



Mestni toplotni otok v Ljubljani in toplotna obremenitev ljudi

Slovenija pod pritiskom: kaj podnebna tveganja pomenijo za podjetja, gospodarstvo in odločevalce

BTC City Ljubljana, 15. 9. 2026

dr. Matej Ogrin, Tim Gregorčič

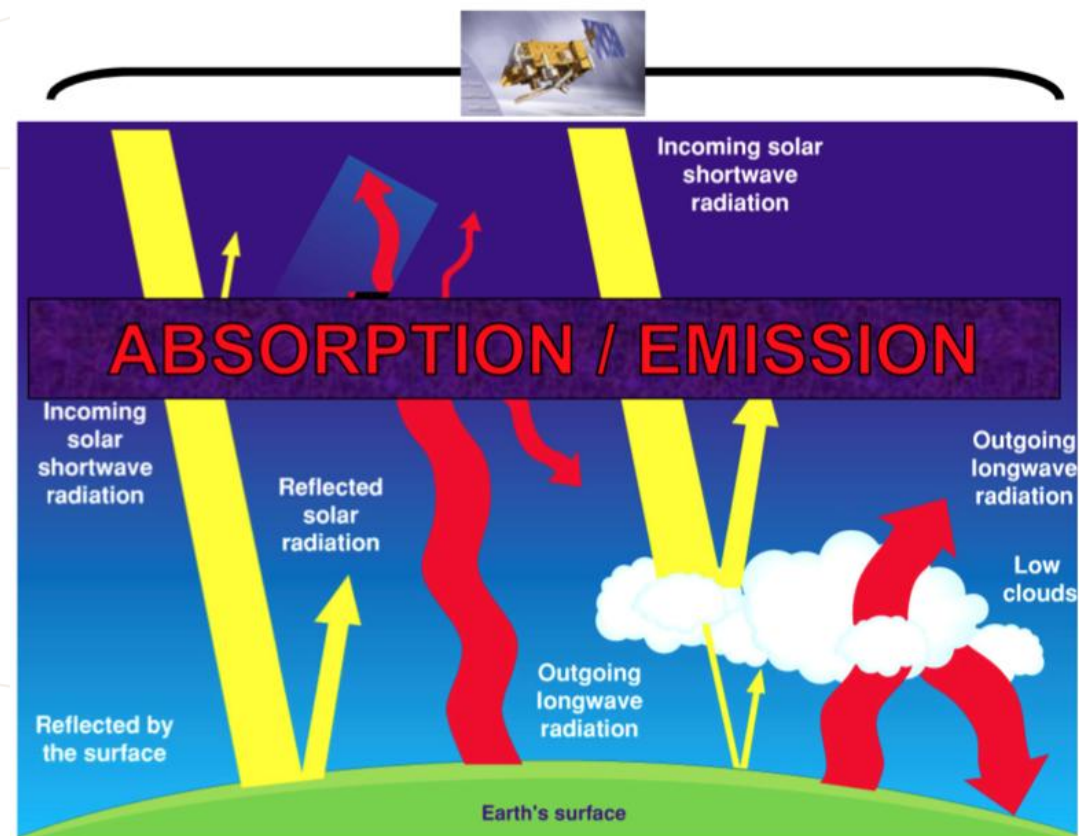
Oddelek za geografijo, FF UL

Mehanizem mestnega toplotnega otoka

Zrak se v brezvetrju ali ob šibkem vetru segreva in ohlaja od tal –

Sonce ogreje tla, tla ogrejejo zrak

Različna tla različno ogrejejo zrak!

