ALTERNATOR
Misliti znanost.

Hot in the city: Urbani toplotni otok

22. 9. 2022

Number: 27/2022

Author:

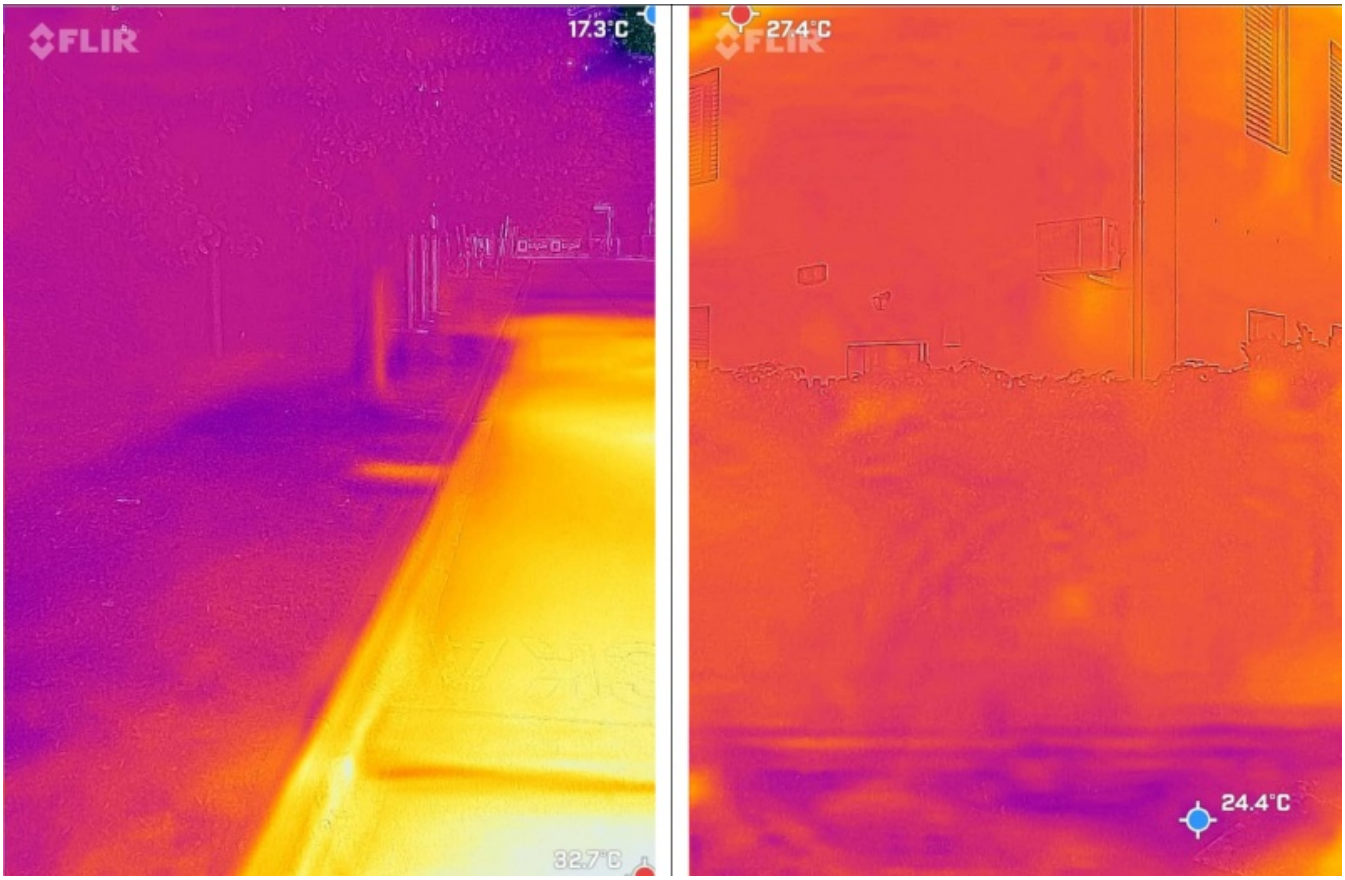
- Rok Novak



Foto: Arne Hodalič

Billy Idol prične svoj slavni komad "Hot in the city" z verzi: *It's hot here at night, Lonely, black and quiet, On a hot summer night**. Zanima me, kaj bi si mislil o tem, da bo to kitico nekaj desetletij kasneje uporabil neki raziskovalec kot uvod v članek na temo urbanih toplotnih otokov. Prepričan sem, da bi bil navdušen (https://www.cbsnews.com/newyork/news/billy-never-idles-billy-idol/) . Ni pa Billy Idol edini, ki mu je vroče v mestu ponoči. S tem se soočamo tudi ostali prebivalci asfaltnih labirintov. Vedno bolj so vroče noči v mestih posledica pojava, imenovanega *urbani toplotni otok*. Ime izhaja iz razlike v temperaturi med mestom in ruralno okolico, kjer strnjeno poseljeni del območja predstavlja »otok« visokih temperatur. Posledice (https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts) tega pojava so lahko višji poraba in stroški energije, več onesnaženja zraka, večje število obolelih in umrlih zaradi visokih temperatur.

Med junijem in avgustom 2022 so skoraj celotno Evropo preplavili vročinski valovi, ki so kot domine podirali rekorde. Med drugim tudi v Ljubljani, ki je s 37,9 °C (https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/Vrocina_julij_2022.pdf) za tri desetinke presegla prejšnjo najvišjo izmerjeno julijsko vrednost. Ocene kažejo, da je v tem obdobju v Evropi zaradi povišanih temperatur izgubilo življenje več tisoč ljudi (https://www.politico.eu/article/excess-death-surged-heat-wave-hit-europe/) . Po vrhu vsega pa so se vročinskim valom pridružili še najbolj intenzivna suša v zadnjih