

Mikrofon podnebjju: znanje in kompetence za odzivanje na podnebne spremembe: varstvo biodiverzitet in javno zdravje

Mestni toplotni otok v Ljubljani

izr. prof. dr. Matej Ogrin



CARE
4 CLIMATE



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Toplotni otok v Ljubljani



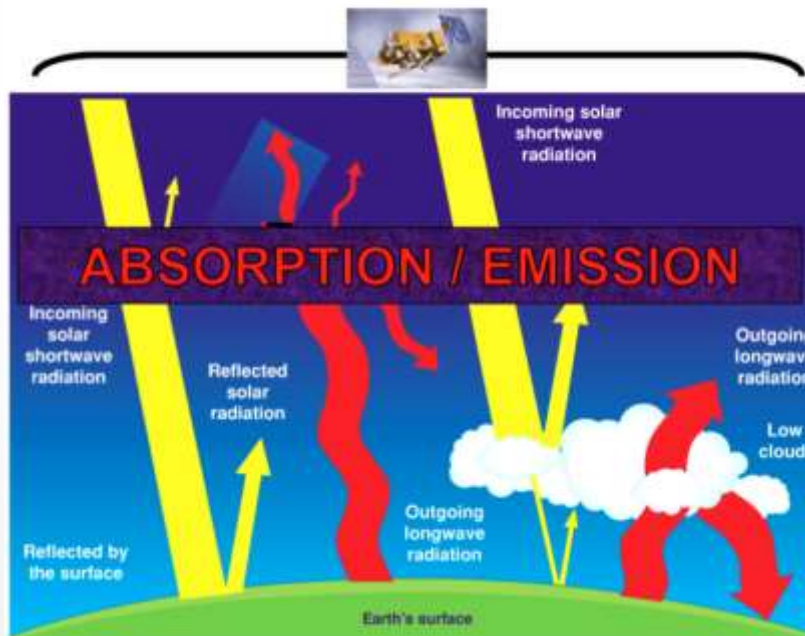
Študentski forum – Mikrofon podnebjju, Ljubljana 15. 10. 2022

- Matej Ogrin, Oddelek za geografijo, FF UL
- Barbara Lampič, Oddelek za geografijo, FF UL
- Lenart Štut, Oddelek za geografijo
- Domen Svetlin, Envirodual d.o.o.

Mehanizem mestnega toplotnega otoka

Zrak se v brezvetrju ali ob šibkem vetru segreva in ohlaja od tal – prevladuje radiacijski člen;

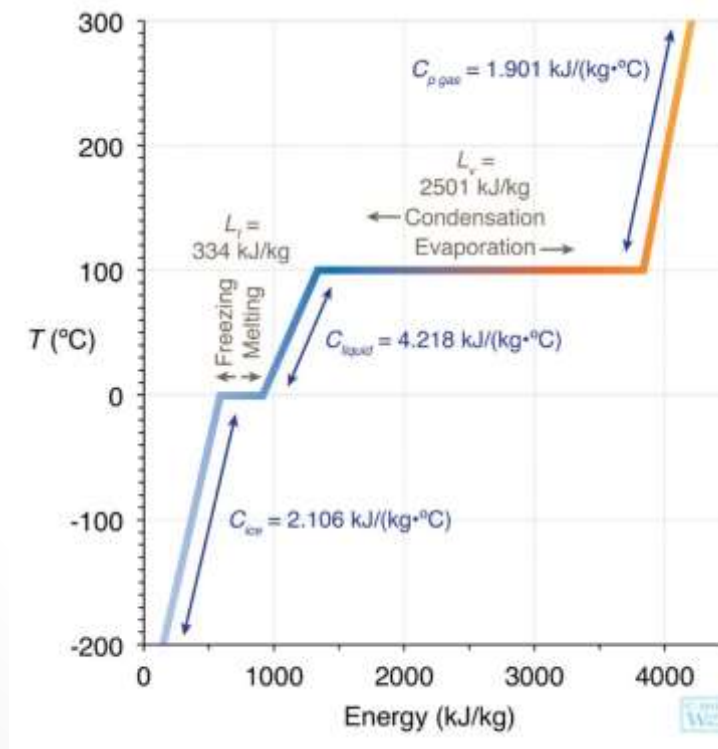
Tla obsije kratkovalovno sevanje Sonca in se v tleh spremeni v dolgovalovno sevanje (toploto), ki ga tla izsevajo v zrak;



- Tla toploto tudi kopičijo;

	Specifična toplota (C_p)	Toplotna prevodnost (λ)
	(J/kgK)	W/mK
voda	4200	
kamen (apnenec, gnajs, dolomit, marmor)	920	2,3 do 3,5
suh pesek	840	0,58
zaraščeno zemljišče, humus	840	1,5 do 2,6

- Toplota se v tleh tudi porablja (izhlapevanje vode, taljenje ledu)
- Fazne spremembe so zelo velik porabnik toplote;
- Izparilna toplota vode: 2 224 KJ/kg;
- Talilna toplota vode: 333 KJ/kg;



Mestna tla so zelo drugačna od naravnih

- So precej bolj hrapava – slabi veter;
- Veliko je navpičnih sten – večja površina z različnimi ekspozicijami;
- Veliko je pozidanega oziroma asfaltiranega prostora – kopičenje toplote v tleh;
- Pojavljajo se tudi drugi umetni materiali (plastika, umetna trava, naravni kamen,..)

Which is the world's most vertical city?

You might think of Hong Kong, given its famous skyscraper skyline, but by different measures of verticality other cities come out on top



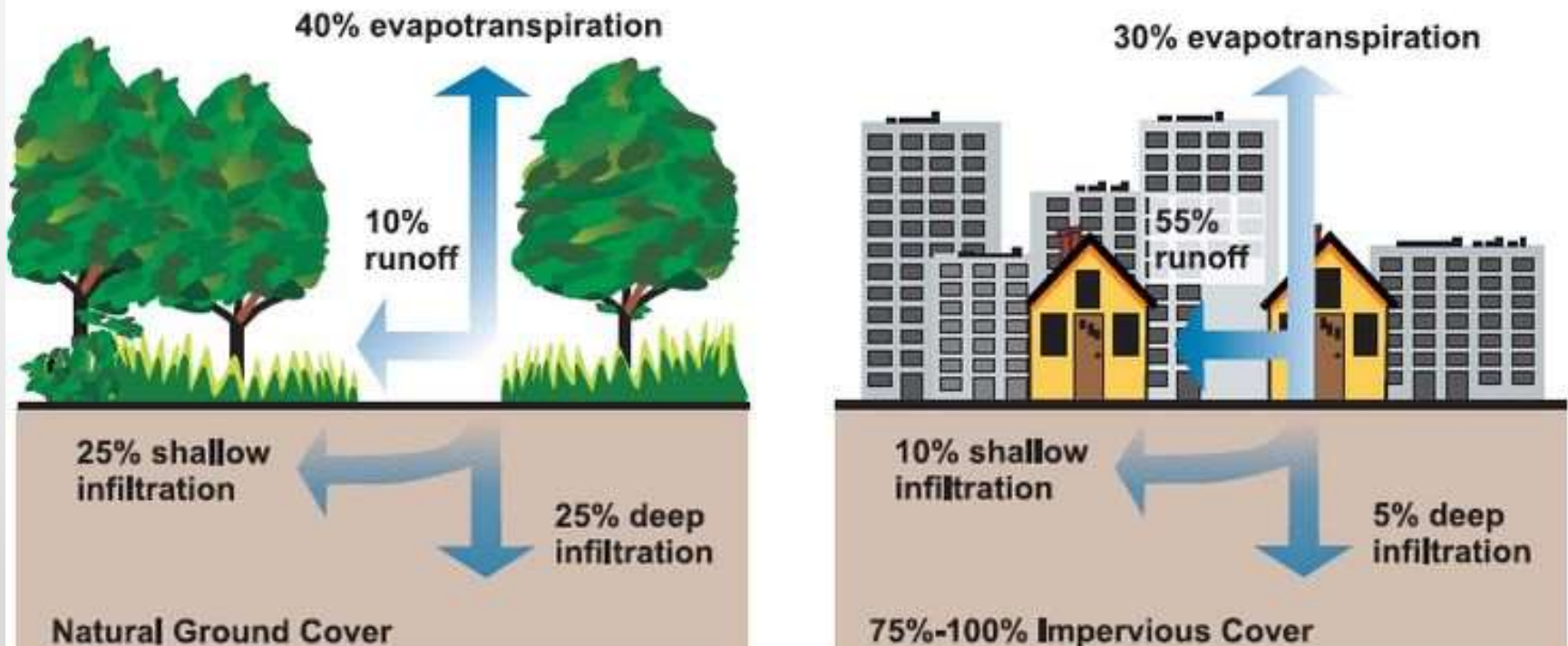
Vodni krog je zelo spremenjen

Okoli 55 % vode odteče;