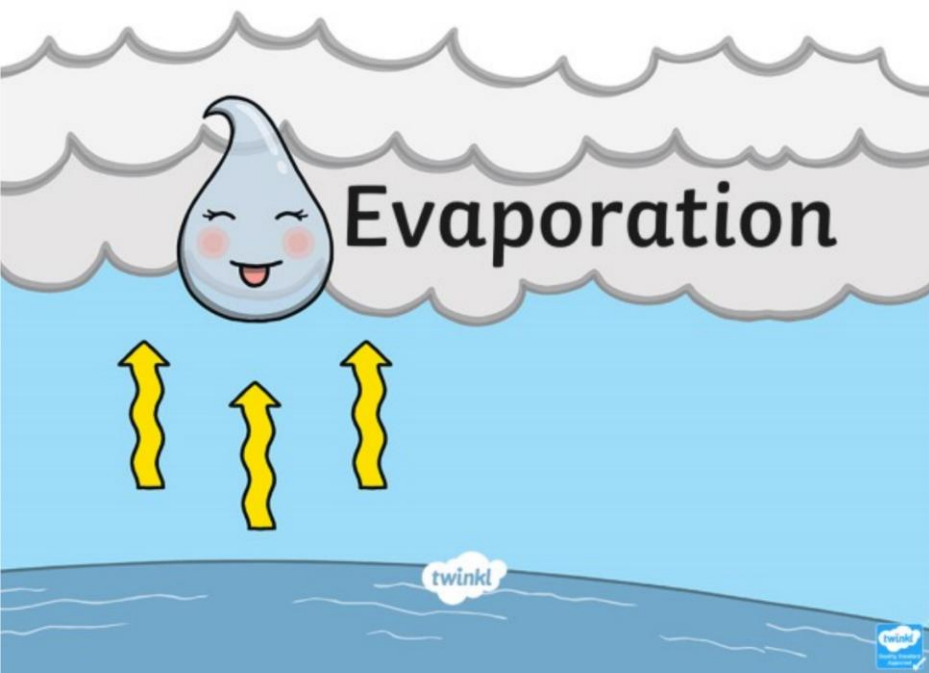


Toplota se v tleh shranjuje, a tudi porablja (izhlapevanje vode, taljenje ledu)

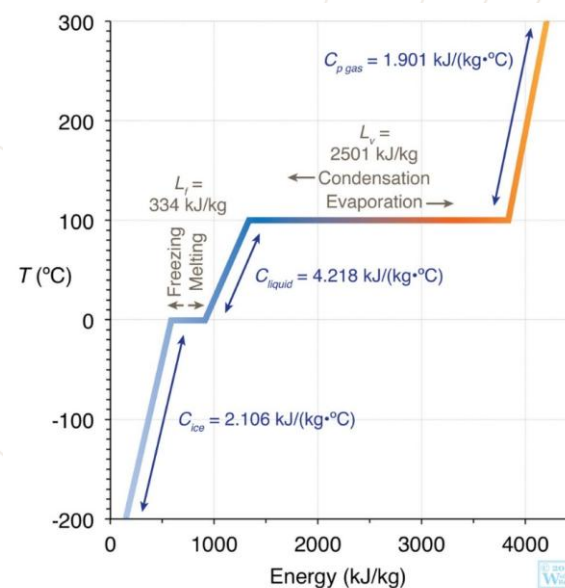
Fazne spremembe so zelo velik porabnik toplote;

Izparilna toplota vode: 2 224 kJ/kg;

Talilna toplota vode: 333 kJ/kg;



	Specifična toplota (C_p) (J/kgK)	Toplotna prevodnost (λ) 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



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



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

01

Večja absorpcija Sončevega obsevanja zaradi večkratnega odboja od stavb ter večje površine prejetanja sevanja (stene stavb);

02

Drugačen albedo – temnejša tla vpijejo več svetlobe, ki jo pretvorijo v dolgovalovno sevanje, kar občutimo kot toploto;