desetletjih in številni požari. Vroča poletja niso nič novega, navsezadnje to pričakujemo, ampak tudi vročine je lahko kmalu preveč. Globalno segrevanje prispeva k temu, da so v povprečju poletja daljša in bolj vroča, da so obdobja padavin krajša ter bolj intenzivna, ljudje in ekosistemi pa vedno bolj izpostavljeni ekstremom. Smo v času, ko dobra polovica prebivalcev na Zemlji živi v mestih, v relativno velikih strnjenih območjih, za katera so v splošnem značilne kratke poti do storitev in dobrin, več možnosti uporabe javnega prevoza, krajše potovalne poti ter ključno, gosta poselitev prebivalstva. Antropogeni materiali, kot so asfalt, beton, kovine in keramika, zamenjujejo gozdove, mokrišča in travnike. Asfalt in beton imata dobro sposobnost zadrževanja toplote oziroma povedano drugače: imata veliko toplotno maso, zato lahko prek dneva prejeto sončno energijo še dolgo oddajata v okolje.



Fotografiji prikazujeta dva posnetka s toplotno kamero FLIR ONE Pro. Barve na fotografijah prikazujejo gradiente temperature na različnih površinah. Barvna lestvica, imenovana Ironbow, prikazuje vroče objekte v toplejših odtenkih (bela, rumena, oranžna, rdeča) in mrzle objekte v hladnih barvah (modra, vijolična). Leva fotografija prikazuje razliko med temperaturo asfaltne površine (rumeno-oranžna), kjer se temperatura dvigne na 32,7 °C, in zelenico z mnogo nižjo temperaturo (vijolična), zlasti na območjih, ki se skrivajo pod drevesi. Desna fotografija prikazuje severno steno zgradbe s klimatsko napravo, kjer je jasno razvidno, da je temperatura ob napravi višja kot v okolici. Hkrati se znova opazi, da je travnata površina (vijolične barve, 24,4 °C) hladnejša od zgradbe. Foto: Rok Novak, 5. 7. 2022 med 20.30 in 21.00.

