

Toplinsko opterećenje grada Dubrovnika

Marijana Boras

marijana.boras@gfz.hr

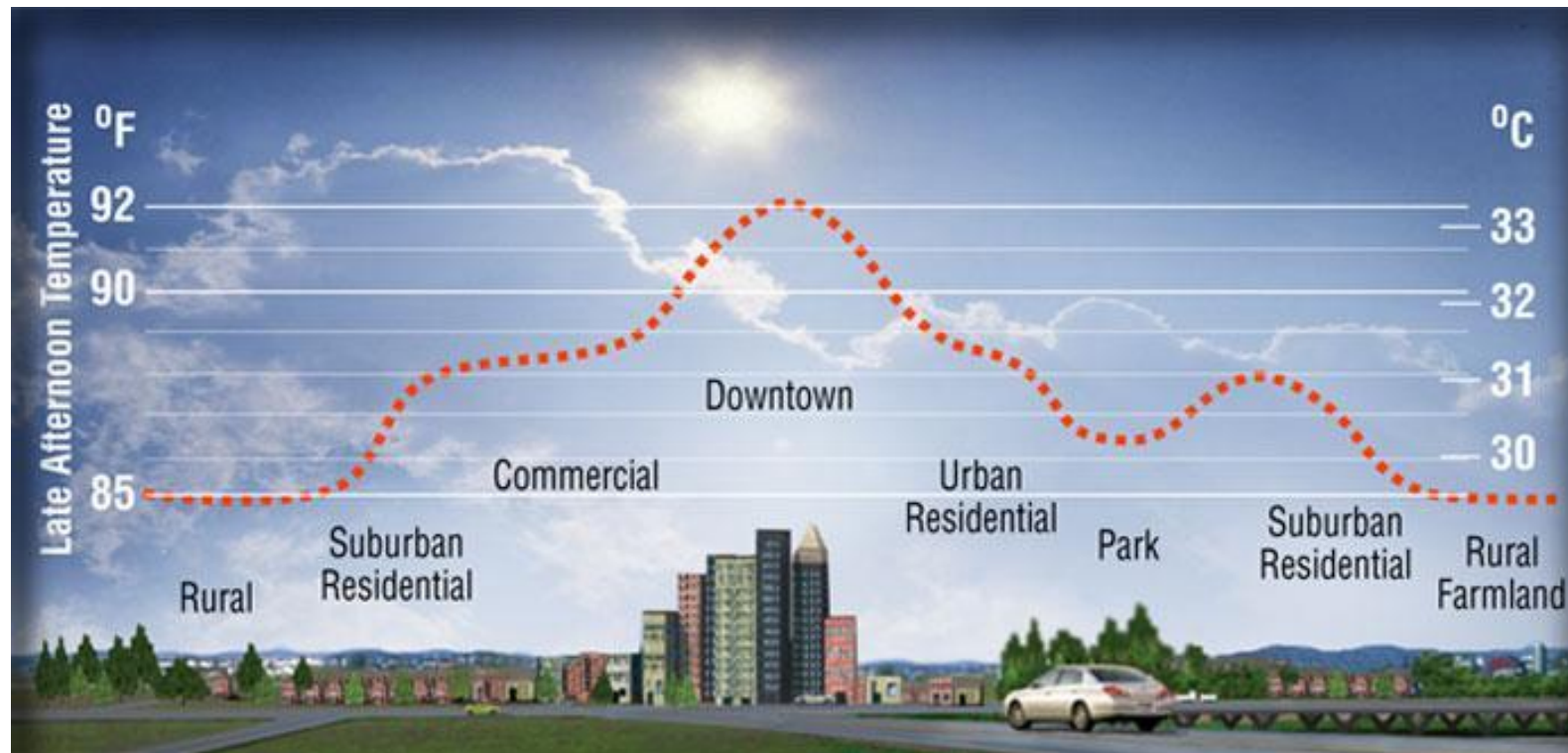
Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilište u Zagrebu

Projekt je sufinancirala Europska unija iz europskog fonda za regionalni razvoj.



Urbana klimatologija

- URBANA KLIMA - specifični klimatski uvjeti nastali kao posljedica međudjelovanja klime i urbanih područja
- Efekt urbanog toplinskog otoka i globalnih klimatskih promjena utječe na različite aspekte života u gradu (medicinski, ekonomski, ekološki, energetska, ...)



