alebo v tienistých uličkách, kde evapotranspirácia, odparovanie a tieňovanie znižujú povrchové a vzdušné teploty; štúdie ukazujú, že parky a mestské zelené plochy môžu byť v letných dňoch o 1,5 – 5 °C chladnejšie než husto zastavané oblasti, pričom efekt závisí od veľkosti, typu vegetácie a miestnej urbanistickej štruktúry (Murtinová et al., 2022; Rao et al., 2025).

V podmienkach Slovenska je vlna horúčav definovaná ako najmenej 5-denné obdobie s denným maximom teploty vzduchu ≥ 30 °C a s maximom teploty ≥ 35 °C (tzv. supertropický deň) aspoň v jednom z týchto dní. Druhá definícia vln horúčav sa zameriava na priemernú dennú teplotu vzduchu, pričom o vlne horúčav hovoríme vtedy, keď sa vyskytne najmenej 5-denné obdobie s denným priemerom teploty vzduchu ≥ 23 °C a denným priemerom teploty ≥ 27 °C aspoň v jednom dni (Lapin et al., 2016).

Pri hodnotení mestského tepelného ostrova sa rutinne uplatňuje koncept lokálnych klimatických zón (Local Climate Zones, LCZ). Stewart a Oke (2012) tento koncept definovali ako štandardizovanú morfológickú taxonómiu pozostávajúcu zo sedemnástich tried, ktoré pokrývajú spektrum od kompaktných mestských zástavieb po otvorené zalesnené suburbánne plochy. Klimatické analýzy viazané na LCZ poskytujú konzistentné a reprodukovateľné charakteristiky výskumných lokalít, čo umožňuje kvantitatívne porovnanie vzťahov medzi synoptickými podmienkami a intenzitou mestského tepelného ostrova naprieč mestami s odlišnou morfológiou a klimatickými podmienkami (Anjos et al., 2020).

Stredná Európa patrí v posledných desaťročiach medzi najintenzívnejšie skúmané regióny v oblasti aplikovanej mestskej klimatológie. Dôvodom je kombinácia rôznorodých mestských morfológií, prechodného klimatického charakteru regiónu a výrazných urbanizačných zmien po roku 1990. V mestách ako Praha, Brno, Viedeň, Budapešť či Krakov sa preukázalo, že nočný UHI môže dosahovať hodnoty 5 – 10 °C v závislosti od synoptických podmienok a hustoty zástavby (Früh et al., 2011; Bokwa et al., 2018; Geletič et al., 2019; Kirschner et al., 2023).

Slovenské mestá sa od roku 1881 oteplili približne o 1,8 – 2,0 °C a doterajší výskum UHI sa sústreďoval najmä na Bratislavu, kde model MUKLIMO_3 preukázal nočné UHI až 4,1 °C počas vlny horúčav v roku 2015 (Holec et al., 2020). Analýzy zmien krajiny pokrývky v kontexte zmeny typu povrchov potvrdili výraznú zmenu intenzity UHI, od 4 °C v Bratislave po 1,5 °C v Žiline, čo súviselo s rastom nepriepustných povrchov (Kopecká et al., 2021). Satelitné mapovanie teploty povrchu doplnilo tieto poznatky, pričom v Bratislave boli zistené rozdiely až 7,5 °C medzi kompaktnou zástavbou a suburbánnou ornou pôdou (Holec a Šťastný, 2017); podobné analýzy boli realizované aj pre Prešov (Uhrin a Onačillová, 2025).

Cieľom predkladaného príspevku je analyzovať priestorové a časové rozloženie dennej teploty vzduchu v intraviláne a extraviláne mesta Galanta počas zazname-

nanej vlny horúčav roku 2025, ktorá prebiehala v období od 7. do 17. augusta. Uvedené obdobie predstavovalo zároveň najteplejšiu epizódu od začiatku mikroklimatických meraní realizovaných na území mesta. Príspevok detailne hodnotí synoptickú situáciu a lokálne klimatické podmienky so zameraním na ich vzťah k intenzite a priestorovej štruktúre mestského tepelného ostrova.

2 MATERIÁL A METÓDY

Výskum bol realizovaný na území mesta Galanta, pričom systematické mikroklimatické merania sa začali 22. júla 2025. V príspevku sú analyzované údaje od 7.8. do 17.8.2025. Galanta sa nachádza v juhozápadnej časti Slovenska, v centrálnej zóne Podunajskej nížiny, ktorá predstavuje najteplejšiu a najsuchšiu klimatickú oblasť Slovenska. Územie mesta sa rozprestiera v nadmorskej výške približne 114 – 130 m n. m. (UGKK, 2026) a vyznačuje sa mimoriadne plochým, morfológicky homogénnym reliéfom. Táto geomorfologická uniformita je typická pre rozsiahle aluviálne roviny formované dlhodobou sedimentáciou v prostredí nížinných meandrújúcich tokov.

Z klimatického hľadiska patrí Galanta podľa klasifikácie Lapina (2002) do teplej a veľmi suchej klimatickej oblasti Slovenska (región T1), charakterizovanej vysokou insoláciou, nízkymi ročnými úhrmami zrážok a častým výskytom letných horúčav. Kombinácia malej oblačnosti, slabého vetra a nízkej relatívnej vlhkosti vytvára podmienky mimoriadne priaznivé pre akumuláciu tepla v zastavanom území, a tým aj pre vznik a zosilňovanie mestského tepelného ostrova.

Tieto fyzickogeografické a klimatické charakteristiky mesta predstavujú kľúčový kontext pre interpretáciu mikroklimatických meraní a umožňujú hodnotiť intenzitu a priestorovú štruktúru mestského tepelného ostrova v podmienkach nížinného urbanizovaného prostredia.

2.1 Metódy merania a umiestnenie senzorov

Meracia sieť pozostávajúca z 19 teplotných dataloggerov bola navrhnutá a implementovaná v intraviláne aj extraviláne mesta Galanta s cieľom zachytiť priestorovú heterogenitu mikroklimatických podmienok a kvantifikovať teplotné kontrasty medzi mestskými a prímestskými plochami (Obr. 1).