03

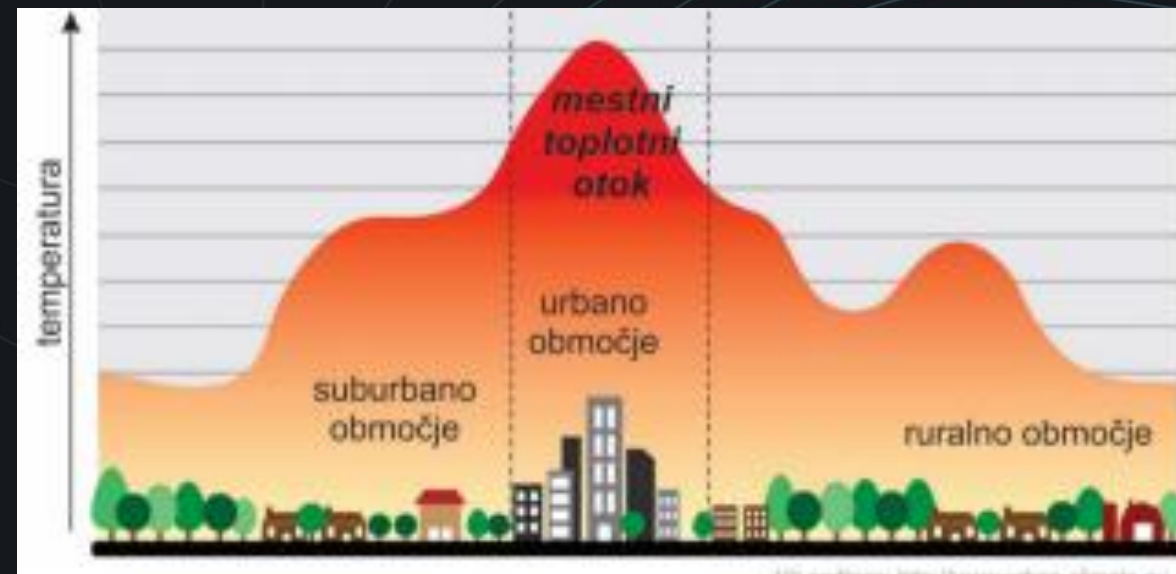
Večji sprejem sevanja in njegovo zapoznelo sproščanje zaradi zgradb in tlakovanih mestnih površin. Tu ne gre le za toplotne lastnosti materialov, pač pa moramo upoštevati tudi ujeto Sončevo sevanje in zmanjšanje konvekcijskih izgub v sloju krošenj, ki slabijo gibanje in pretok zraka.

04

K temu lahko dodamo tudi manjši delež zelenih površin, ki bolje zadržujejo vodo, lahko ustvarjajo senco in so v splošnem hladnejša od pozidanih.

Posledica je oblikovanje višjih temperatur v mestu glede na okolico, kar je izključno posledica oblike in rabe tal ter dejavnosti v mestu.

**= MESTNI TOPLLOTNI
OTOK (MTO)**



POSLEDICE MTO

- 01 Povečana toplotna obremenitev v topli polovici leta;
- 02 Milejši hladni stres v hladni polovici leta;
- 03 Mestna toplotna obremenitev je seštevek podnebnih sprememb in MTO;
- 04 Večinoma se prispevek podnebnih sprememb povečuje hitreje kot prispevek MTO;
- 05 Slednjega lažje blažimo kot prvega;

Kako prikazujemo vpliv vročine oziroma toplotne obremenitve:

Klimatski kazalci

Vroči dnevi: $T_{\max} > 30\text{ °C}$

Tople/tropske noči; $T_{\min} > 20\text{ °C}$;

Zelo vroči dnevi; $T_{\max} > 35\text{ °C}$;

Vročinski valovi;

Toplotni indeksi:

UTCI Univerzalni toplotni podnebni indeks: pove, kako zunanji meteorološki pogoji vplivajo na organizem, vpliv se prikaže na ekvivalentu temperature;

PET Fiziološko ekvivalentna temperatura – univerzalni indeks za biometeorološko oceno toplotnega okolja;

WBGT Vpliv temperature mokrega termometra in črne krogle: se uporablja za vrednotenje vpliva vročine ob fizične delu na Soncu;

Podnebne spremembe v Ljubljani

Povprečno število dni s snežno odejo

Ljubljana	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10	2010-20	2021 – 25*
	76.9	58.6	59.1	47.9	50.5	29.5	20.2

Povprečno število vročih dni ($T > 30\text{ °C}$) v Ljubljani (1961 – 2020, 2020 – 2026)

	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10	2010-20	2021-26
Ljubljana	11,5	8,7	12,3	19,9	24,8	32,7	46,6
Brnik	4,9	4,7	12	11,9	17,3	21,9	33,2

Ogrevanje mesta je kombinacija globalnega ogrevanja in toplotnega otoka mesta,
a v Ljubljani prevladuje signal podnebnih sprememb!