30 % se porabi z evapotranspiracijo;

Le okoli 15 % vode se infiltrira v tla;

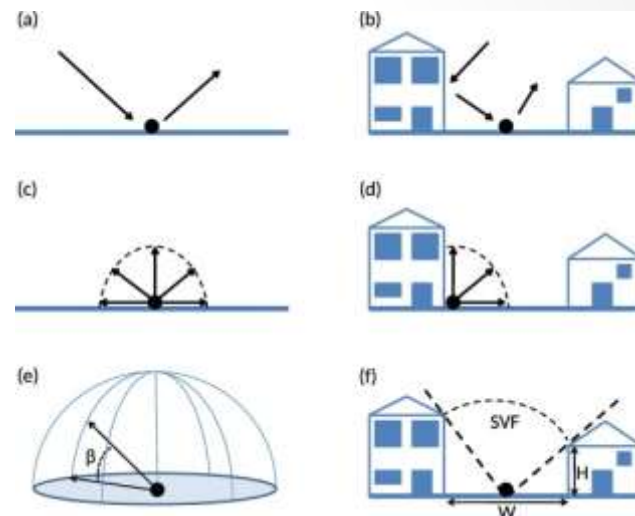
Večji delež absorbirane toplote se porabi za zaznavno toploto in manj za latentno toploto. Vzrok temu je manj vodnih površin in večja sušnost mestnih tal, saj voda hitreje odteče v podzemlje.



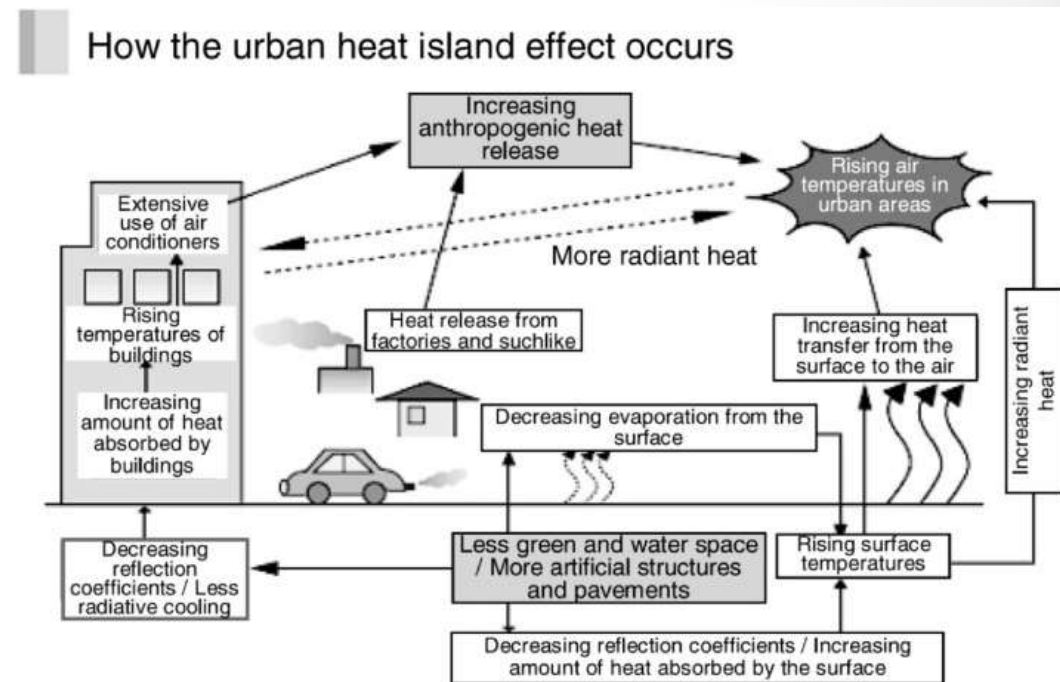
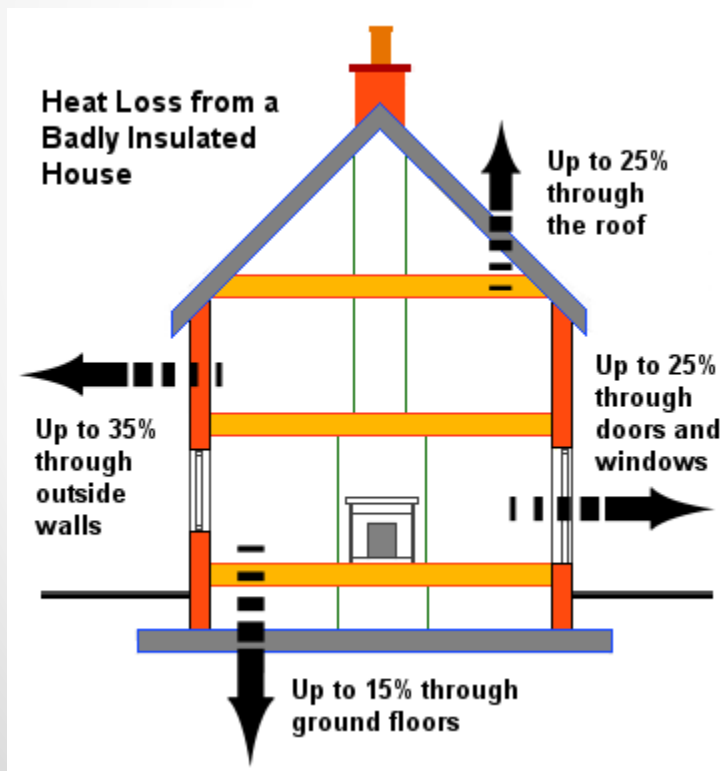
Glavni procesi, ki vplivajo na nastanek mestnega toplotnega otoka so (Oke 1982):

- večja absorpcija Sončevega obsevanja zaradi večkratnega odboja od stavb ter večje površine prejetanja sevanja (stene stavb);
- Drugačen albedo – temnejša tla vpijejo več svetlobe, ki jo pretvorijo v dolgovalovno sevanje, kar občutimo kot toploto;
- Večji sprejem sevanja in njegovo zapoznelo sproščanje zaradi zgradb in tlakovanih mestnih površin. Tu ne gre le za toplotne lastnosti materialov, pač pa moramo upoštevati tudi ujeto Sončevo sevanje in zmanjšanje konvekcijskih izgub v sloju krošenj, ki slabijo gibanje in pretok zraka.
- K temu lahko dodamo tudi manjši delež zelenih površin, ki bolje zadržujejo vodo, lahko ustvarjajo senco in so v splošnem hladnejša od pozidanih.