Izvor: <https://heatland.lbl.gov/>

Motivacija za istraživanje i klima grada Dubrovnika

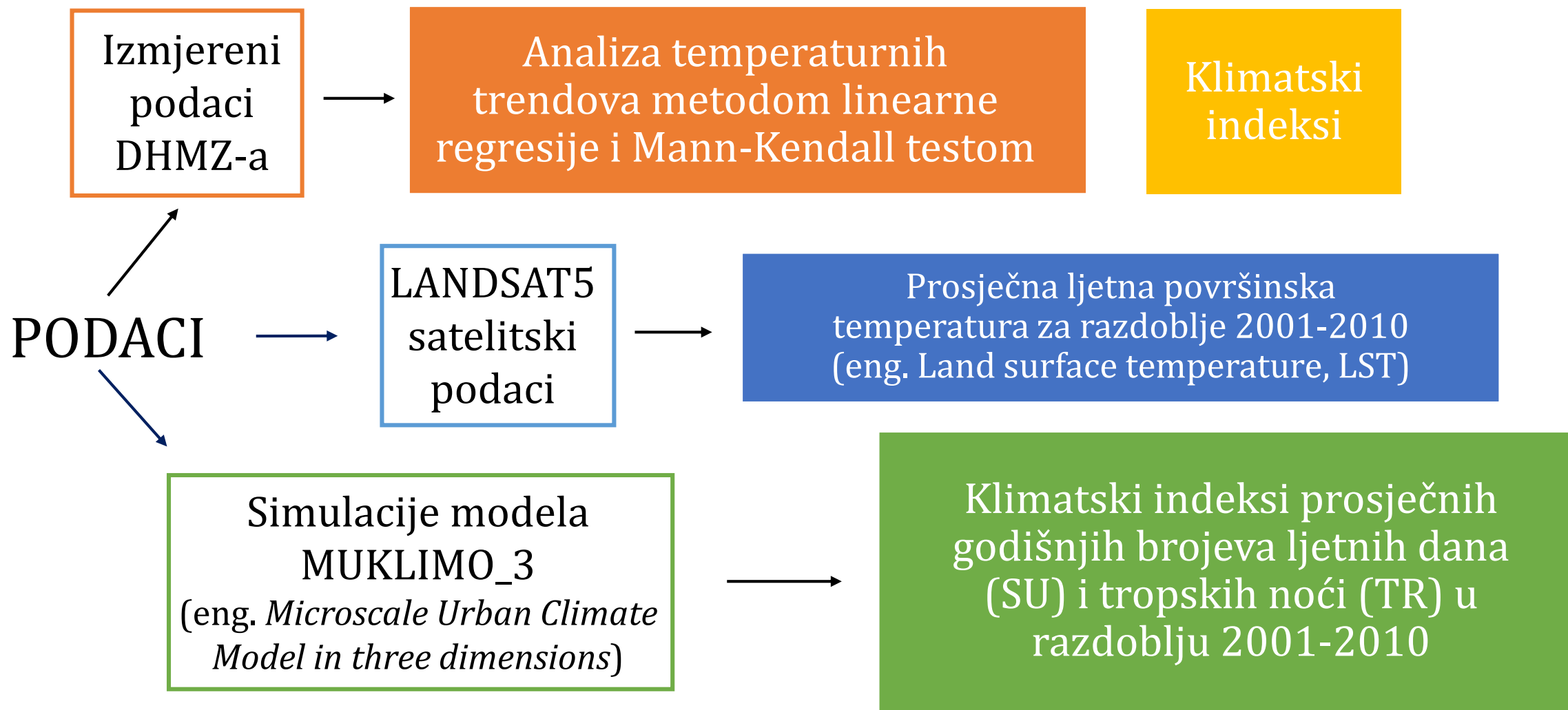
- grad Dubrovnik – popularno turističko odredište, zanimljiv geografski položaj, smješten na području Mediterana
- područje Mediterana – *eng.* hot spot
- prema Köppen-Geigerovoj klasifikaciji klime – sredozemna klima s vrućim ljetima



Izvor: <https://www.loveexploring.com/news/92374/things-to-do-in-dubrovnik-game-of-thrones-dubrovnik-holidays-croatia>