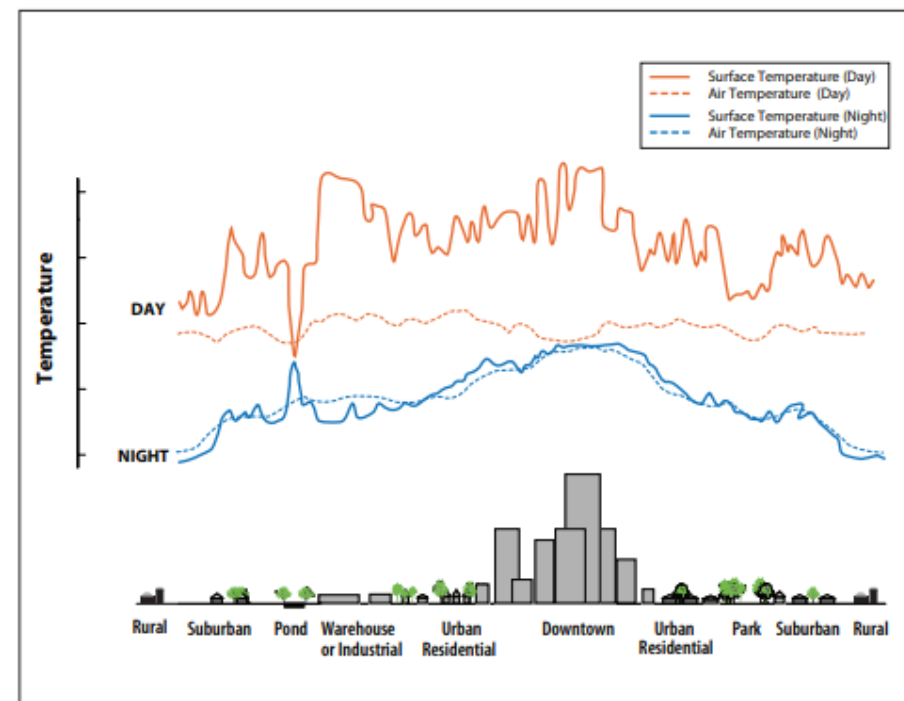
Poznamo več oblik MTO

01 MTO površine tal: osončene površine so lahko do 27 - 50 °C toplejše od zraka, osenčene in mokre pa so ogrete blizu temperaturi zraka. Najmočnejši je tedaj, ko Sonce sije najmočnejše, v povprečju doseže 10 – 15 °C višje T od tal v okolici, ponoči 5 – 10 °C;