Nižji delež vidnega neba, ki mestnim tloom omogoča ohlajanje ponoči. Visoke stavbe ustvarijo previšan horizont, to pa ovira učinkovito dolgovalovno sevaje tal v nebo. Podnevi so taki deli mesta dlje v senci, tudi zato se mesto ogreva počasneje;



- **Sproščanje toplote zaradi človeških dejavnosti:** industrija, promet, ogrevanje, ... do neke mere lahko k temu prispeva tudi presnova ljudi.
- Večji učinek v mestih višjih geografskih širin, kjer so zime daljše, dnevi krajši in se proizvede več toplote za ogrevanje;
- Poleti v vročih mestih predstavlja problem **hlajenje stavb** in sproščanje odvečne toplote v okolico;



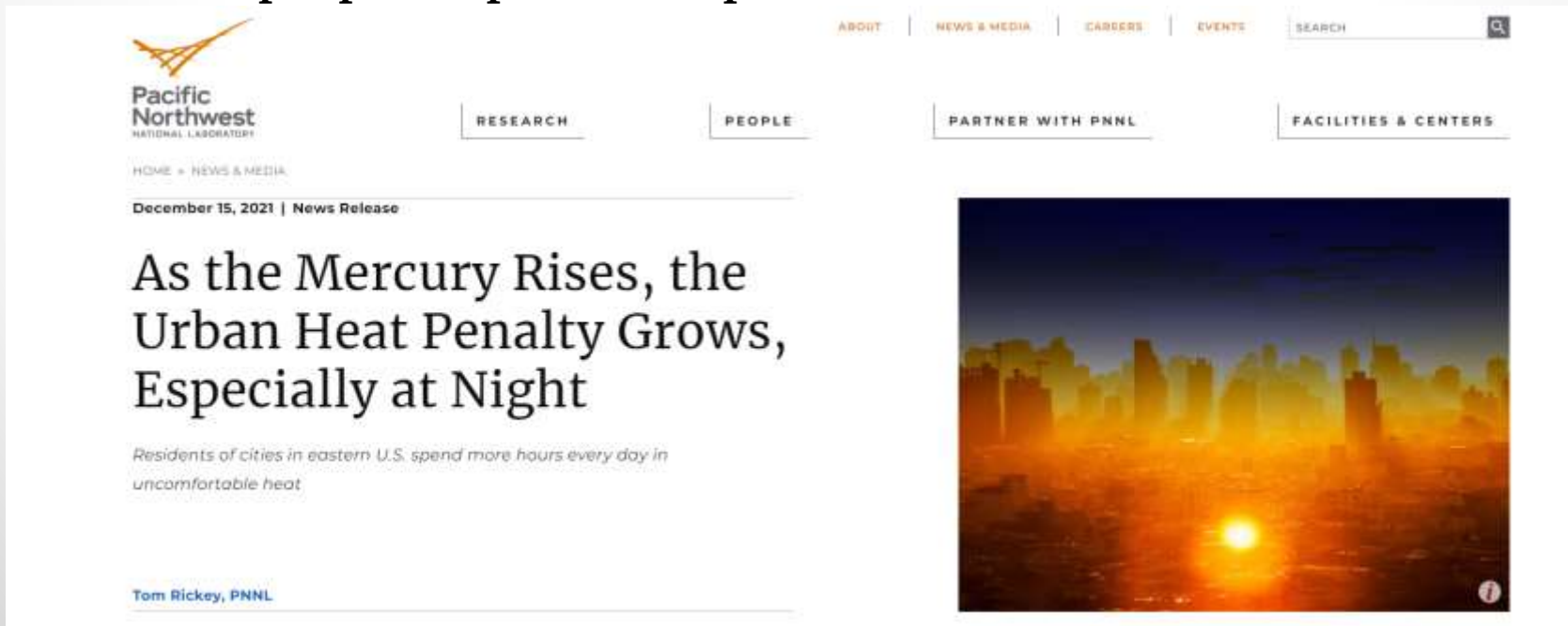
- **Manj snega** in hitro odstranjevanje snega iz mestnih tal: (parkirišča, ceste, peš cone, poti, strehe);



Intenzivnost MTO je največja v radiacijskem tipu vremena

- Jasno nebo;
- Brezveterje;
- Tedaj sevalni način prenosa toplote v mestni atmosferi prevladuje in tedaj se pokažejo največje razlike, ki so posledica bodisi razlik v kopičenju in prejeti toploti zaradi Sončevega sevanja podnevi bodisi zaradi drugačnih sevalnih lastnosti in različnega ohlajanja preko noči, bodisi obojega;
- Vendar je zaznan tudi v advekcijskem tipu vremena (ko je oblačno, ko piha in / ali ko se pojavljajo padavine;

- Do razlik pri MTO prihaja tudi glede na letni čas in glede na geografsko širino;
- Medtem ko mesta v subpolarnih območjih beležijo najintenzivnejši razvoj mestnega toplotnega otoka v zimskih mesecih, je v submediteranskih mestih ta najbolj razvit v poletnih mesecih.
- Kontinentalni del Evrope, še zlasti Panonska nižina z obrobjem kaže, da je mestni toplotni otok običajno najbolj razvit pozimi.
- **MTO, ki se odraža zlasti v višji temperaturi zraka v mestih, je ena najbolj opaznih negativnih posledic urbanizacije. Zlasti poleti v vročinskih valovih prispeva k povečani toplotni obremenitvi oziroma stresu.**



The image shows a screenshot of a news release from Pacific Northwest National Laboratory (PNNL). The page features the PNNL logo in the top left corner, which includes a stylized orange and yellow graphic above the text "Pacific Northwest NATIONAL LABORATORY". A navigation bar at the top right contains links for "ABOUT", "NEWS & MEDIA", "CAREERS", "EVENTS", and a "SEARCH" box. Below the navigation bar, there are four main menu items: "RESEARCH", "PEOPLE", "PARTNER WITH PNNL", and "FACILITIES & CENTERS". The main content area displays the date "December 15, 2021 | News Release" and the title "As the Mercury Rises, the Urban Heat Penalty Grows, Especially at Night". A sub-headline reads "Residents of cities in eastern U.S. spend more hours every day in uncomfortable heat". The author is identified as "Tom Rickey, PNNL". On the right side of the page, there is a large image showing a city skyline at sunset or sunrise, with the sun low on the horizon, casting a warm orange glow over the buildings.

Na kratko o geografiji Ljubljane

prebivalstvo: 292 000

gostota poselitve 1065 p/km²

površina občine: 275 km²

nadmorska višina: 298 m

Lega v kotlini s pogosto in pozimi izrazito temperaturno inverzijo.



Med bolj zelenimi prestolnicami EU.

Najbolj deževna prestolnica EU.

Sodi med najbolj meglena mesta v EU.