Použité boli dataloggery Solinst Barologger 5 (Model 3001) vybavené platínovým odporovým teplomerom (RTD), inštalované približne 2 m nad terénom a chránené radiačným krytom Fiedler RK7; prístroje majú deklarovanú presnosť $\pm 0,05$ °C, rozlíšenie 0,003 °C a prevádzkový rozsah -20 °C až 80 °C, záznam bol nastavený na 10 minútový interval. Výber lokalít bol účelový a vychádzal zo snahy reprezentovať rozdielne morfológické a povrchové typy. V intraviláne to boli lokality reprezentujúce kompaktnú a nekompaktnú zástavbu, sídliskové štruktúry, rozsiahle spevnené plochy (parkoviská, námestia) a vegetačné prvky (mestské parky, školské dvory), v extraviláne poľnohospodárske plochy, vinohrady, trávnaté plochy, lesné porasty a lokality pri vode. Každé stanovište bolo klasifikované podľa systému

Local Climate Zones (LCZ) na základe terénneho prieskumu (Stewart a Oke, 2012; Geletič et al., 2019), využitia územia a dominujúcich aktívnych povrchov, čím sa zabezpečila porovnateľnosť meraní s existujúcimi urbánnoklimatickými štúdiami. Senzory boli priradené k piatim typom povrchov (spevnené plochy, mestská zeleň, mestské trávnaté plochy, orná pôda a zmiešaný typ). Roztriedené boli aj podľa LCZ tried, ktoré pokrývali zastavané typy tried (LCZ 3, 5, 6, 8, 10) a prírodné/prechodné typy (LCZ A, B, C/G, D, E/F, B/G). Pre priestorový kontext sa zachovalo aj rozlíšenie intravilán a extravilán (Tab. 1). Pri inštalácii dataloggerov boli dodržané štandardné pravidlá: umiestnenie dataloggerov v reprezentatívnej časti LCZ, ich štandardizovaná výška nad povrchom, použitie radiačných štítov a stabilných montážnych konštrukcií. Každý inštalovaný senzor bol zameraný pomocou GPS. Tento postup zabezpečuje reprodukovateľnosť meraní a umožňuje interpretovať teplotné rozdiely v kontexte morfológických a povrchových charakteristík územia (Oke, 1987; Arnfield, 2003).



Obrázok 1 Mapa umiestnenia dataloggerov. Zdroj: vlastné spracovanie

Merania boli doplnené o denné údaje z klimatologických staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), konkrétne zo staníc Žihárec (lokalizovaná približne 20 km juhovýchodne od mesta Galanta) a Sládkovičovo (približne 7 km západne), ktoré poskytnú regionálny kontext pre interpretáciu mikroklimatických rozdielov v meste. Synoptické hodnotenie bolo realizované na základe dát numerického

modelu ECMWF, pričom boli analyzované poveternostné mapy odvodené z prízemného tlakového poľa a teplotných pomerov vo výškovej hladine 850 hPa (približne vo výške 1 500 m n. m.). Zároveň boli z SHMÚ preberané oficiálne predpovede počasia na daný deň. Tento postup umožnil identifikovať cirkulačné podmienky ovplyvňujúce intenzitu a priebeh sledovanej vlny horúčav.

Tabuľka 1 Prehľad lokalít umiestnenia dataloggerov

ID	Územie	Popis lokality	Povrch	LCZ klasifikácia	LCZ opis
1	extravilán	kompostáreň	zmiešaný	LCZ E / LCZ F	otvorené plochy, minimálna zástavba
2	intravilán	zberný dvor	zmiešaný	LCZ 8	veľké spevnené plochy, nízka zástavba
3	intravilán	mestský park	zeleň (stromy)	LCZ A	súvislá stromová vegetácia
4	intravilán	sídliisko	zmiešaný	LCZ 5	stredne vysoké panelové domy, otvorené priestranstvá
5	intravilán	parkovisko	spevnená plocha	LCZ 10	rozsiahle spevnené povrchy, minimum vegetácie
6	intravilán	námestie	spevnená plocha	LCZ 10	rozsiahle spevnené povrchy, minimum vegetácie
7	intravilán	námestie	zeleň	LCZ B	otvorené priestranstvo s riedkou vegetáciou
8	intravilán	kompaktná zástavba RD	zeleň	LCZ 3	hustá nízkopodlažná zástavba
9	intravilán	škôlka + ihrisko	zmiešaný	LCZ 6	nízka zástavba, veľa otvorených plôch
10	intravilán	školský dvor	zeleň	LCZ B	otvorené plochy so stromami
11	intravilán	školský dvor	trávnatá plocha	LCZ D	prevažne trávnatý povrch
12	extravilán	škôlka + ihrisko	zmiešaný	LCZ 6	nízka zástavba, otvorené plochy
13	extravilán	poľnohospodárska plocha	orná pôda	LCZ D	poľnohospodárske plochy, nízka vegetácia
14	extravilán	nekompaktná zástavba RD	zmiešaný	LCZ 6	rozvoľnená nízkopodlažná zástavba
15	extravilán	komunitné centrum + voda	zmiešaný	LCZ B / LCZ G	zmiešané plochy + blízkosť vody
16	extravilán	les	zeleň	LCZ A	súvislý lesný porast
17	extravilán	komunitné centrum	zmiešaný	LCZ 6	nízka zástavba, otvorené plochy
18	intravilán	kompaktná zástavba RD	zmiešaný	LCZ 3	hustá nízkopodlažná zástavba
19	extravilán	vinohrad + voda	veľkoplošná zeleň	LCZ C/LCZ G	vinohrady doplnené o vodný prvok

Zdroj: vlastné spracovanie

2.2 Spracovanie dát

V analyzovanom období bolo spracovaných 11 dní kontinuálnych meraní z 19 teplotných dataloggerov. Z primárnych desaťminútových záznamov boli následne odvodené denné agregované charakteristiky, pričom pre každý deň bola vypočítaná maximálna teplota vzduchu (T_{\max}), minimálna teplota vzduchu (T_{\min}) a priemerná denná teplota (T_{avg}). Priemerná teplota vzduchu bola vypočítaná ako priemer všetkých primárnych desaťminútových záznamov. Súčasťou spracovania bolo aj určenie času výskytu denného maxima, čo umožňuje hodnotiť časovú dynamiku teplotného režimu v rôznych typoch mestského a prímestského prostredia. Pre každý deň bol taktiež vypočítaný diurnálny teplotný rozsah (DTR), definovaný ako rozdiel medzi T_{\max} a T_{\min} , ktorý predstavuje kľúčový ukazovateľ amplitúdy denného teplotného cyklu a citlivosti jednotlivých lokalít na teplotnú akumuláciu a nočné vyžarovanie tepla. Údaje z dataloggerov boli následne vzájomne porovnávané na úrovni jednotlivých výskumných lokalít aj na úrovni ich zaradenia do príslušných LCZ typov.