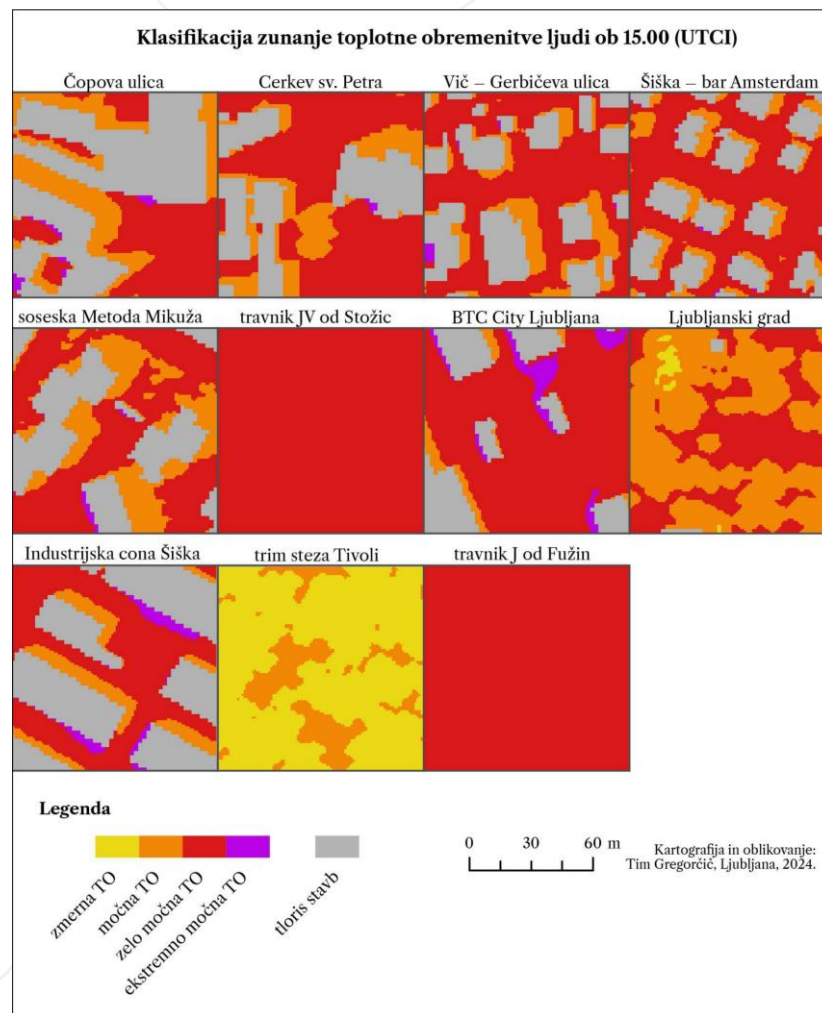
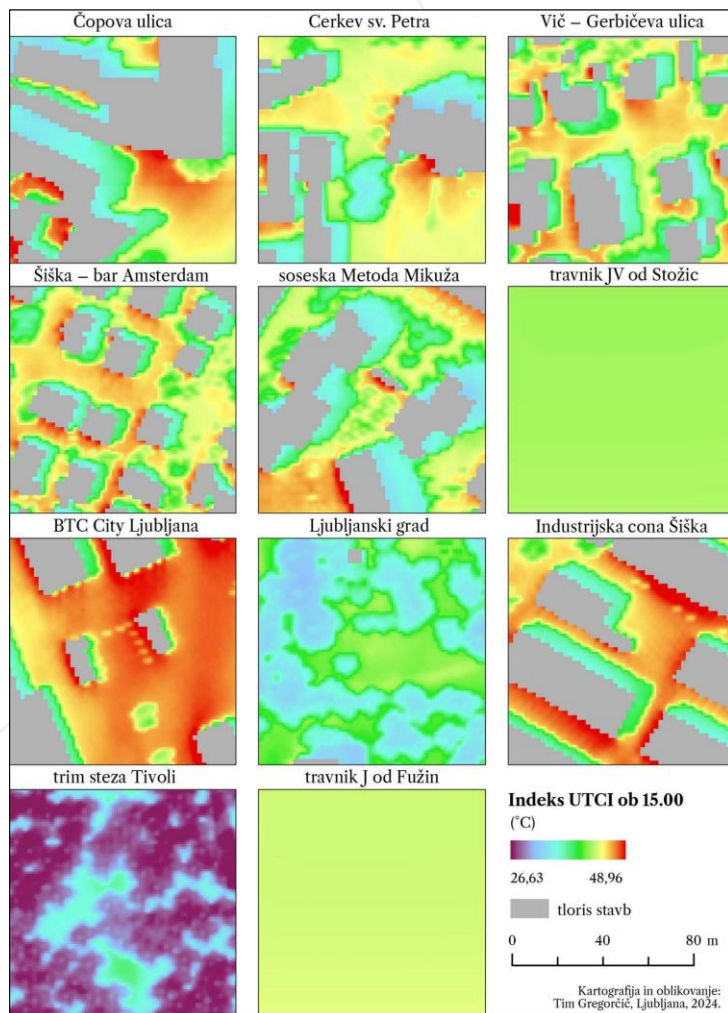
02 MTO ozračja pri tleh (do višine krošenj);