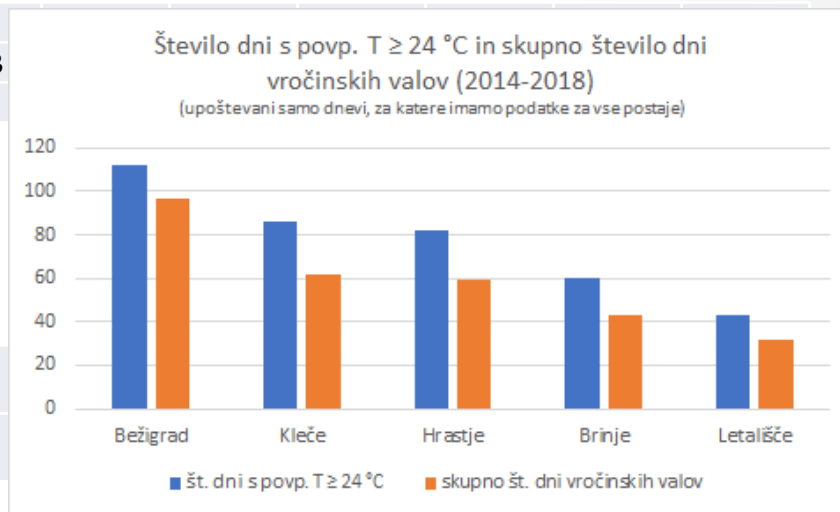
Podnebje Ljubljane

Tpovp (°C) and povprečna količina padavin (mm) (1981 – 2010)

jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul
0.3	1.9	6.5	10.8	15.8	19.1	21.3
69	70	88	99	109	144	115

Povprečno število dni s snežno odejo

Ljubljana	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000
	76.9	58.6	59.1	47.9



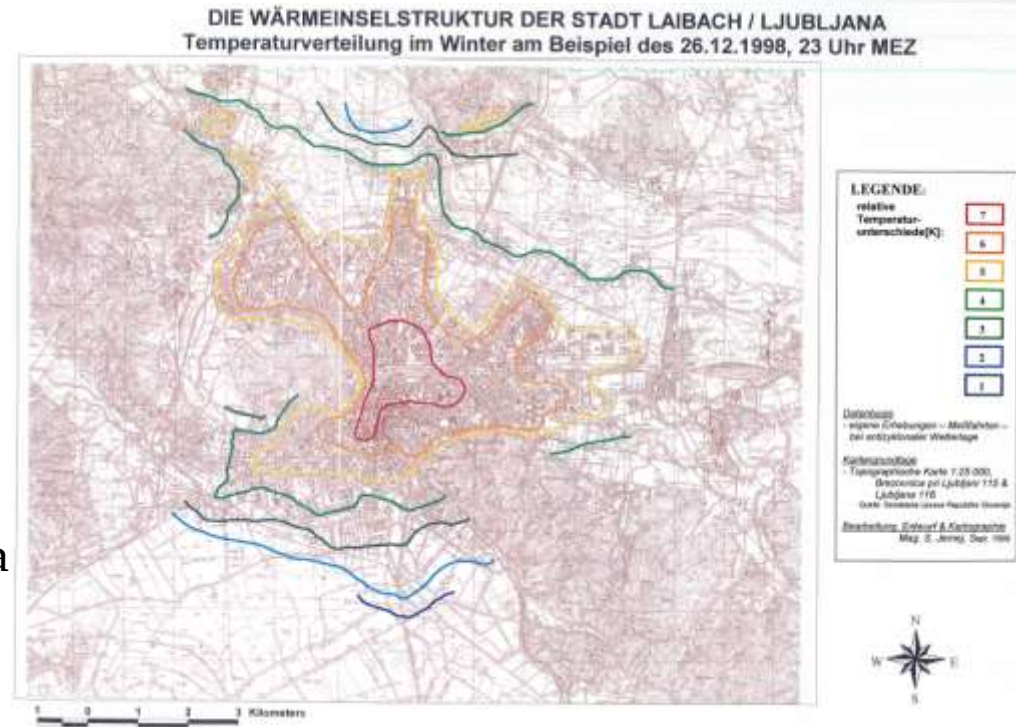
Povprečno število vročih dni (T > 30 °C) v Ljubljani (1961 – 2020)

	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10	2010-20
Ljubljana	11,5	8,7	12,3	19,9	24,8	32,7
Brnik	4,9	4,7	12	11,9	17,3	21,9

Ogrevanje mesta je kombinacija globalnega ogrevanja in toplotnega otoka mesta!

Meritve toplotnega otoka v Ljubljani

- Prva raziskava MTO v Ljubljani je bila opravljena v letu 2000, pod vodstvom strokovnjaka iz Univerze v Gradcu in v sodelovanju domačih ustanov (MOL, UL, ..);
- Terenske meritve;
- Stacionarne meritve meteoroloških parametrov;
- Meritve s SODARJEM (meritve vetra po višini);
- Uporaba satelitskih posnetkov;



Toplotni otok v Ljubljani 26. decembra 1998 ob 23:00

Atlas urbanih otokov

UHI atlas je spletna aplikacija za vizualizacijo prostorskih podatkov vezanih na MTO na območju Srednje Evrope (Ciglič, Komac 2015).