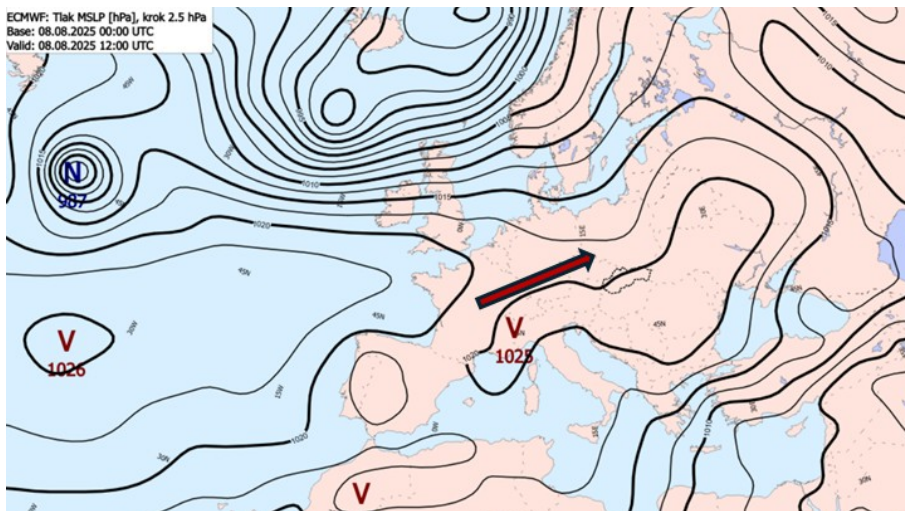
Intenzita mestského tepelného ostrova (UHI) bola určovaná pre jednotlivé LCZ typy na základe rozdielu medzi priemernými teplotnými charakteristikami intravilánu a extravilánu. Pre každý deň bola vypočítaná ako rozdiel priemerných hodnôt teploty vzduchu v mestských a prímestských lokalitách, pričom tento postup bol aplikovaný osobitne pre maximálnu dennú teplotu (UHI_{\max}) minimálnu dennú teplotu (UHI_{\min}) a priemernú dennú teplotu (UHI_{avg}). Takto definovaná metodika umožňuje hodnotiť intenzitu UHI v kontexte morfológických rozdielov medzi LCZ typmi a analyzovať ich vplyv na denný teplotný režim.

3 ANALÝZA POVETERNOSTNEJ SITUÁCIE

Začiatok výskytu vlny horúčav sa začal preniknutím chladnejšieho a suchšieho vzduchu do priestoru strednej Európy, v ktorom sa následne vytvorila tlaková výš a vzduch sa rýchlo zohrieval.

Dňa **7.8.2025** ešte v chladnejšej vzduchovej hmote dosiahla najvyššia denná teplota nameraná na klimatologických staniaciach SHMÚ 26,8 °C v Sládkovičove a 26,7 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 2 (LCZ 8), kde dosiahla 27,94 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola zaznamenaná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 25,71 °C.

Dňa **8.8.2025** sa stred tlakovej výše presunul zo západnej Ukrajiny nad územie Rumunska. Po jej zadnej strane začal do oblasti Slovenska prúdiť teplejší vzduch od juhozápadu (Obr. 2). Maximálna denná teplota vzduchu na klimatologických staniaciach SHMÚ presiahla 30 °C; v Sládkovičove bola zaznamenaná hodnota 31,6 °C a v Žihárči 31,4 °C. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota nameraná na lokalite 2 (LCZ 8), kde dosiahla 32,85 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola zaznamenaná na lokalite 16 (LCZ A) s hodnotou 30,34 °C. Tento deň predstavuje začiatok sledovanej vlny horúčav.



Obrázok 2 Predpoveď priemerneho tlakového poľa podľa modelu ECMWF z 8.8.2025 00 UTC na 8.8.2025 12 UTC (červená šípka znázorňuje prílev teplého vzduchu od juhozápadu do strednej Európy). Zdroj: SHMÚ, 2026; Zdroj: SHMÚ (2026), doplnené autormi

Dňa **9.8.2025** sa nad územím Slovenska udržiavalo nevýrazné pole vysokého tlaku vzduchu, pričom do oblasti naďalej prúdil veľmi teplý vzduch od juhozápadu. Maximálna denná teplota na klimatologických stanicích SHMÚ dosiahla 33,1 °C v Sládkovičove a 33,7 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 2 (LCZ 8), kde dosiahla 34,86 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 16 (LCZ A) s hodnotou 31,98 °C.

Dňa **10.8.2025** postupoval v rámci plytkej brázd nízkeho tlaku vzduchu do oblasti Slovenska od severozápadu studený front. Pred jeho príchodom vyvrcholil prílev veľmi teplého vzduchu od juhozápadu. Maximálna denná teplota vzduchu na klimatologických stanicích SHMÚ dosiahla 33,9 °C v Sládkovičove a 34,7 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 2 (LCZ 8), kde dosiahla 35,78 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 16 (LCZ A) s hodnotou 33,45 °C.

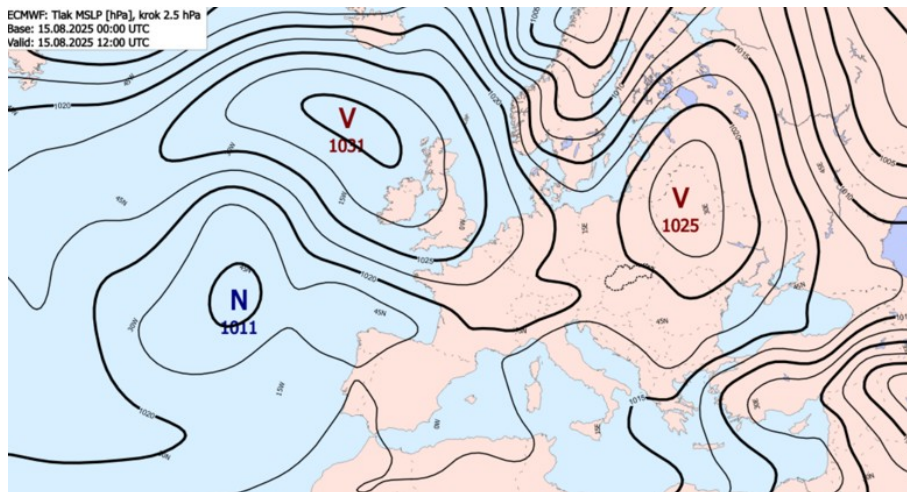
Dňa **11.8.2025** sa nad územie Slovenska v chladnejšom vzduchu od severozápadu presunul stred tlakovej výše. Tento synoptický vývoj spôsobil pokles teploty vzduchu. Denné maximum na klimatologických stanicích SHMÚ klesli na 28,8 °C v Sládkovičove a 29,5 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 6 (LCZ 10), kde dosiahla 31,21 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 9 (LCZ 6) s hodnotou 27,76 °C.