Podaci i metode

METODE



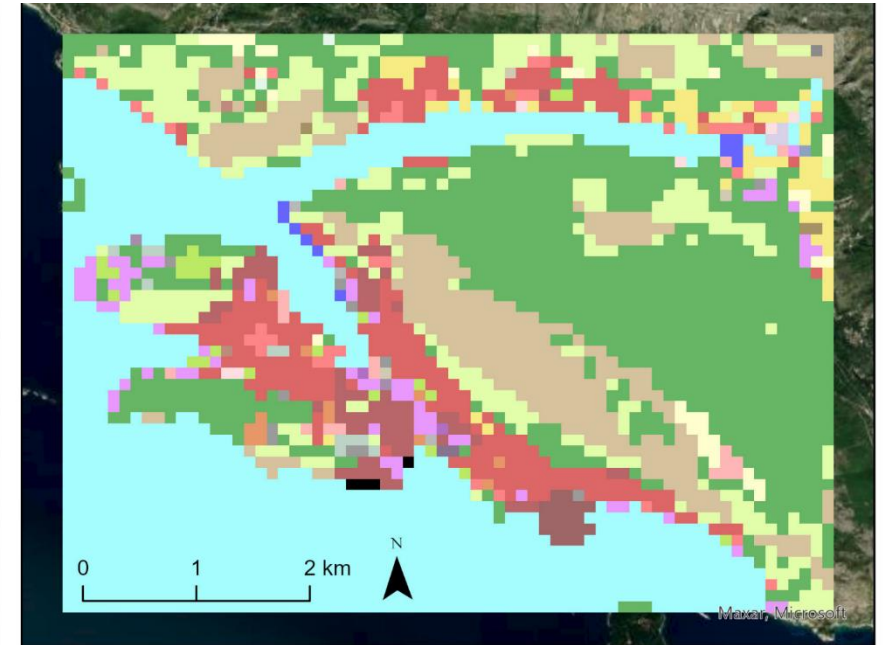
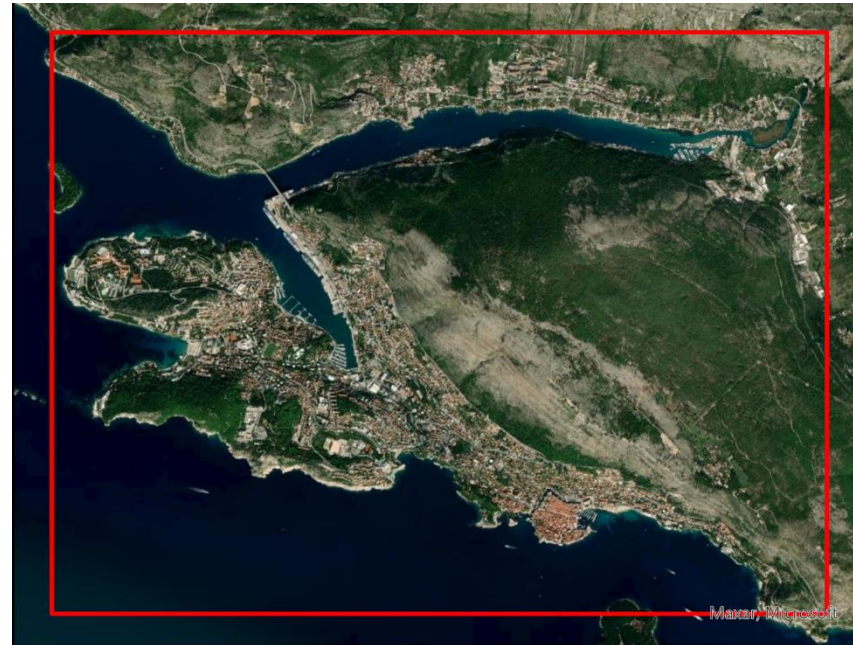
Promatrano područje

DOMENA modela MUKLIMO_3

- površina:
6.8 km x 5.2 km
- rezolucija: 100 m

Klasifikacija korištenja zemljišta / zemljišni pokrov (eng. Land use/land cover, LULC)