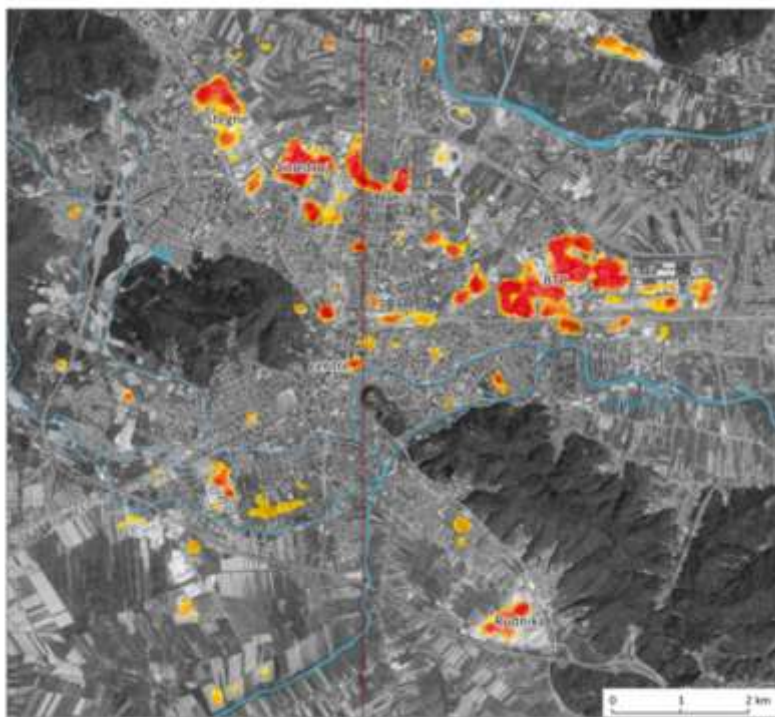


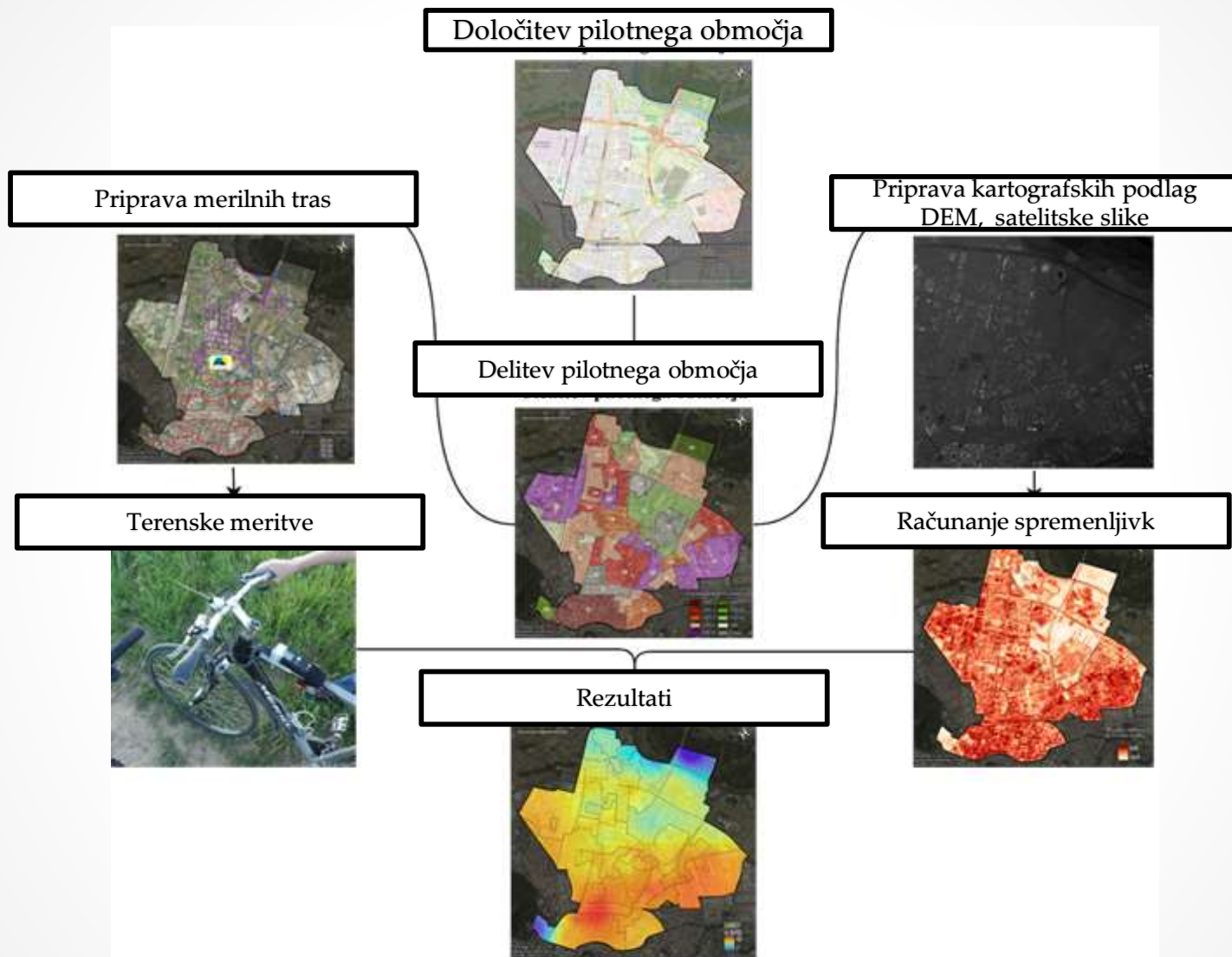
Fig. 12.5 The frequency of occurrence of the top two percent of the highest temperatures in build-up areas

Ugotavljali so temperature površine tal s pomočjo daljinskega zaznavanja (SUHI).

Meritve v Ljubljani 2020 - 2022

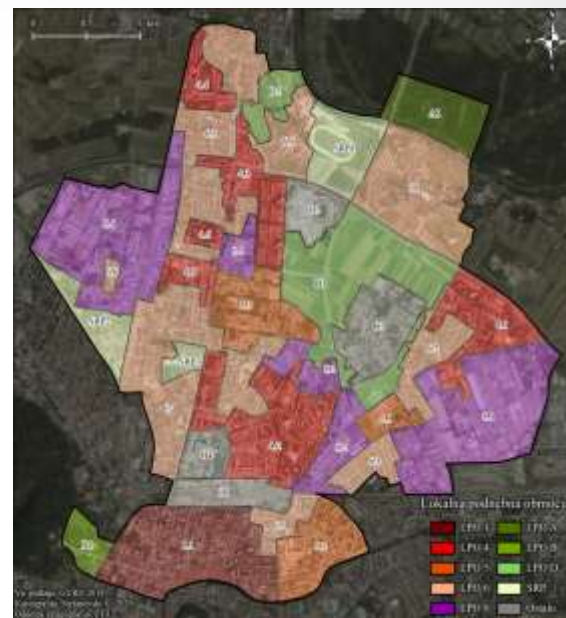
- Spomladi 2020 smo na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani v okviru raziskovalnega dela s študenti začeli raziskovati MTO v Ljubljani;
- V letu 2020/21 smo na območju mesta in obrobja postavili 4 stacionarne meteorološke postaje za pridobivanje daljših nizov meteoroloških podatkov z območja mesta in okolice.
- Pozimi 2020/2021 smo začeli sodelovati s podjetjem Envirodual, ki pripravlja SECAP za MOL in jih je zanimal »termalni obraz mesta«. Izvedli smo pilotno zimsko merilno akcijo in izvedli 10 terenskih meritev.
- Meritve so se nadaljevale tudi od poletja 2021 do pomladi 2022;

Okvir projekta



Metodologija

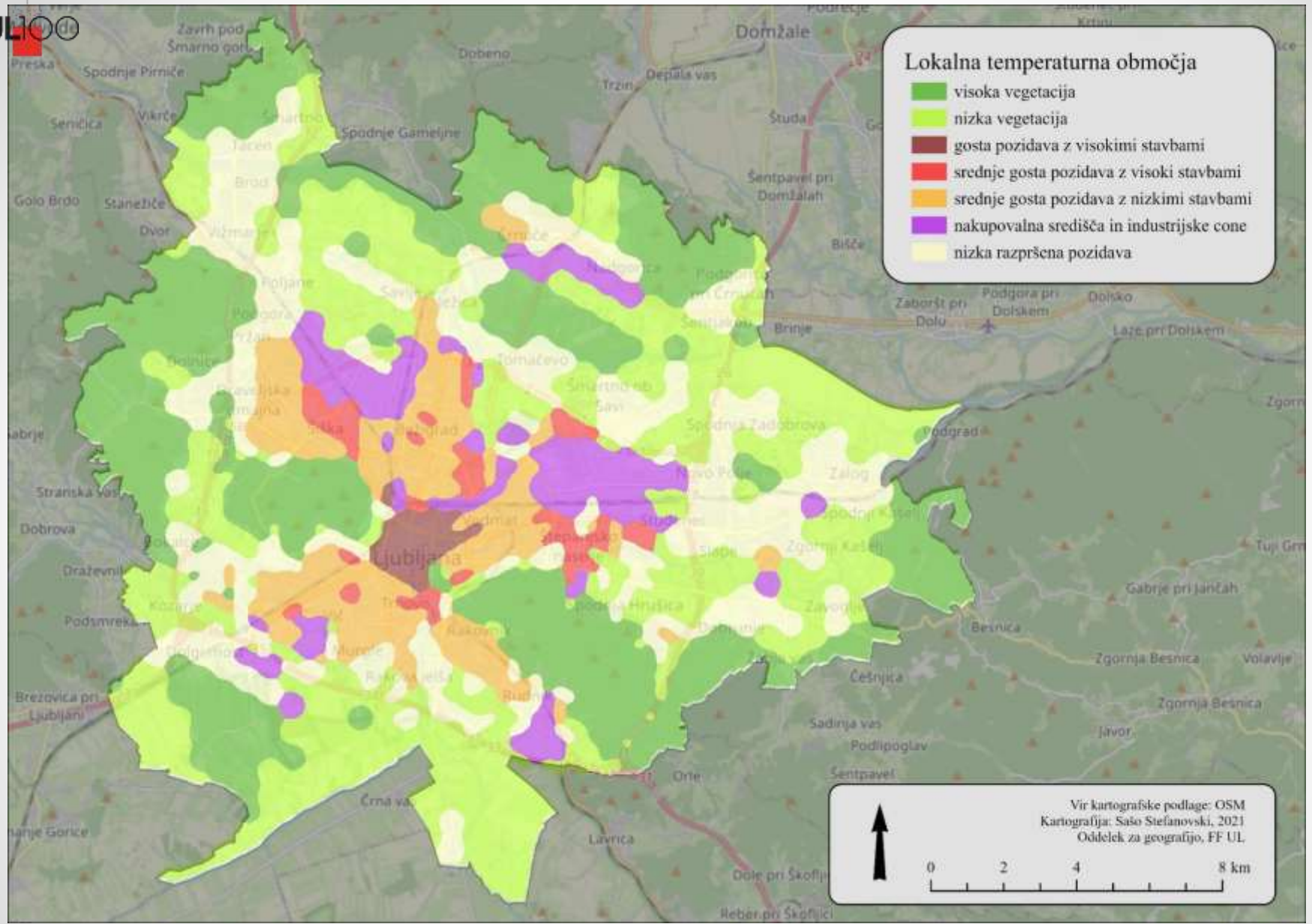
- Določitev lokalnih temperaturnih območij (Stewart, Oke, 2012, ..);
- Terenske meritve;
- Stacionarne meritve;