Dňa **12.8.2025** sa v karpatskej oblasti nachádzal stred rozsiahlej tlakovej výše. Denné maximum na klimatologických stanicích SHMÚ stúpilo na 30,0 °C v Sládkovičove a 30,4 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 15 (LCZ B/LCZ G), kde dosiahla 31,48 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 28,61 °C.

Dňa **13.8.2025** zasahovala nad územie Slovenska od východu tlaková výš, po ktorej západnom okraji začal do oblasti opäť prúdiť veľmi teplý vzduch od juhozápadu. Denné maximá na klimatologických staniách SHMÚ dosiahli 33,1 °C v Sládkovičove a 33,3 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 2 (LCZ 8), kde dosiahla 34,67 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 32,33 °C.

Dňa **14.8.2025** zasahovala do oblasti Slovenska vo veľmi teplom vzduchu tlaková výš so stredom nad Pobaltím. Táto synoptická situácia podporila ďalšie oteplenie, pričom vo výškovej hladine 850 hPa dosiahla teplota vzduchu v priestore Galanty podľa modelu ECMWF o 14:00 hodnotu 17,6 °C. Denné maximá na klimatologických staniách SHMÚ stúpili na 34,6 °C v Sládkovičove a 35,3 °C v Žihárči. Pre okres Galanta bola vydaná výstraha SHMÚ 2. stupňa pred vysokou teplotou vzduchu. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 15 (LCZ B / LCZ G), kde dosiahla 36,27 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 33,70 °C.

Dňa **15.8.2025** zasahovala do oblasti Slovenska vo veľmi teplom vzduchu tlaková výš, ktorej stred sa presúval z východného Pobaltia nad Ukrajinu (Obr. 3). Tento synoptický vývoj podporoval ďalšie výrazné oteplenie, pričom vo výškovej hladine 850 hPa dosiahla teplota vzduchu v priestore Galanty podľa modelu ECMWF o 14:00 hodnotu 18,7 °C. Denné maximá na klimatologických staniách SHMÚ dosiahli 35,1 °C v Sládkovičove a 35,5 °C v Žihárči, čo predstavovalo najvyššie namerané hodnoty počas celej sledovanej epizódy horúčav. Pre okres Galanta bola vydaná aj na tento deň výstraha SHMÚ 2. stupňa pred vysokou teplotou. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 15 (LCZ B / LCZ G), kde dosiahla 36,76 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 16 (LCZ A) s hodnotou 34,41 °C.



Obrázok 3 Predpoveď prízemného tlakového poľa podľa modelu ECMWF z 15.8.2025 00 UTC na 15.8.2025 12 UTC. Zdroj: SHMÚ (2026), doplnené autormi

Dňa **16.8.2025** postupoval v rámci plytkej brázdy nízkeho tlaku vzduchu od severozápadu nad územie Slovenska studený front. Pred jeho príchodom ešte vyvrcholil prílev veľmi teplého vzduchu od juhozápadu. Vo výškovej hladine 850 hPa dosahovala teplota vzduchu v priestore Galanty podľa modelu ECMWF o 14:00 hodnotu 18,8 °C. Denné maximum na klimatologických staniách SHMÚ dosiahli 35,0 °C v Sládkovičove a 35,4 °C v Žihárči. Pre okres Galanta bola aj na tento deň vydaná výstraha SHMÚ 2. stupňa pred vysokou teplotou vzduchu. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 15 (LCZ B / LCZ G), kde dosiahla 36,45 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 34,40 °C.

Dňa **17.8.2025** postupoval studený front cez územie Slovenska smerom na juhovýchod, čím ukončil pretrvávajúce obdobie horúčav. Za frontom sa od severozápadu nad našu oblasť rozšíril okraj tlakovej výše. Vo výškovej hladine 850 hPa došlo k výraznému ochladeniu; podľa modelu ECMWF dosiahla o 14:00 teplota vzduchu v priestore Galanty hodnotu 11,4 °C. Denné maximum na klimatologických staniách SHMÚ klesli na 27,9 °C v Sládkovičove a 27,8 °C v Žihárči. Z terénnych meraní v Galante bola najvyššia teplota zaznamenaná na lokalite 15 (LCZ B / LCZ G), kde dosiahla 29,35 °C, zatiaľ čo najnižšia maximálna teplota bola nameraná na lokalite 3 (LCZ A) s hodnotou 27,28 °C.

4 HODNOTENIE PRIESTOROVEJ VARIABILITY TEPLoty VZDUCHU

Sledované obdobie zachytilo výraznú vlnu horúčav v dňoch 9. až 16. augusta, ktorá bola prerušená krátkym ochladením. Priemerná teplota naprieč celou sieťou dataloggerov dosiahla maximum 27,02 °C dňa 16. augusta. Obdobie ohraničujú dva chladnejšie prechodné dni, 7. august (priemerná teplota dosiahnutá dataloggermi bola 19,09 °C) a 17. august (23,71 °C). Denné maximálne teploty v rámci celej siete sa pohybovali od 27,94 °C (7. august) po 36,76 °C (15. august), čo poukazuje na tepelný rozsah takmer 9 °C v priebehu sledovaného obdobia.

Z tabuľky 2 vyplýva, že najvyššie priemerné teploty počas celého monitorovaného obdobia zaznamenal senzor 6 (námestie, spevnená plocha, LCZ 10) s hodnotou 25,46 °C. Druhou najteplejšou lokalitou bol senzor 5 umiestnený na parkovisku (LCZ 10) s priemerom 25,24 °C, po ktorom nasledoval senzor 7 (námestie s maloplošnou zeleňou, LCZ B) s priemernou teplotou 25,01 °C. Všetky tri lokality profitujú z vysokej tepelnej kapacity rozsiahlych spevnených povrchov akumulujúcich slnečnú energiu počas dňa a uvoľňujúcich teplo pomaly počas noci. To je kombinované s obmedzeným konvekčným ochladzovaním v dôsledku nízkeho podielu vegetácie a chráneného mestského priestoru. Ukazuje sa, že maloplošná stromová vegetácia nachádzajúca sa uprostred spevnených plôch nepredstavuje v kontexte ochladzovacieho efektu výrazný efekt.