Seveda pa mesto ni samo skupek betona in asfalta, ampak organizem, poln življenja in aktivnosti, posameznikov in skupin, ki v mestu živijo, delajo in ga bogatijo. Vse te aktivnosti pa neizbežno temeljijo na porabi energije, bodisi električne, toplotne, mehanske, pa tudi energije, ki nam jo zagotavlja adenozin trifosfat (ATP (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553175/#:~:text=Adenosine%20triphosphate%20(ATP)%20is%20the,three%20serially%20bonded%20phosphate%20groups.)). Zakoni termodinamike nam, v grobem, narekujejo, da se energija ne more uničiti, le pretvori se v drugo obliko, pri tem pa lahko pride do izgub oziroma nepopolne pretvorbe. Te izgube so energija, ki je ne uspemo uporabiti in jo mnogokrat vidimo v obliki odvečne toplote ali zvoka. Urbano naselje je edinstveno v tem, da so aktivnosti, ki načrtno ali nenačrtno proizvajajo toploto, zgoščene na majhni površini. Namesto zelenih površin, ki s pomočjo črpanja in izhlapevanja vode (http://ksh.fgg.uni-lj.si/e_ucbenik_OH/09Frameset.htm) skrbijo, da je ozračje v njihovi okolici bolj hladno (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311913605432) , pa so mesta polna materialov, ki zadržujejo (shranjujejo) toploto.

Posledica zgoščene poselitve in dejstva, da je kopanje lukenj velik strošek, je gradnja visokih zgradb, ki na majhnem tlorisu nudijo veliko prostora za različne storitve ali bivališča. Vsem znana avenija Broadway v New Yorku je na obeh straneh obdana z visokimi nebotičniki, v katerih dela na tisoče pisarniških delavcev. Ta avenija že slabo stoletje in pol gosti najbolj znane ameriške »ticker-tape (https://en.wikipedia.org/wiki/Ticker-tape_parade) « parade. Pred očmi si lahko naslikamo tiste slavne fotografije (https://www.space.com/nyc-apollo-11-50th-anniversary-events.html) astronavtov Apolla 11, ko so bili zasuti z metežem papirnatih snežink in s prtljažnika kabrioleta mahali publiki. Ali pa morda zadnjo parado, leta 2021, posvečeno zdravstvenemu in drugemu osebju, ključnemu pri spopadanju z epidemijo Sars-CoV-2. Zaradi svoje, v takratnem času edinstvene, oblike, kjer cesto obdajajo ogromni nebotičniki, je avenija dobila naziv *Canyon of heroes* ali kanjon herojev. Skozi leta so opazovanja in raziskave pokazali, da imajo taki kanjoni mnogo specifik glede prevetrenosti, temperature, osončenosti in kvalitete zraka. Sčasoma se je te arhitekture in povezanih učinkov prijelo ime *urban street canyon* ali urbani kanjon. Oblika urbanega kanjona in materiali zgradb, ki ga obdajajo, ustvarjajo ugodne pogoje za zadrževanje toplote. V takem ozkem kanjonu se lahko kratkovalovno sevanje, ki ga oddaja Sonce, večkrat odbije in še dodatno prispeva k segrevanju površine zgradb, ki akumulirano toploto sevajo nazaj v okolje. Slabša prevetrenost in odsotnost zelenih površin dodatno prispevajo k manj prijetnemu bivanju v urbanem kanjonu.

Upoštevajoč vse naštete dejavnike pridemo do zaključka, da je v strnjenem urbanem okolju poletje težko preživeti brez aktivnega hlajenja. Debele stene in izolacija lahko pripomorejo k hladnejšemu stanovanju, prav tako tudi ustrezen urnik zračenja in uporaba rolet in žaluzij. Trend pa na žalost kaže, da vse to v prihodnosti ne bo dovolj, saj se bomo soočali s pogostejšimi tropskimi nočmi (https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/current/heat_indices/) , ko temperatura ne bo padla pod 20 °C. Nekateri se lahko za tistih nekaj najbolj vročih mesecev umaknejo iz mesta, vendar bodo tudi oni morali v prihodnosti to začasno preselitev podaljševati. Vedno večji delež mestih prebivalcev pa se z vročino spopada z nakupom klimatske naprave, ki nam daje možnost, da tudi poleti sami določimo temperaturo svojega bivališča.