Določitev lokalnih temperaturnih območij

- Normalizirani diferencirani indeks vegetacije (NDVI)
- Standardizirani diferencirani indeks pozidanosti (NDBI);
- Pozidano območje;
- Hrapavost terena;
- Višina stavb;
- Albedo
- Delež vidnega neba;





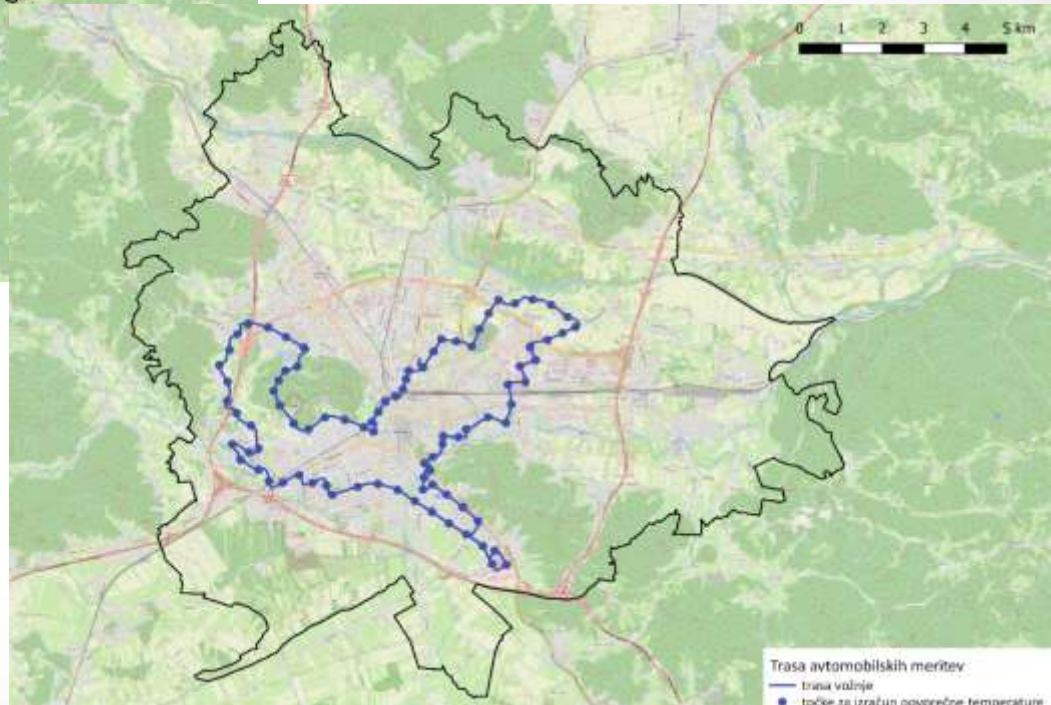
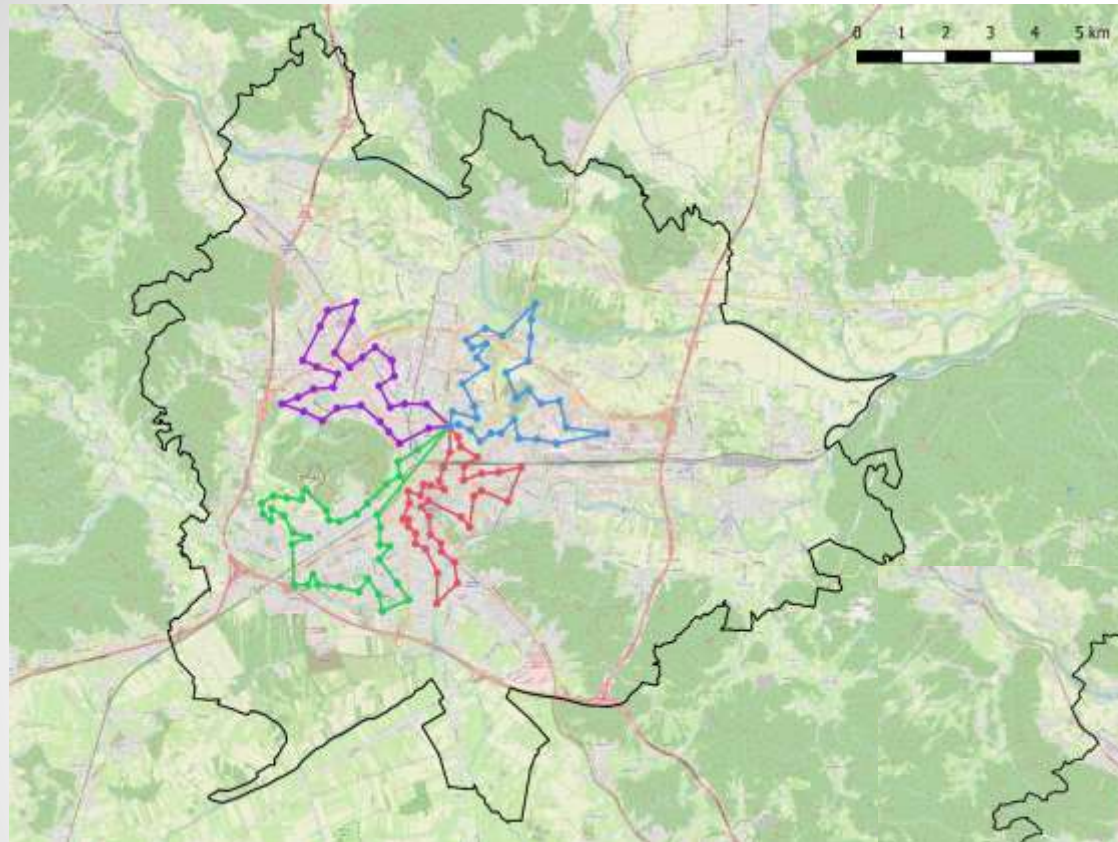
LTO (Lokalna temperaturna območja) – trase meritev so bile izbrane na podlagi LTO