Tabuľka 2 Teplota vzduchu v jednotlivých výskumných lokalitách

ID	Územie	Popis lokality	Povrch	LCZ klasifikácia	T _{avg} (°C)	Avg T _{max} (°C)	Avg T _{min} (°C)
1	extravilán	kompostáreň	zmiešaný	LCZ E / LCZ F	23,57	32,28	14,29
2	intravilán	zberný dvor	zmiešaný	LCZ 8	24,90	33,19	16,51
3	intravilán	mestský park	zeleň (stromy)	LCZ A	24,19	31,02	16,54
4	intravilán	sídliisko	zmiešaný	LCZ 5	24,41	31,88	16,22
5	intravilán	parkovisko	spevnená plocha	LCZ 10	25,24	32,51	17,08
6	intravilán	námestie	spevnená plocha	LCZ 10	25,46	32,83	17,44
7	intravilán	námestie	zeleň	LCZ B	25,01	32,20	17,16
8	intravilán	kompaktná RD zástavba	zeleň	LCZ 3	23,61	32,42	14,42
9	intravilán	škôlka + ihrisko	zmiešaný	LCZ 6	24,58	31,10	16,85
10	intravilán	školský dvor	zeleň	LCZ B	24,47	32,24	16,67
11	intravilán	školský dvor	trávnatá plocha	LCZ D	24,38	32,03	16,25
12	extravilán	škôlka + ihrisko	zmiešaný	LCZ 6	23,97	32,58	14,93
13	extravilán	poľnohospodárska plocha	orná pôda	LCZ D	23,77	31,79	14,93
14	extravilán	nekompaktná RD zástavba	zmiešaný	LCZ 6	24,23	32,07	15,53
15	extravilán	komunitné centrum + voda	zmiešaný	LCZ B / LCZ G	24,45	33,16	15,80
16	extravilán	les	zeleň	LCZ A	23,57	31,03	15,58
17	extravilán	komunitné centrum	zmiešaný	LCZ 6	24,11	31,38	15,78
18	intravilán	kompaktná RD zástavba	zmiešaný	LCZ 3	24,28	32,96	15,86
19	extravilán	vínohrad + voda	veľkoplošná zeleň	LCZ C / LCZ G	23,65	31,66	14,59

T_{avg} – priemerná teplota za sledované obdobie; Avg T_{max} – priemerná maximálna teplota; Avg T_{min} – priemerná minimálna teplota

Zdroj: vlastné spracovanie

Naopak, najchladnejšími lokalitami boli senzor 1 (extravilán, kompostáreň, 23,57 °C) a senzor 16 (les, LCZ A, 23,57 °C). Takmer identické priemery týchto dvoch kontrastných typov využitia krajiny a prevládajúceho aktívneho povrchu sú

pozoruhodné: senzor 1 predstavuje suburbánne industriálne prostredie s heterogénnymi povrchmi (spevnené plochy, nízka vegetácia) a veľkým denným teplotným rozsahom (17,99 °C), zatiaľ čo senzor 16 je situovaný v hustej stromovej pokrývke, ktorá tlmi extrémny maximálnych aj minimálnych teplôt. V prípade senzoru 1 predpokladáme výrazný ochladzovací vplyv rozsiahlej vodnej plochy (VN Kráľová) nachádzajúcej sa približne 3,5 km východne. Medzi najchladnejšie lokality patria aj senzor 19 (vinica v blízkosti vodnej plochy, 23,65 °C) a senzor 8 (mestská obytná zóna s výrazným podielom zelene, 23,61 °C), čo poukazuje na kombinovaný ochladzujúci účinok vegetácie a blízkosti vodných plôch.

Senzor 8 možno považovať za výraznú anomáliu v rámci lokalít intravilánu. Napriek zaradeniu do triedy LCZ 3 (hustá nízkopodlažná zástavba) vykazuje jednu z najnižších priemerných teplôt (23,61 °C) a zároveň najväčší denný teplotný rozsah (17,99 °C; rovnaký ako senzor 1). Tento kontrast je dôsledkom špecifickej kombinácie povrchových a morfológických charakteristík. V lokalite je výrazným spôsobom zastúpená zeleň, čo znižuje denné priemery teploty, zároveň množstvo spevnených plôch a budov v okolí podporuje intenzívne nočné radiačné ochladzovanie. Lokalita sa navyše nachádza v miernej znížene, kde sa akumuluje studený vzduch počas ranných hodín. Výsledkom kombinácie týchto faktorov je výrazné zníženie minimálnych teplôt a tým aj mimoriadne široké denné teplotné rozpätie, ktoré nie je typické pre kompaktnú mestskú zástavbu.

5 HODNOTENIE ČASOVEJ VARIABILITY MAXIMÁLNEJ DENNEJ TEPLoty VZDUCHU

Tabuľka 3 dokumentuje dennú variabilitu výskytu maximálnej teploty vzduchu (T_{\max}) v rámci celej meracej siete, pre každý deň identifikuje najskorší a najneskorší čas kulminácie.

Veľký časový rozptyl poukazuje na výrazne odlišnú tepelnú odozvu jednotlivých typov povrchov na solárne žiarenie, čo odráža rozdiely albeda, tieňa alebo tepelnej kapacity povrchov. Naopak, malý rozptyl indikuje homogénna a intenzívnu akumuláciu tepla, čo znižuje rozdiely v čase dosiahnutia T_{\max} a vedie k synchronnejšiemu priebehu denného cyklu naprieč sieťou.

Najmenší časový rozptyl (1,6 hodiny) sa vyskytol počas druhého najteplejšieho dňa monitorovaného obdobia, t. j. 10. augusta. Pri najsilnejšom anticyklonálnom pôsobení je solárna radiácia natoľko intenzívna, že aj tepelne inertné lokality, ako mestské námestie, dosahujú svoje maximum skôr než obvykle, čo vedie k zúženiu časového okna naprieč sieťou. Naopak, najväčší rozptyl (4,7 hodiny), ktorý bol dosiahnutý 7. augusta, teda počas najchladnejšieho dňa, odráža výrazné rozdiely v rýchlosti odozvy jednotlivých povrchov pri slabšej insolácii. Preto extravilán a zmiešané netienené povrchy dosahujú maximum už v skorých popoludňajších hodinách, zatiaľ čo povrchy s vysokou tepelnou kapacitou (spevnené plochy, hustá zástavba), kulminujú až v podvečernom čase. Najneskôr kulminujúcou lokalitou je senzor 6 (námestie).