Včasih se premalo zavedamo, kako pomemben tehnološki dosežek je klimatizacija in dejstva, da lahko prek mobilnega telefona med vožnjo, medtem ko se z vlakom peljemo domov, na stopinjo natančno določimo temperaturo v stanovanju, ko stopimo skozi vrata. Realnost pa nas je že izučila, da ti naši tehnološki napredki velikokrat pridejo z računom, ki ga plačuje tudi celotna družba. Za klimatsko napravo potrebujemo nek hladilni medij, ki ima ravno prave fizikalno-kemijske lastnosti, da bo lahko učinkovito prenesel toploto iz notranjosti navzven. V preteklosti so bili to plini iz družine (hidro)klorofluoroogljikovodikovih hladil (HCFC in CFC), ki pa so imeli izjemno negativen učinek na ozonsko plast v naši atmosferi. Leta 1989 je stopil v veljavo Montrealski protokol (https://en.wikipedia.org/wiki/Montreal_Protocol) , ki je predvidel umik teh hladil s tržišča in zamenjavo z novimi, ki pa ozonski luknji ne škodujejo. HFC hladila, ki so v veliki meri zamenjala prejšnja, sicer niso vplivala na ozonsko plast, so pa imela velik učinek na podnebno segrevanje. HFC hladila imajo večtisočkrat večji potencial globalnega segrevanja kot CO_2 in so tudi zaobjeta v Kjotskem protokolu. Danes obstaja že nova generacija hladil, ki pa oba našteta problema zaobide in nudi rešitev za nove klimatske naprave.

Še bolj zaskrbljujoča je poraba električne energije v klimatskih napravah, ki trenutno predstavljajo približno 20 % vse porabe energije v zgradbah in 10 % vse porabljene energije (https://www.iea.org/news/air-conditioning-use-emerges-as-one-of-the-key-drivers-of-global-electricity-demand-growth) na svetu. Še ena zanimiva statistika Mednarodne agencije za energijo pove, da je v letu 2018 obratovalo približno 1,6 milijarde klimatskih naprav, v letu 2050 pa naj bi jih bilo že 5,6 milijarde.

Kot smo ugotovili, energije ne moremo uničiti, lahko jo le pretvorimo ali prenesemo drugam. To seveda velja tudi v primeru klimatizacije prostorov. Obstajajo številni sistemi za klimatizacijo, najverjetneje pa imamo doma sistem z eno enoto, ki piha hladen zrak v prostoru in drugo enoto, ki piha topel zrak zunaj. Deljena zasnova, angleško *split system*, s pomočjo kompresorja prenese toploto v prostoru v hladilno sredstvo, ki potuje po ceveh do zunanje enote. V njej pa ventilator premika hladnejši zunanji zrak preko navitja cevi in s tem pripomore, da toplota iz hladilnega sredstva prehaja v zunanje okolje. Nam se ohladi dnevna soba, toplota pa se

izgubi nekje zunaj. Sliši se kot popoln sistem … Pa je res? Če je zunanja enota nameščena nekje v območju redke poselitve in dobre prevetrenosti in je oddaljena od ostalih zunanjih enot, potem to kar drži. Če pa imamo desetine, stotine ali tisoče takih enot strnjeno nameščenih ob mnogih oknih v urbanem kanjonu, pa hitro vidimo da tu lahko nastane problem. Raziskave (https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2013JD021225) v več mestih (https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2017JD028168) po svetu kažejo, da klimatske naprave in toplota, ki jo oddajajo v okolje, negativno vplivajo na učinek toplotnega otoka, zlasti v nočnem času. Temperaturo v mestih lahko zvišajo za 0,5 °C do 2,4 °C in s tem povečajo potrebo po hlajenju prostorov. Zaradi višjih temperatur klimatske naprave še bolj intenzivno hladijo in v zunanje okolje oddajo še več toplote. Tak pojav se imenuje *pozitivna povratna zanka*, kjer rezultat procesa (toplota oddana v okolje) povzroči pospešitev samega procesa (bolj intenzivno delovanje klimatskih naprav).