03 MTO ozračja do višine mejne plasti;

Figure 2: Variations of Surface and Atmospheric Temperatures

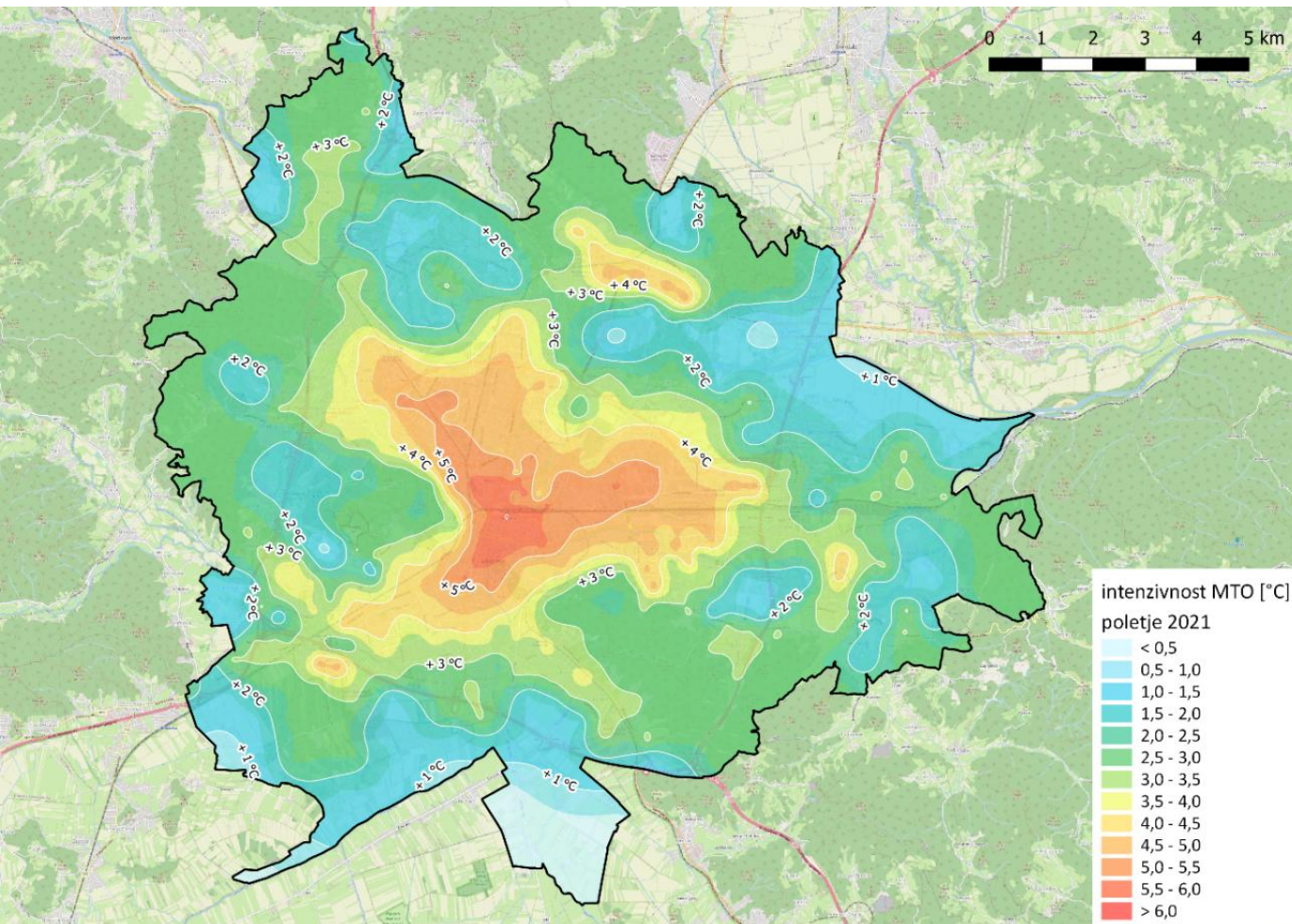


MTO prikazujemo na več ravneh:



Prikaz kvalitativnih razredov
UTCI ob 15.00 v Ljubljani.