Tabuľka 3 Časová variabilita dennej maximálnej teploty počas skúmaného obdobia

dátum	najskoršie T_{max}	senzor ID	najneskoršie T_{max}	senzor ID	rozptyl (h)
07 Aug	13:38	9	18:22	6	4,7
08 Aug	15:39	8	17:52	14	2,2
09 Aug	15:25	16	17:42	6	2,3
10 Aug	14:08	1	15:47	10	1,6
11 Aug	15:16	4	17:22	6	2,1
12 Aug	15:26	4	17:24	17	2,0
13 Aug	13:48	9	17:32	6	3,7
14 Aug	13:08	4	16:52	6	3,7
15 Aug	13:48	9	16:44	19	2,9
16 Aug	14:14	19	16:42	6	2,5
17 Aug	14:34	19	17:09	7	2,6

Zdroj: vlastné spracovanie

Hodnotenie mestského ostrova tepla:

Intenzita mestského tepelného ostrova (UHI) bola počas všetkých 11 dní stabilne kladná, čo potvrdzuje, že mestské lokality vykazovali vyššie teploty než suburbánne počas celého sledovaného obdobia. Hodnoty intenzity UHI vykazovali ale výraznú variabilitu. Pohybovali sa od +0,34 °C dňa 17. augusta, ktorý sa vyznačoval zvýšenou oblačnosťou, až po +0,99 °C dňa 15. augusta, identifikovaného ako najteplejší deň celého sledovaného obdobia.

V Galante sa počas sledovaného obdobia prejavila výrazná dominancia nočného UHI. Hodnoty UHI odvodené z T_{min} sa pohybovali v intervale +0,39 až +1,77 °C, zatiaľ čo UHI založené na T_{max} dosiahlo maximálne +0,41 °C (Tab. 4). Táto asymetria je v súlade s etablovanými poznatkami o UHI, že mestské povrchy akumulujú teplo počas dňa a v noci ho uvoľňujú pomalšie, čo obmedzuje radiačné ochladzovanie. V suburbánnom prostredí, kde je zastavanosť riedka a povrchy majú nižšiu tepelnú kapacitu, prebieha nočné ochladzovanie omnoho efektívnejšie. Najvyššie hodnoty nočného UHI (+1,75 a +1,77 °C dňa 13. a 12. augusta) sa viažu na periódu pretrvávajúcich horúčav, keď kumulované teplo v mestskom prostredí vedie k zosilnenému nočnému zadržiavaniu energie.

Najnižšia hodnota UHI_{avg} (8. august: +0,40 °C, 17. august: +0,34 °C) sa vyskytla počas najchladnejších synoptických situácií. Znížená intenzita slnečného žiarenia,

vyššia oblačnosť a zvýšená rýchlosť vetra znižujú schopnosť mestského prostredia akumulovať teplo a tým aj jeho tepelný kontrast voči suburbánnym lokalitám, čo vedie k oslabenému a zúženému UHI.

Tabuľka 4 Porovnanie UHI

dátum	intravilán T_{Avg} (°C)	extravilán T_{Avg} (°C)	UHI _{avg} (°C)	UHI _{max} (°C)	UHI _{min} (°C)
07 Aug	19,31	18,78	+0,53	+0,12	+1,41
08 Aug	23,41	23,01	+0,40	+0,11	+0,39
09 Aug	25,50	24,85	+0,65	+0,15	+1,14
10 Aug	26,48	25,76	+0,72	+0,33	+1,36
11 Aug	22,90	22,27	+0,63	+0,38	+1,03
12 Aug	22,55	21,73	+0,83	+0,22	+1,77
13 Aug	25,51	24,62	+0,89	+0,41	+1,75
14 Aug	26,55	25,63	+0,91	+0,06	+1,67
15 Aug	27,20	26,21	+0,99	+0,36	+1,28
16 Aug	27,27	26,68	+0,59	+0,13	+1,27
17 Aug	23,85	23,51	+0,34	+0,17	+0,98

Zdroj: vlastné spracovanie

6 DISKUSIA A ZÁVER

Merania vykonané v meste Galanta počas vlny horúčav v dňoch 7. – 17. augusta 2025 preukázali stabilne kladnú intenzitu mestského tepelného ostrova (UHI) s výraznou dominanciou nočného efektu. Intenzita UHI vypočítaná z minimálnych denných teplôt (T_{min}) dosahovala až +1,77 °C, zatiaľ čo UHI odvodené z maximálnych denných teplôt (T_{max}) zostávalo pod +0,55 °C. Toto diurnálne rozlíšenie je v priamom súlade s energetickou interpretáciou UHI, podľa ktorej mestské povrchy akumulujú slnečné žiarenie počas dňa a uvoľňujú ho pomalšie v noci (Oke, 1982).

Priestorové rozloženie teploty v Galante vykazovalo očakávanú súvislosť s klasifikáciou Local Climate Zones (LCZ): LCZ 10 (rozsiahle spevnené plochy) znamenali najvyššie priemerné teploty, zatiaľ čo lokality s kontinuálnou stromovou pokrývkou a blízkosťou vodných plôch (LCZ A/C/G) vykazovali najnižšie hodnoty. Lokálna anomália registrovaná na senzore 8 ilustruje, že hoci LCZ poskytuje robustný rámec pre interpretáciu mestských teplotných vzorcov, nie je úplne deterministic-

ká. Mikrotopografia, lokálna zeleň a blízkosť vodných plôch môžu významne modifikovať očakávaný výsledok, z toho dôvodu je potrebné detailne poznať lokálne špecifiká (Stewart a Oke, 2012; Wang et al., 2017; Demuzere et al., 2019).

Synoptická analýza preukázala, že anticyklonálne podmienky charakterizované nízkou rýchlosťou vetra a malou oblačnosťou zosilňovali nočný UHI v skúmanom období, čo zodpovedá empirickým štúdiám kvantifikujúcim úlohu vetra a oblačnosti pri modulácii nočného UHI (Oke, 1988; Morris et al., 2001). Interakcia medzi vlnami horúčav a UHI sa ukázala byť v predkladanom príspevku jednoznačne potvrdená a výsledky konzistentné so súčasnými syntézami v odbore (napr. Shi et al., 2024).

Dominancia nočného UHI, vyššie teploty nad spevnenými plochami a zosilnenie UHI počas anticyklonálnych epizód sú v súlade s medzinárodnou literatúrou a potvrdzujú spoľahlivosť použitých postupov (Sobstyl et al., 2018). Príspevkom boli preukázané konzistentné priestorovo časové vzorce UHI v stredne veľkom meste strednej Európy počas vlny horúčav, ktoré môžu tvoriť pevný empirický základ pre návrh adaptačných opatrení zameraných na znižovanie tepelného zaťaženia obyvateľstva.

Na posilnenie záverov výskumu sa javí ako opodstatnené rozšíriť merania o monitoring pocitovej teploty, ktorá integruje účinky poveternostných, vlhkosťných a radiačných podmienok a umožňuje komplexnejšie hodnotenie tepelného stresu v mestskom prostredí. Zaradenie tohto ukazovateľa by poskytlo detailnejší obraz o interakcii medzi mikroklimatickými podmienkami a fyziologickou odozvou človeka, čím by sa zvýšila aplikačná hodnota výsledkov pre oblasť verejného zdravia a urbanistického plánovania.