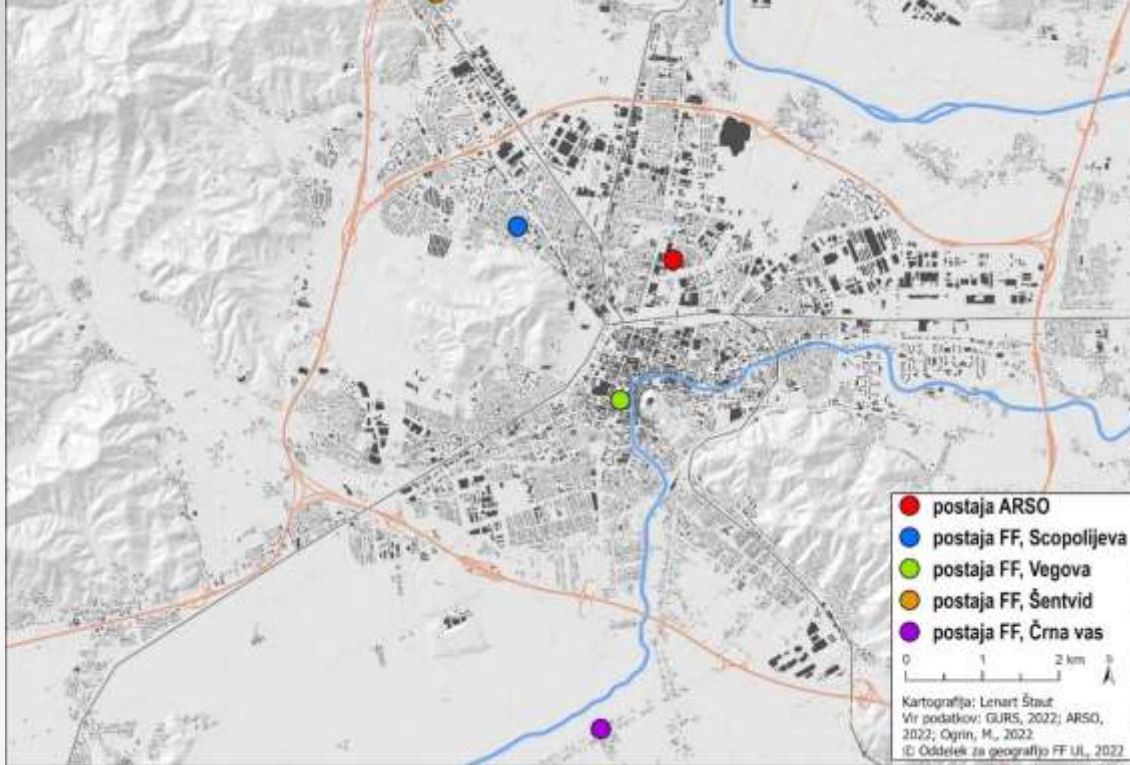
Terenske meritve

- Kombinacija kolesarskih in avtomobilskih meritev;
- Kolo lahko meri tam, kjer avtomobil ne more;
- Štiri trase za kolesarske meritve, cca 15 km vsaka;
- Dve osebi na traso, ki vozita v nasprotni smeri;
- Cca 30 merilnih točk na vsaki trasi;
- Meritve potekajo: večerne meritve: cca 1 uro po Sončevem zahodu;
- Jutranje meritve: cca: 1,5 h pred sončevim vzhodom;
- Avtomobilske meritve: dve vozili v nasprotni smeri, cca 70 min.



2021/2022 Trase kolesarskih (zgoraj) in avtomobilskih meritev

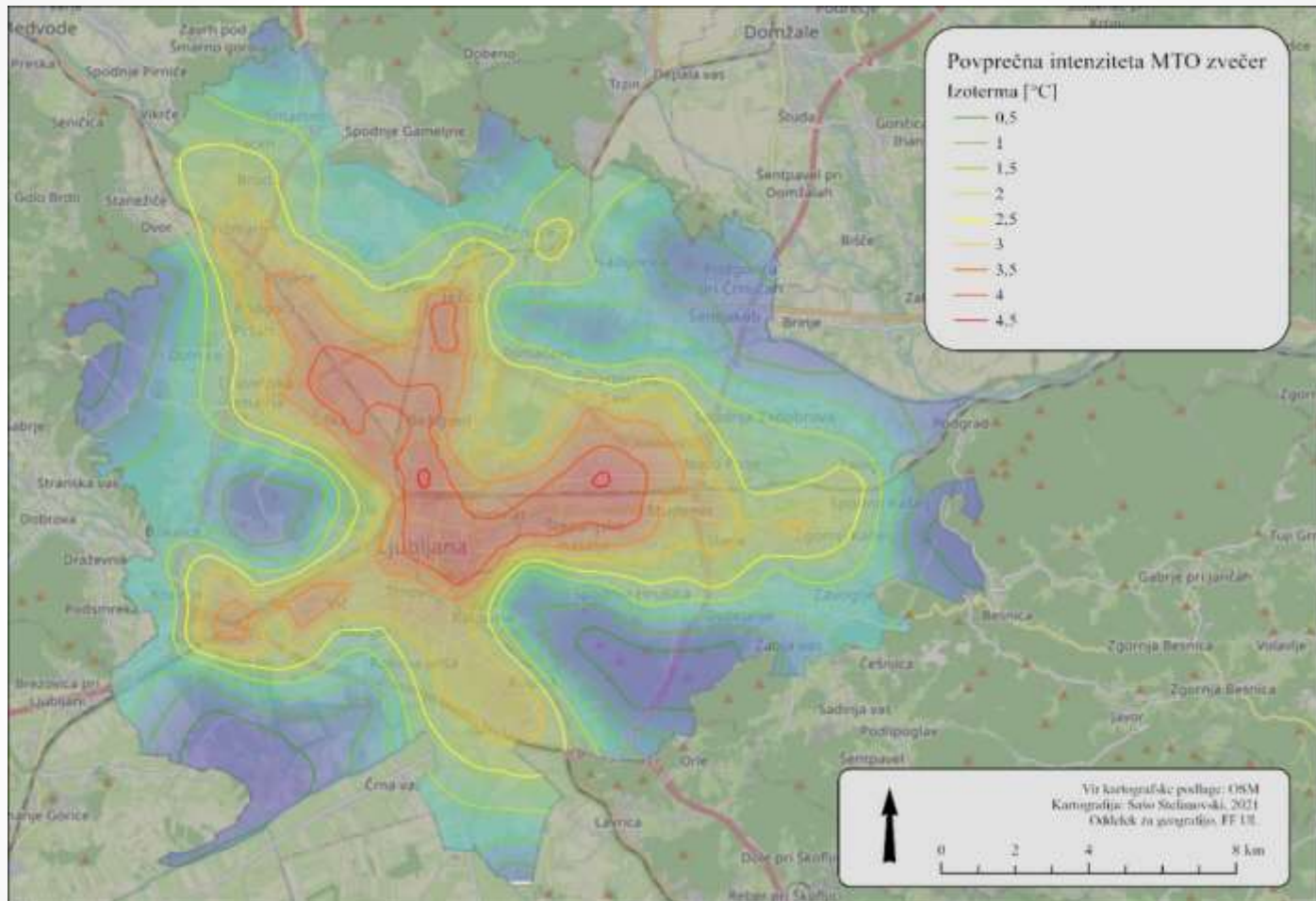




Meritve temperature (°C) stacionarnih postaj v Ljubljani v obdobju 1. 7. 2021 – 2.3. 2022.