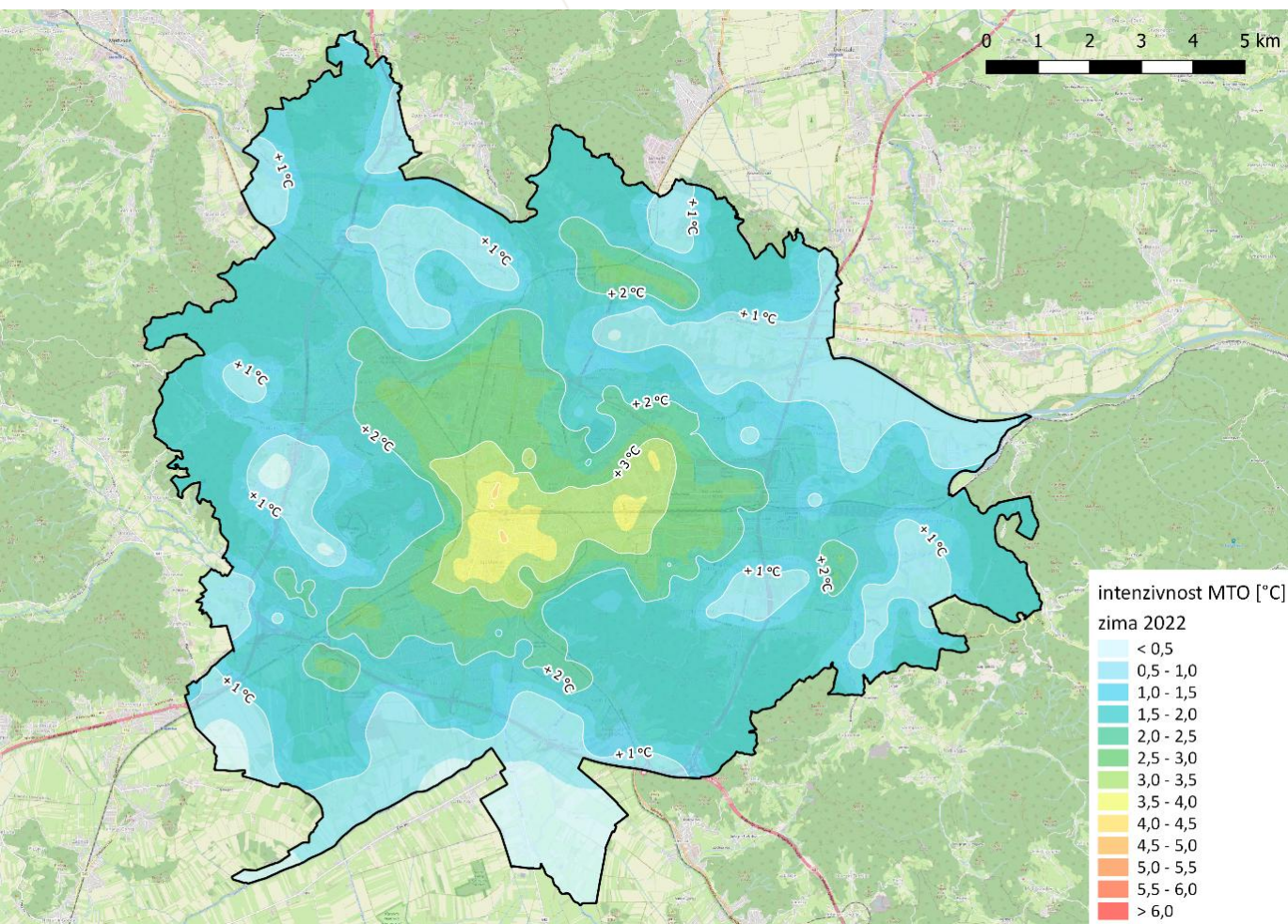
Poletna intenziteta MTO v Ljubljani (kombinacija jutranjih in večernih meritev)



POLETJE

območje	površina (ha)	število prebivalcev	delež površine (%)	delež prebivalcev (%)
0–2 °C	4.235,2	7.484	25,9	2,6
2–4 °C	9.661,4	127.870	59,0	45,2
> 4 °C	2.482,5	147.764	15,2	52,2
celotno območje	16.379,1	283.118	100,0	100,0

Zimska intenziteta MTO v Ljubljani (kombinacija jutranjih in večernih meritev)



ZIMA

območje	površina (ha)	število prebivalcev	delež površine (%)	delež prebivalcev (%)
0–2 °C	12.782,6	99.542	78,0	35,2
2–4 °C	3.590,3	182.997	21,9	64,6
> 4 °C	6,2	579	0,0	0,2
celotno območje	16.379,1	283.118	100,0	100,0

Sklepi

01

Mestni toplotni otok vse bolj vpliva na toplotno obremenitev v zunanjem okolju;

02

V kombinaciji s podnebnimi spremembami pričakujemo krepitev MTO in prevlado negativnih nad pozitivnimi učinki MTO; Lažje obvladujemo MTO kot podnebne spremembe, a glavni problem so slednje;

03

Naloga vseh deležnikov, ki lahko vplivajo na blažitev poletnega toplotnega stresa v mestih je, da s skupnimi prizadevanji v največji možni meri blažimo negativne učinke, saj v EU toplotna obremenitev predstavlja 85 % smrtnih žrtev povzročenih zaradi naravnih nesreč;

HVALA ZA POZORNOST!



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FF

Filozofska
fakulteta

Oddelek za
geografijo