Súčasne je vhodné venovať ďalší výskum doplneniu LCZ klasifikácie o kvantitatívne parametre povrchov a topografiu, keďže tieto faktory významne modifikujú lokálne teplotné pomery a môžu vysvetliť časť variability pozorovanej v meraniach. Integrácia údajov o albede, tepelnej kapacite, podiele vegetácie, oblačnosti či mikroreliéfe by umožnila presnejšie identifikovať mechanizmy formujúce intenzitu a priestorovú štruktúru mestského tepelného ostrova.

V rámci Slovenska bolo realizovaných niekoľko štúdií mestského ostrova tepla, ktoré však vychádzali s metód diaľkového prieskumu zeme. V rámci stredne veľkých miest Slovenska bol takto skúmaný Zvolen (Murtinová et al., 2022), kde sa potvrdil významný ochladzovací efekt mestskej zelene. V odbornej literatúre však naďalej chýbajú štúdie z malých miest Podunajskej nížiny, vrátane Galanty, čo zvyšuje hodnotu pozemných meraní realizovaných v tomto regióne.

Implementácia uvedených návrhov budúceho výskumu by prispela k presnejšiemu určeniu relatívneho príspevku jednotlivých javov k UHI a zároveň by zvýšila robustnosť a kvalitu odporúčaní pre mestské plánovanie v rámci adaptácie na klimatickú zmenu. Takto rozšírený metodický rámec umožní nielen detailnejšie pochopiť dynamiku tepelného prostredia v meste Galanta, ale aj zlepšiť aplikovateľnosť výsledkov do ďalších urbanizovaných území s podobnými morfológickými a klimatickými charakteristikami.

Pod'akovanie

Príspevok bol podporený projektom č. 09I04-03-V02-00002 financovaným z Plánu obnovy a odolnosti Slovenskej republiky.

Literatúra

- ANJOS, M., TARGINO, A. C., KRECL, P., OUKAWA, G. Y., BRAGA, R. F. 2020. Analysis of the urban heat island under different synoptic patterns using local climate zones. *Building and Environment*, 185, 107268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107268>
- ARNFIELD, A. J. 2003. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 23, 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- ASSENOVA, I. A., VITANOVA, L. L., PETROVA-ANTONOVA, D. 2024. Urban heat islands from multiple perspectives: Trends across disciplines and interrelationships. *Urban Climate*, 56, 102075. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102075>
- BARRY, R. G., PERRY, A. H. 1973. Synoptic Climatology: Methods and Applications. *Weather*, 29, 195. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.1974.tb07430.x>
- BOKWA, A., DOBROVOLNÝ, P., GÁL, T., GELETIČ, J., GULYÁS, A., HAJTO, M. J., HOLEC, J., HOLLÓSI, B., KIELAR, R., LEHNERT, M., SKARBIT, N., ŠŤASTNÝ, P., ŠVEC, M., UNGER, J., WALAWENDER, J. P., ŽUVELA-ALOISE, M. 2018. Urban climate in Central European cities and global climate change. *Acta Climatologica et Chorologica*, 51–52, 7-35. DOI: <https://doi.org/10.14232/acta.clim.2018.52.1>
- DEMUZERE, M., BECHTEL, B., MIDDEL, A., MILLS, G. 2019. Mapping Europe into Local Climate Zones. *PLOS ONE*, 14 (4), e0214474. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214474>
- FRÜH, B., BECKER, P., DEUTSCHLÄNDER, T., HESSEL, J. D., KOSSMANN, M., MIESKES, I., NAMYSLO, J., ROOS, M., SIEVERS, U., STEIGERWALD, T., TURAU, H., WIENERT, U. 2011. Estimation Of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50, 167-184. DOI: <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2377.1>
- GELETIČ, J., LEHNERT, M., DOBROVOLNÝ, ŽUVELA-ALOISE, M. 2019. Spatial Modelling of Summer Climate Indices Based on Local Climate Zones: Expected Changes in the Future Climate of Brno, Czech Republic. *Climatic Change*, 152 (3), 487-502. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2353-5>
- GERSHUNOV, A., CAYAN, D. R., IACOBELLIS, S. F. 2009. The Great 2006 Heat Wave over California and Nevada: Signal of an Increasing Trend. *Journal of Climate*, 22, 6181-6203. DOI: <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2465.1>
- HARDIN, A. W., LIU, Y., CAO, G., VANOS, J. K. 2018. Urban heat island intensity and spatial variability by synoptic weather type in the northeast U. S. *Urban Climate*, 24, 747-762. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.09.001>
- HOLEC, J., FERANEC, J., ŠŤASTNÝ, P., SZATMÁRI, D., KOPECKÁ, M., GARAJ, M. 2020. Evolution and Assessment of Urban Heat Island Between the Years 1998 and 2016: Case Study of the Cities Bratislava and Trnava in Western Slovakia. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 979-997. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03197-1>
- HOLEC, J., ŠŤASTNÝ P. 2017. Modelovanie mestského ostrova tepla v Bratislave pomocou modelu MUKLIMO. *Meteorologický časopis*, 20, 65-72.
- KHAN, H. S., SANTAMOURIS, M., PAOLINI, R., CACCETTA, P., KASSOMENOS, P. 2021. Analyzing the Local and Climatic Conditions Affecting the Urban Overheating Magnitude During the Heatwaves (HWs) in a Coastal City: A Case Study of the Greater Sydney