Vam mogoče pride na misel še kakšen zelo razpršen in pogost vir odvečne toplote v mestu v poletnem času, ki občutno vpliva na temperaturo okolja? Gotovo to niso peči, teh nimamo prižganih. Tudi ne plinski gorilniki, steklokeramične in indukcijske plošče v kuhinjah, ki so tako ali tako v notranjih prostorih, hlajenih s klimatsko napravo. Hitro pozabimo, da velik delež prebivalcev v Sloveniji vsako jutro prižge napravo, ki se segreje na več sto stopinj Celzija in zelo hitro premika več kot eno tono materiala na štirih kolesih od točke A do točke B.

Osebni avtomobil je še vedno primarno prevozno sredstvo za velik delež prebivalcev v Sloveniji. Delež se sicer manjša, vendar je tudi v ljubljanski urbani regiji to še vedno primarni način prevoza za večino odrasle populacije. Podobno kot v primeru klimatskih naprav tudi tukaj odvečna toplota ne bi bila velika težava, če ne bi imeli strnjene poselitve, slabe prevetrenosti in visoke koncentracije vozil z motorjem na notranje zgorevanje. V urbanem okolju pa imajo vsi našteti dejavniki negativen vpliv na nastajanje toplotnega otoka, zato promet predstavlja enega izmed odločujočih (https://www.nature.com/articles/s41598-017-15869-6) .

Postavimo se v vlogo Oswalda Cobblepota, drugače imenovanega *Pingvin* (https://batman.fandom.com/wiki/The_Penguin) , zlobnega in megalomanskega župana mesta Gotham in večnega sovražnika Batmana. Mesto Gotham želimo narediti karseda neprijazno prebivalcem in narediti učinek urbanega toplotnega otoka čim bolj izrazit: 1) zamenjamo zelene površine z materiali, ki mnogo boljše zadržijo toploto, 2) ustvarimo pogoje, da je prevetrenost prostora slabša in toploto težje razpršimo v okolico, in 3) zagotovimo, da je čim več antropogenih virov toplote v zelo strnjenem območju. K temu dodamo še učinek podnebnega segrevanja, ki lahko potencialno podvoji učinek (https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab4b71) urbanega toplotnega otoka, in lahko vidimo, da bo v prihodnosti življenje v Gothamu v poletnem času zelo vroče.

Nazaj v realnosti pa je situacija drugačna. Mesta že danes pripravljajo in izvajajo številne ukrepe za soočanje z naraščajočimi temperaturami. Človeške naselbine se od časa neolitske revolucije naprej soočajo z zunanjimi in notranjimi dejavniki, ki ogrožajo njihov obstoj in življenja njihovih prebivalcev. Za preprečevanje širjenja kolere so morali ločiti straniščno vodo od vode za pitje, ko so jih ogrožale poplave, so uredili struge in zgradili nasipe, danes z ustreznimi materiali in sistemom komunikacije in odziva uspešno preprečujemo, da se požari ne širijo dlje od ene strehe ali ene hiše. (Pre)visoke temperature kot posledica učinkov urbanega toplotnega otoka so še ena v vrsti groženj našim naselbinam, za katero imamo že rešitve na dlani, manjka le še izvedba.