- 30 different LULC
classes



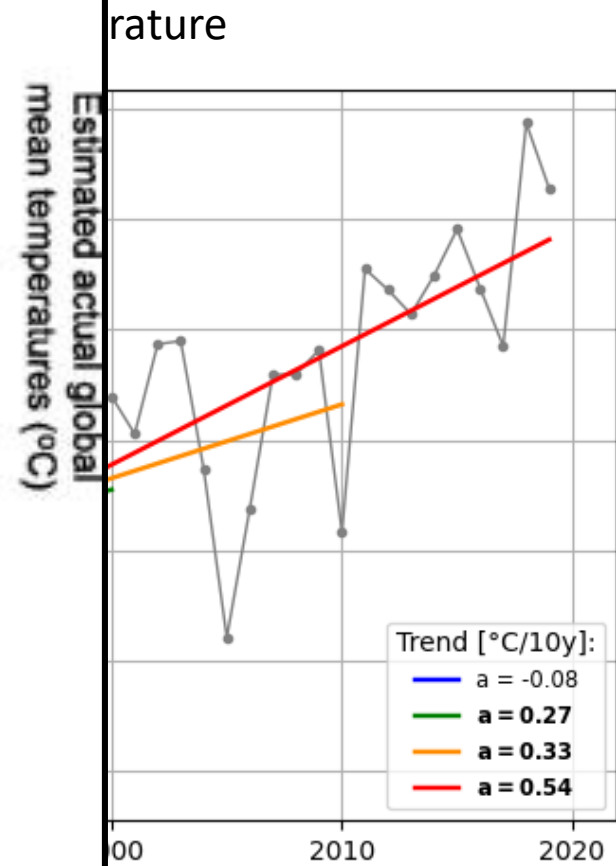
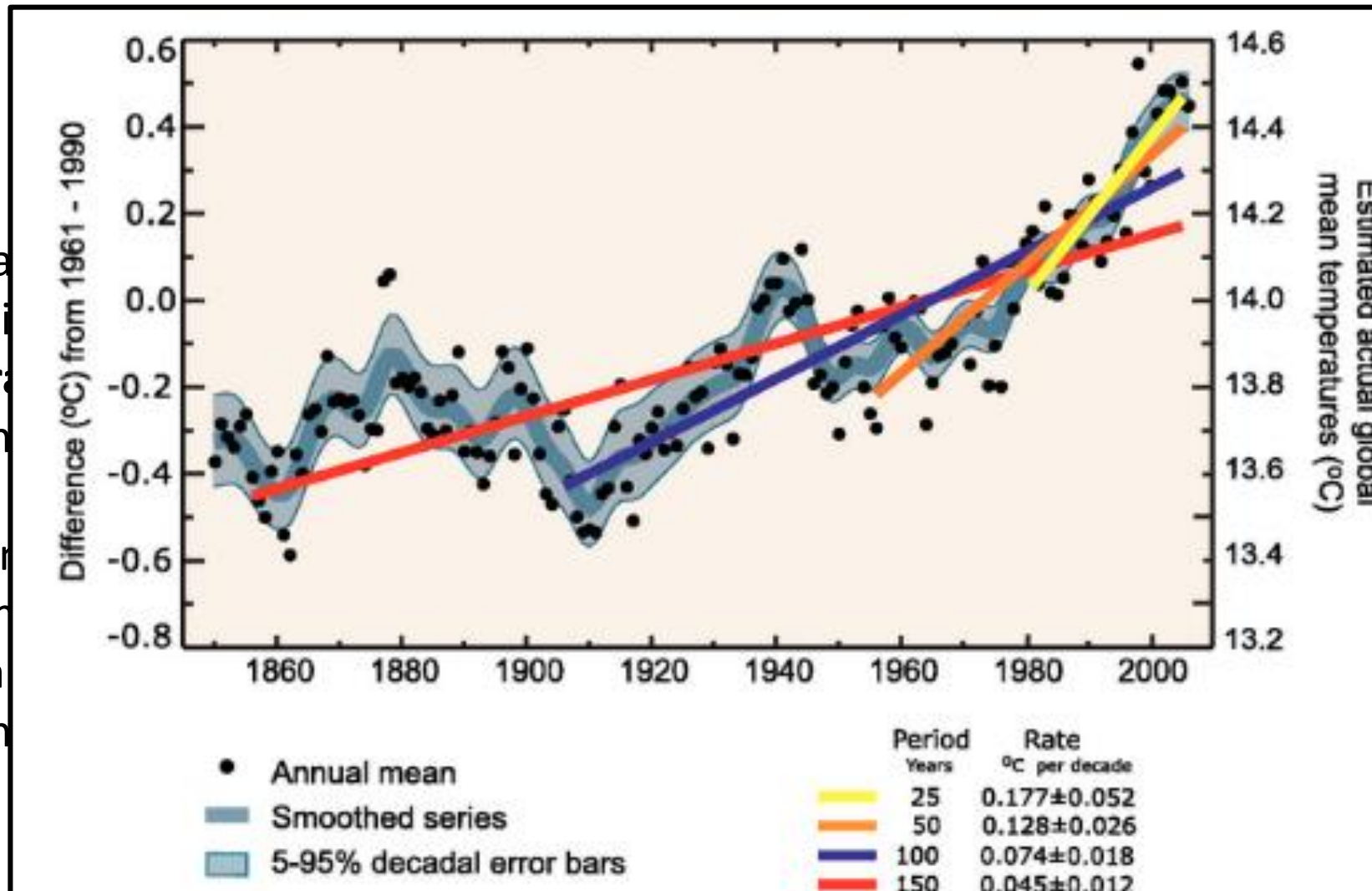
Land Use/Land Cover classes