- Region. *Science of the Total Environment*, 755 (1), 142515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142515>
- KIRSCHNER, V., MACKŮ, K., MORAVEC, D. 2023. Measuring the Relationships Between Various Urban Green Spaces and Local Climate Zones. *Scientific Reports*, 13, 9799. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36850-6>
- KOPECKÁ, M., GARAJ, M., SZATMÁRI, D., HOLEC, J. 2021. Urban Heat Island Modeling Based on MUKLIMO: Examples From Slovakia. In *Proceedings of AGILE Conference on Geographic Information Science*, 2, 5. DOI: <https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-5-2021>
- LAPIN, M. 2002: Klimatické oblasti 1 000 000. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia SR, 95.
- LAPIN, M., ŠTASTNÝ, P., TURŇA, M., ČEPČEKOVÁ, E. 2016. High Temperatures and Heat Waves in Slovakia. *Meteorologický časopis*, 19, 3-10.
- LEE, C. C. 2015. Reanalysing the Impacts of Atmospheric Teleconnections on Cold-Season Weather Using Gridded Climate Data and Self-Organizing Maps. *International Journal of Climatology*, 35 (10), 3030-3041. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4191>
- MORRIS, C. J., SIMMONDS, G. I., PLUMMER, N. 2001. Quantification of the Influences of Wind and Cloud on the Nocturnal Urban Heat Island of a Large City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 40 (2), 169-182. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<0169: QOTIOW>2.0. CO; 2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<0169: QOTIOW>2.0. CO; 2)
- MURTINOVÁ, V., GALLAY, I., OLAH, B. 2022. Mitigating Effect of Urban Green Spaces on Surface Urban Heat Island During Summer Period on an Example of a Medium Size Town of Zvolen, Slovakia. *Remote Sensing*, 14 (18), 4492. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14184492>
- OKE, T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (455), 1-24. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.4971084550>
- OKE, T. R. 1987. *Boundary Layer Climates* (2nd ed.). London, Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203407219>
- OKE, T. R., MILLS, G., CHRISTEN, A., VOOGT, J. A. 2017. *Urban Climates*. Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
- RAO, P., TORREGGIANI, D., TASSINARI, P., RÖTZER, T., PAULEIT, S., RAHMAN, M. A. 2025. Do urban green spaces cool cities differently across latitudes? Spatial variability and climatic drivers of vegetation-induced cooling. *Sustainable Cities and Society*, 130, 106513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106513>
- REN, C., NG, E. Y.-Y., KATZSCHNER, L. 2011. Urban Climatic Map Studies: A Review. *International Journal of Climatology*, 31, 2213-2233. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2237>
- SHI, T, LIU, L, WEN, X., QI, P. 2024. Research Progress on the Synergies Between Heat Waves and Canopy Urban Heat Island and Their Driving Factors. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1363837. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1363837>
- SHMÚ, 2026. Výstup modelu ECMWF, SHMÚ Odbor meteorologických predpovedí a výstrah.
- SOBSTYL, J. M., EMIG, T., QOMI, M. J. ABDOLHOSSEINI, ULM, F. -J., PELLENQ, R. J. -M. 2018. Role of City Texture in Urban Heat Islands at Nighttime. *Physical Review Letters*, 120, 108701. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.108701>
- STEWART, I. D., OKE, T. R. 2012. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93 (12), 1879-1900. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- UHRIN, A., ONAČILLOVÁ, K. 2025. Spatiotemporal Analysis of Land Surface Temperature and Land Cover Changes in Prešov City Using Downscaling Approach and Machine Learning Algorithms. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197, 126. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13598-8>

- ÚRAD GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA SR. 2026. *Základná báza údajov pre geografický informačný systém (ZBGIS) – Digitálny model terénu*. [online] [cit. 2026-04-22]. Dostupné na: <<https://zbgis.skgeodesy.sk>>
- WANG, K., LI, Y., WANG, Y., YANG, X. 2017. On the Asymmetry of the Urban Daily Air Temperature Cycle. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122, 5625-5635. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017JD026589>
- YANG, P., REN, G., LIU, W. 2017. Spatial and Temporal Characteristics of Beijing Urban Heat Island Intensity. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 56 (8), 2273-2289. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-16-0304.1>
- YARNAL, B., COMRIE, A. C., FRAKES, B., BROWN, D. P. 2001. Developments and Prospects in Synoptic Climatology. *International Journal of Climatology*, 21 (15), 1923-1950. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.675>

Spatial and Temporal variability of Daily Air Temperature in the Urban and Suburban Areas of Galanta (Slovakia) During the August 2025 Heatwave

Summary

This article analyses the spatial and temporal distribution of daily air temperature within the urban and suburban areas of Galanta, a mid-sized town in the southwestern Slovakia, during the intense heat wave from 7. to 17. of August 2025. The main objectives are to quantify Urban Heat Island (UHI) intensity and its diurnal structure, to classify sites using the Local Climate Zones (LCZ) framework, and to link observed temperature patterns to synoptic conditions.

Measurements were carried out using a network of 19 Solinst Barologger 5 dataloggers (accuracy ± 0.05 °C, 10-minute intervals) deployed across contrasting land-cover types of urban and suburban areas. Sites were classified into LCZ (compact and open low-rise, large low-rise with extensive paved surfaces) and natural types (continuous tree cover, agricultural land, water-adjacent zones). Regional reference data came from Slovak Hydrometeorological Institute's (SHMI) climatological stations, and synoptic analysis used ECMWF model outputs.

The occurred heat wave was driven by successive high-pressure systems channeling warm air from the southwest. It began on 8 August and peaked between 14 and 16 August, with temperatures above Galanta at the 850 hPa level reaching 18.8 °C and heat warnings issued on five days. A cold front on 17 August ended the episode. Throughout the period, low wind speeds and minimal cloud cover were the dominant synoptic features, creating ideal conditions for urban heat accumulation.

Spatially, the warmest sites were those with paved surfaces: the town square (LCZ 10) recorded the highest period mean of 25.46 °C, followed by the car park (25.24 °C) and a second square with local greenery (25.01 °C). The coolest locations were a forest site and a suburban composting plant influenced by a nearby reservoir (both 23.57 °C), and a vineyard adjacent to a water body (23.65 °C). The results identify two primary cooling mechanisms: continuous tree canopy and proximity to water. Small, isolated trees within hugely paved areas provided negligible cooling. One compact residential site showed an unexpectedly low mean temperature and the widest diurnal range in the network, explained by a combination of local vegetation, surrounding built mass promoting strong nocturnal radiative cooling, and a slight topographic depression allowing cold-air pooling – illustrating that LCZ classification, while robust, is not fully deterministic.

UHI intensity was positive on all 11 days, ranging from +0.34 °C on the final cooler day to +0.99 °C on the hottest day. A strong nocturnal dominance was evident throughout: UHI derived from minimum temperatures reached up to +1.77 °C, while UHI from maximum temperatures remained maximum at 0.41 °C. Anticyclonic conditions amplified this nocturnal effect by slowing radiative cooling in the urban fabric relative to suburban areas. The timing of daily temperature maxima also varied across the network: on the hottest days, intense insolation synchronised all surfaces to peak within 1.6 hours of each other, while on cooler days the spread widened to 4.7 hours as thermally inert paved surfaces lagged faster-responding suburban sites.

The findings confirm that extensively paved surfaces generate the highest temperatures, that tree canopy and water bodies are the most effective cooling agents, and that anticyclonic conditions systematically intensify nocturnal UHI, what is consistent with established urban climate literature. The results provide a solid empirical basis for adaptation measures in urban planning, particularly the strategic expansion of greenery and water features in thermally critical zones. Future research should incorporate perceived temperature indices to assess population heat stress and enrich LCZ classification with quantitative surface parameters to better explain the observed spatial variability.