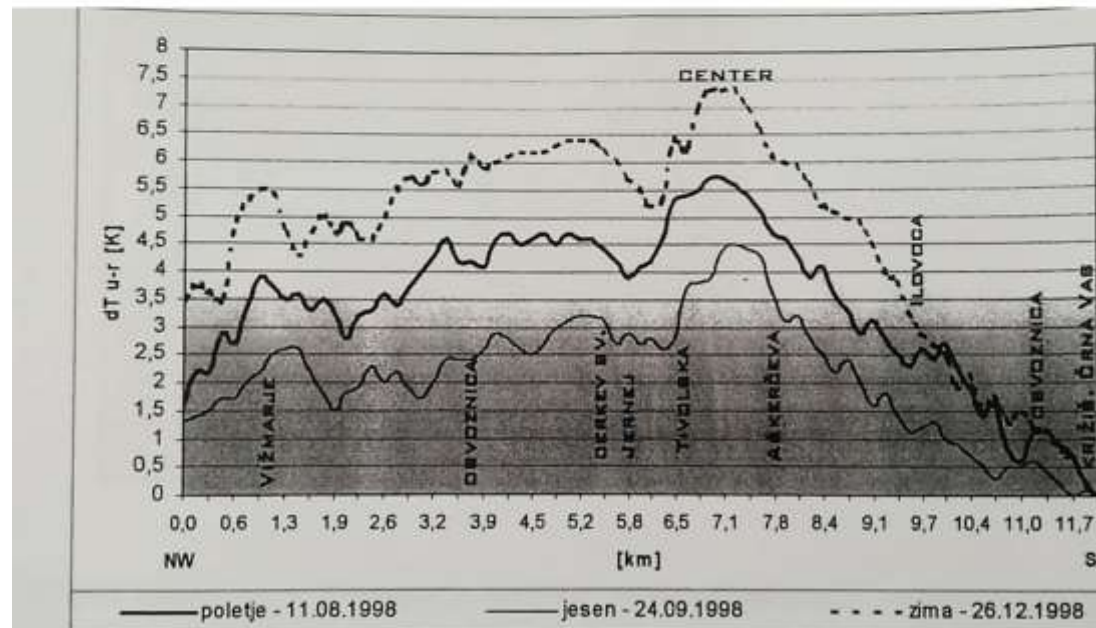
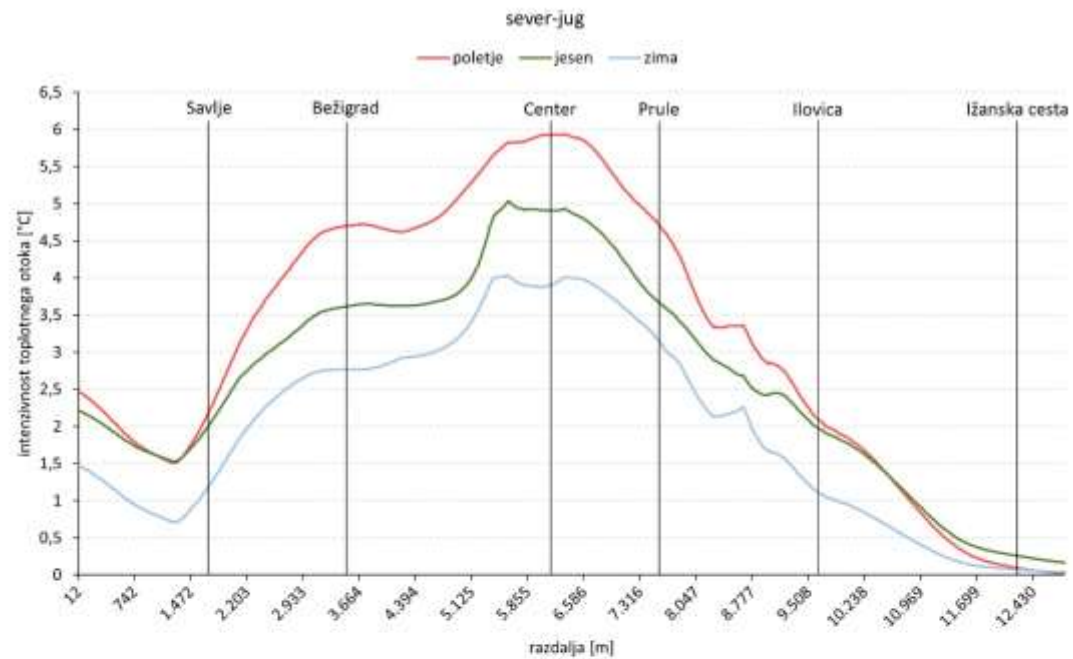
*...interpolacija 9. 2. do 2.3. 2022

	Vegova	Scopolijeva	Šentvid	Črna vas	ARSO
T povp	10.8*	10.0	9.8	8.9	10.6
T povp max	15.2*	15.6	14.8	15.5	15.4
T povp min	7.1*	5.9	5.7	3.7	6.5
	Vegova	Scopolijeva	Šentvid	Črna vas	ARSO
abs. MAX	34.9	36.1	34.5	35.9	35.5
abs. MIN	-6.5	-8.0	-8.3	-11.0	-7.1



Toplotni otok v Ljubljani v zimi 2020/21

Temperaturni prerez toplotnega otoka v Ljubljani v letih 2022 and 1998



Slika 6.16: Prečni profil temperaturnih razlik med posameznimi mestnimi predeli za 11.08.1998 (ob 24:00 po SEČ), 24.09.1998 (ob 23:00 po SEČ) in 26.12.1998 (ob 23:00 po SEČ) glede na časovno interpolirane maršrutne meritve in meritve meteoroloških postaj.



- Poletna intenziteta MTO izgleda podobno kot pred 20 leti;
- Zimski toplotni otok v Ljubljani slabi, glavni razlog so mile zime;
- Poletni toplotni otok tekom noči slabi, pozimi se pa krepi;
- MTO se radialno širi iz središča mesta vzdolž glavnih prometnih in poselitvenih osi, iz oblike črke Y se postopno spreminja v obliko črke X;
- MTO je najbolj izrazit v območjih visoke in goste poselitve ter v nakupovalnih središčih in industrijskih območjih;
- V poletnih vročinskih valovih 52 % prebivalcev Ljubljane živi v območju intenzitete MTO 4 – 6 ° C, kar vzbuja skrb;
- Industrijska območja ter velika nakupovalna središča (BTC, NS Rudnik) so pomemben vir “urbane toplote” izven središča mesta;
- Majhna zelena območja znotraj mesta izginjajo in se spreminjajo v pozidana območja;
- Želja po hitrem dobičku zaradi visoke cene zazidljivega zemljišča v mestu pretehta skrb za bolj zdravo in podnebno odporno mesto;

Ukrepi blaženja mestnega toplotnega otoka

Dokumenti in politike mesta, ki se soočajo s podnebnimi spremembami, so področje, kjer mora biti govora tudi o toplotnem otoku;

- SECAP;
- Konvencija županov za podnebne spremembe in energijo;
- Lokalni energetske koncepti;
- Prometna politika;
- Prostorska politika...

Ohranjanje zelenih površin

- Ohranjanje visokega deleža zelenih površin na območju mesta, saj le te zagotavljajo naravne pogoje za blažitev toplotnega otoka.
- Zeleni mestni rob (Ljubljansko polje, Ljubljansko barje; Viško polje, območje Glinc, Kozarij Zadobrove, Zajčje Dobrave, ..) in večji zeleni kompleksi znotraj mesta (Golovec, Tivoli z Rožnikom, Grajski grič z Golovcem) so pomembni naravni hladilniki ne le mestnega obrobja, pač pa tudi notranjih mestnih območij;
- Zelene površine v mestu in na njegovem robu v prostorski politiki naj nimajo le statusa rekreativnih površin in površin, ki predstavljajo »pljuča« Ljubljane, pač pa naj bodo ta območja poznana tudi kot naravni regulatorji oziroma blažilci mestnega toplotnega otoka.

- Manjša zelena območja v pozidanih območjih v mestu naj, v nasprotju z obstoječo prakso zadnjih let (npr. na Viču, v Šiški), ostanejo nepozidana.
- Velika gostota višjih stavb (stanovanjskih blokov ali poslovnih prostorov), ustvarja mestno klimo, kot jo imamo v središču mesta, kjer je nočno ohlajanje zelo upočasnjeno, zmanjšajo se tudi samočistilne sposobnosti ozračja, saj gosta pozidava slabi vetrove.



Senčenje večjih odprtih pozidnih površin;





Travniki in trate



Vodne površine

- Poleti hladnejše, pozimi topleje od okolice – blažijo temperature
- V stanovanjske soseske je smiselno načrtovati vodne površine (vodnjake, ribnike) z obilo zelenja;
- Večje reke so koridorji, ki povečajo naravni učinek hlajenja poleti;





Prometne površine

- Moratorij na gradnjo novih cest, proti širitvi vpadnic;
- Nova parkirišča pomenijo nove tlakovane površine ali nove visoke stavbe, odprte površine je potrebno ozeleniti;
- Podpora javnemu prometu in nemotoriziranim oblikam prometa in zmanjšanje odprtih parkirišč sodi med širše podporne ukrepe za blaženje toplotnega otoka.



Energetska učinkovitost stavb



Arhitekturne rešitve



Spremljanje stanja

YOU CAN'T MANAGE



WHAT YOU DO NOT MEASURE

HVALA ZA POZORNOST