Mnoge na videz preproste rešitve spremljajo številni nepričakovani dejavniki, katere je potrebno upoštevati pri pripravi ukrepov in intervencij v mestu. Ozelenitev urbanih okolij je razširjen ukrep, kateremu sledijo številna svetovna mesta z ustvarjanjem novih parkovnih površin, ozelenitvijo streh, fasad in obrežij vodnih teles. V poletnem času je to vsekakor dobrodošlo in znatno pripomore (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019300702) k zmanjšani toplotni obremenitvi. Pršenje vode na zelenih površinah lahko še dodatno zniža temperature v mestu in poskrbi za boljšo poroznost tal. Zalivanje zelenih površin je lahko v mestih, kjer je v poletnem času vode malo, oteženo ali popolnoma onemogočeno. Večmesečno obdobje brez zalivanja lahko za številne zelene površine pomeni tudi trajni propad in ponovno velik strošek ozelenitve.

Površinam, kot so asfalt, beton in opeke, lahko relativno preprosto, le s slojem odbojne barve, spremenimo albedo (https://sl.wikipedia.org/wiki/Albedo) oziroma delež svetlobe, ki ga površina odbije. Taka površina bo večji del Sončevega sevanja odbila nazaj v atmosfero in, ključno, ne bo še dolge ure v noč oddajala toplote v okolje. Bolj srednjeročen ukrep je uporaba poroznih materialov, ki zadržijo nekaj vlage in s hlapenjem vode hladijo ozračje, ali pa sistem cevi v konstrukciji, ki toploto odvaja in jo lahko koristno uporabi drugje. Vse naštete spremembe (https://www.nature.com/articles/s41467-021-23634-7) lahko znatno vplivajo na učinek toplotnega otoka in pripomorejo k prijetnejšemu bivanju v poletnem času. Morebitne težave pa imamo lahko pozimi, ko bi si želeli, da naše površine zadržijo več toplote in jo oddajajo še naprej pozno v noč. Nekatere zelene površine v jesenskem času ostanejo brez listja in pripomorejo k manjšim toplotnim izgubam pozimi. Seveda pa je raziskovalcem in inženirjem ta problem že dlje časa znan in ga uspešno naslavljajo z odkrivanjem novih dinamičnih premazov (https://www.science.org/doi/10.1126/science.abf7136) , ki imajo poleti visok in pozimi nizek albedo.

Manj strnjena gradnja v mestih lahko pripomore k boljši prevetrenosti in hitrejšemu ohlajanju zgradb, hkrati pa imajo manj strnjena mesta večinoma višje emisije toplogrednih plinov in zahtevajo več infrastrukture na prebivalca. Vozila z notranjim izgorevanjem lahko zamenjamo z električnimi, ki pa za vožnjo še vedno potrebujejo veliko asfaltnih površin. Poleg visokih računov za električno energijo zaradi klimatskih naprav pa je račun še višji zaradi polnjenja avtomobila. Bomo pa klimatsko napravo mnogo manj uporabljali, če poskrbimo za dobro toplotno izolacijo zunanjih površin in s tem zmanjšamo prenos toplote iz zunanje okolice v notranji prostor. S takim ukrepom pa tudi prekinemo prej omenjeno pozitivno povratno zanko.

Vsi našteti negativni vidiki različnih ukrepov nas predvsem opozarjajo, da ni enotne rešitve za vsa urbana okolja, vendar je potrebno najti kombinacije, ki ustrezajo lokalni klimi, pričakovanim vplivom podnebnih sprememb, načinu življenja in kulturi. Brez dvoma nas v mestih čakajo zelo vroča poletja, na katera se moramo kot skupnost ustrezno pripraviti in svoja okolja, tako stanovanja ali pisarne, kot tudi celotno mesto, ustrezno preoblikovati, da bo življenje v poletnem času bolj znosno. Ob tistih najbolj vročih dnevih pa je najbolje, če je le mogoče, da se odpravimo nekam v naravo in si v nahrbtnik spravimo kakšno hladno pijačo za dodatno osvežitev.

***Prevod naslova v angleščini: »Vroče v mestu«**

Prevod angleških verzov iz prvega stavka: Vroče je tu ponoči; Samotno, črno in tiho; V vroči poletni noči

https://www.alternator.science/en/long/hot-in-the-city-urbani-toplotni-otok/