1	Continuous Urban Fabric (S.L.: > 80%)
2	Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50 – 80%)
3	Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30 – 50%)
4	Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10 – 30%)
5	Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L.: < 10%)
7	Old town core
9	Business area
10	Shopping
11	Public units
13	Energy and water treatment
14	Roads and associated land
15	Parking areas, garages
18	Mine and dump sites
19	Construction sites
20	Land without current use

21	Parks, green urban areas
22	Cemeteries
23	Sports and leisure facilities with construction
24	Sports and leisure facilities without construction
25	Meadows and pastures
26	Agricultural
27	Agricultural areas with significant areas of natural vegetation
28	Forests
29	Herbaceous vegetation association (bushy vegetation, swampy vegetation)
30	Wetlands
31	Water
33	Rocky coasts
34	Port areas
35	Sparsely vegetated areas
36	Bare rocks

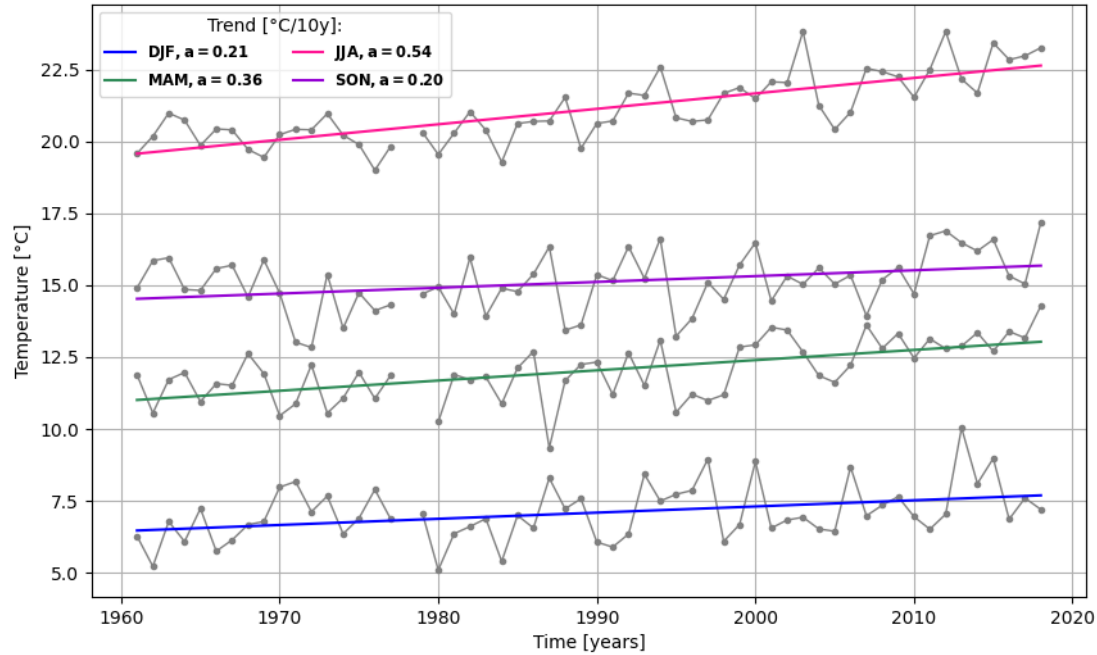
Rezultati – izmjereni podaci

- u ra
zabi
por
tem
- Slič
tren
i za
tem

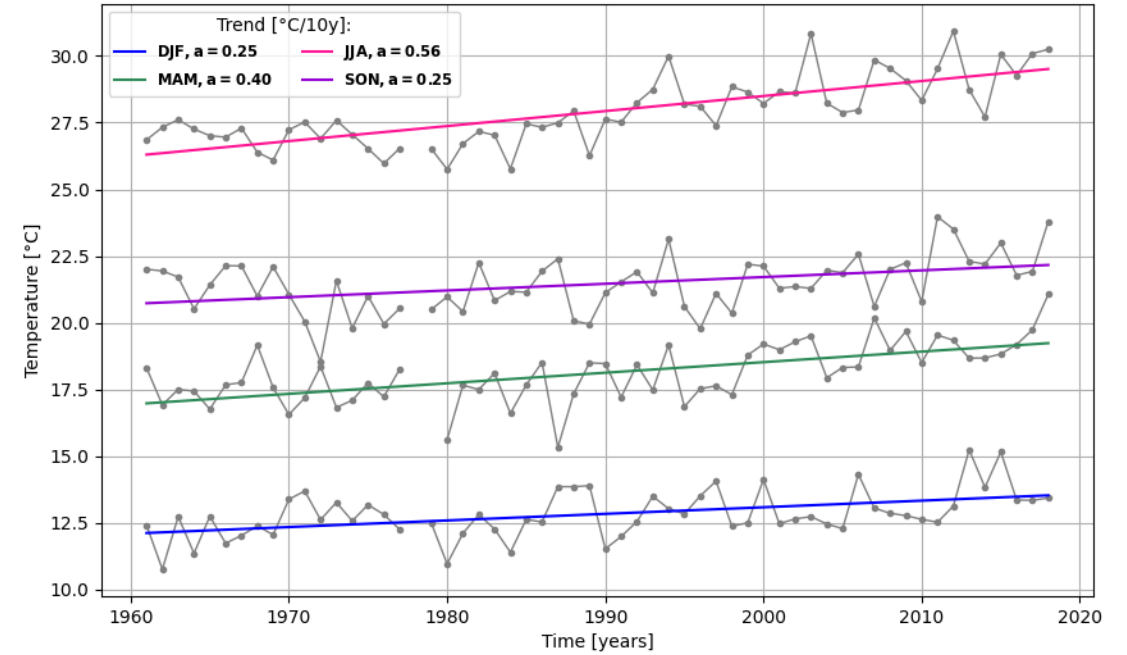


Izvor: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-ts-6.html

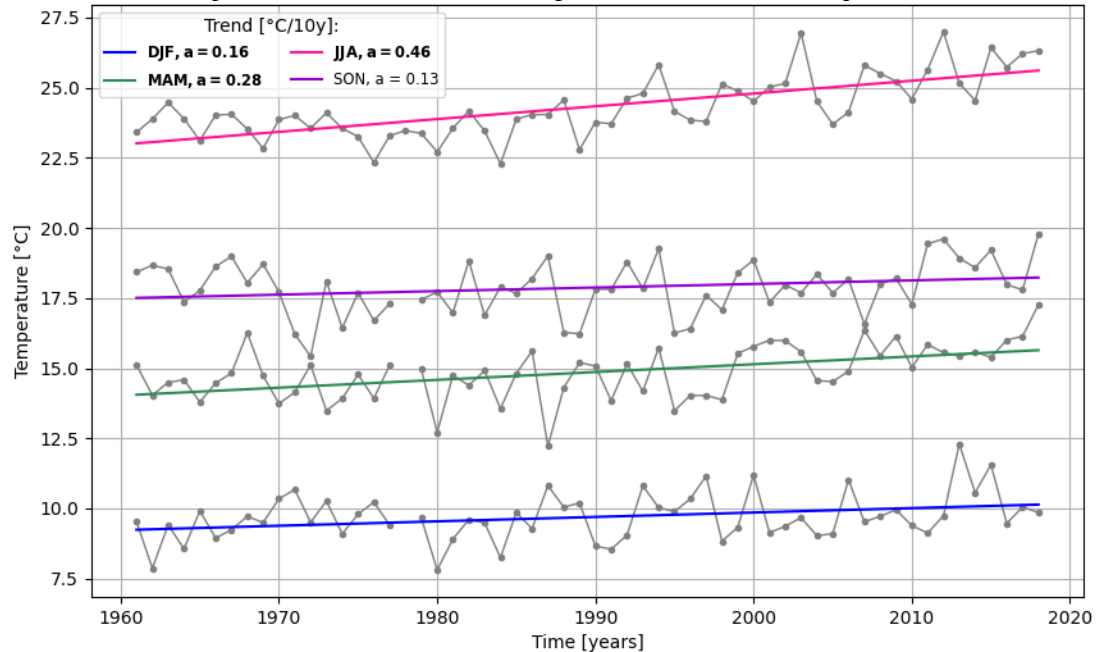
Srednje sezonske minimalne dnevne temperature



Srednje sezonske maksimalne dnevne temperature



Srednje sezonske srednje dnevne temperature



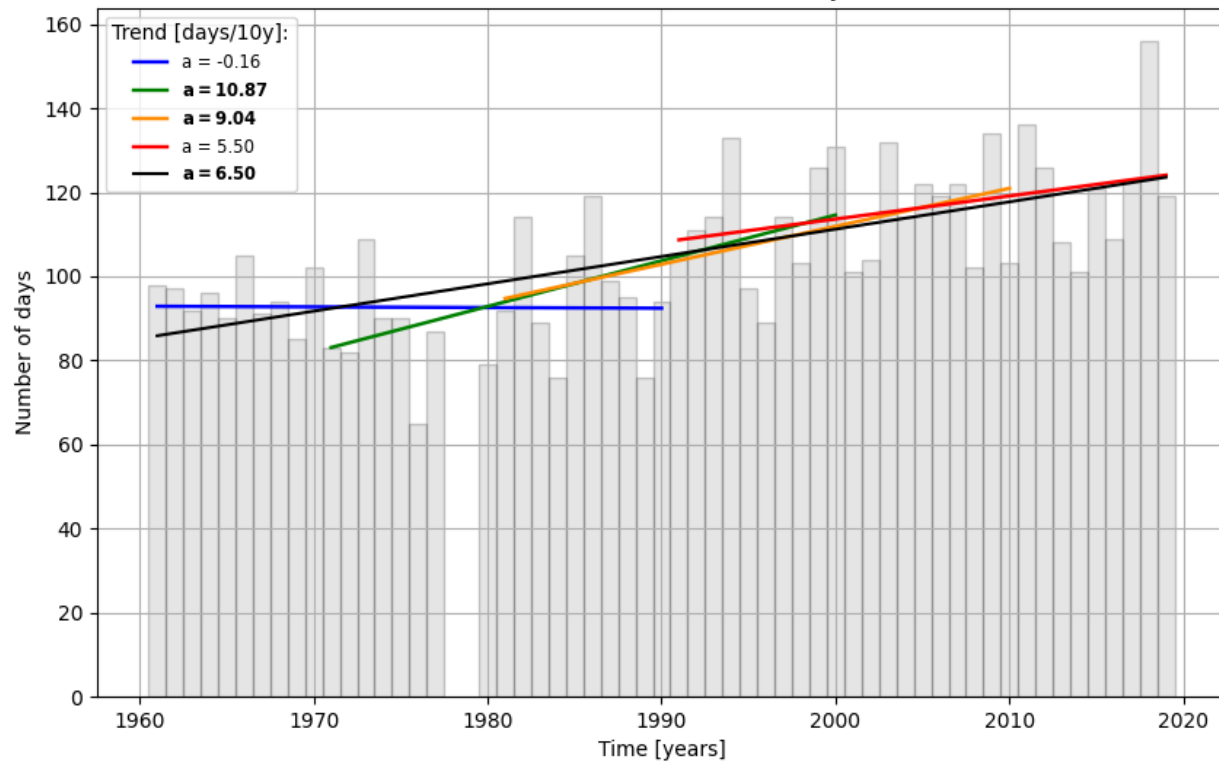
- najveći porast temperature bilježi se u ljetnim sezonama
- ljetne maksimalne dnevne temperature imale su najveći porast u razdoblju 1961.-2018.

Klimatski indeksi

Ljetni dani

$$T_{max} > 25^{\circ}C$$

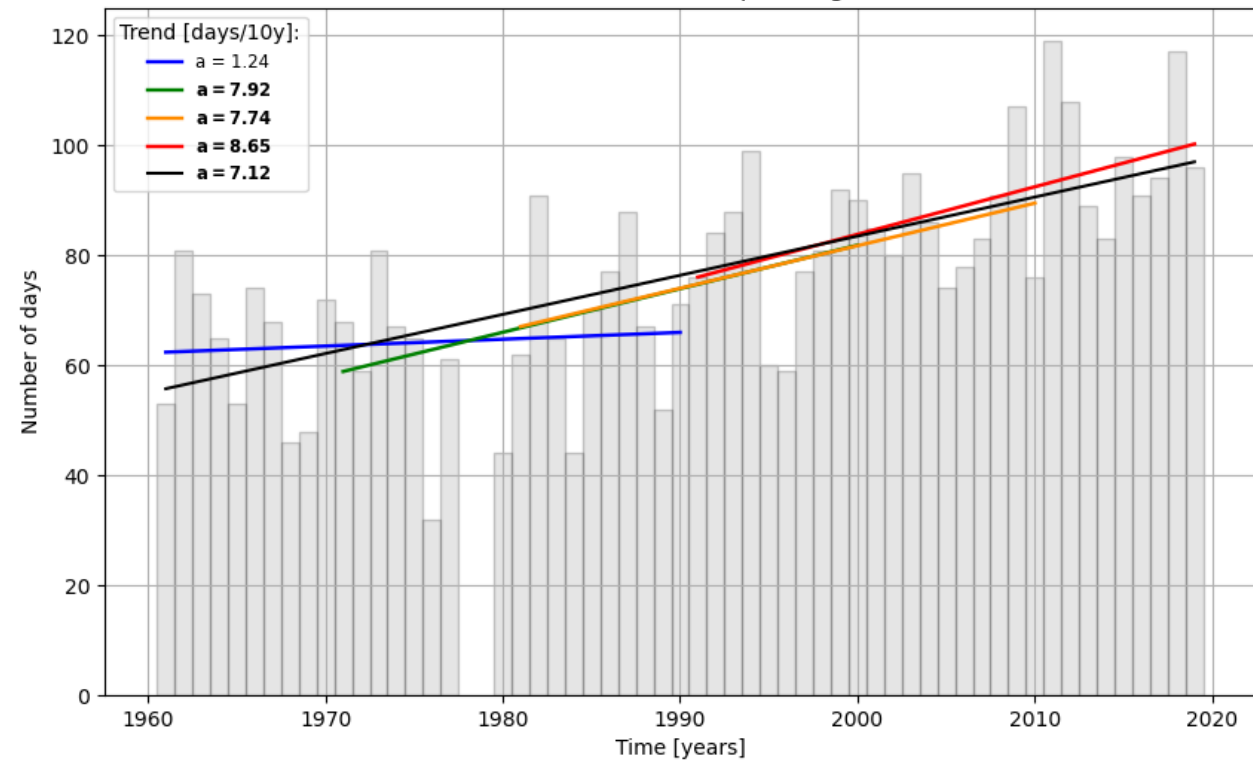
Annual number of summer days



Tropske noći

$$T_{min} > 20^{\circ}C$$

Annual number of tropical nights

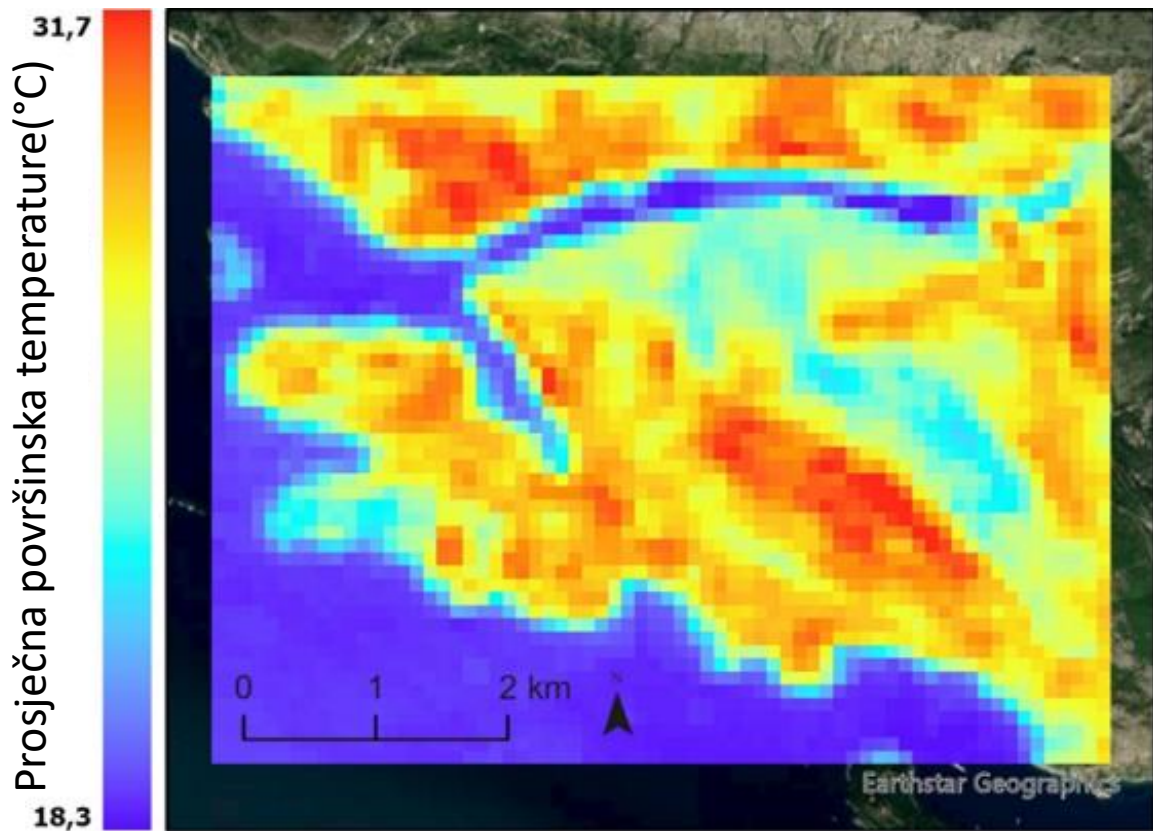


- povećanje dnevnog zagrijavanja grada

- ubrzano povećanje noćnog zagrijavanja grada

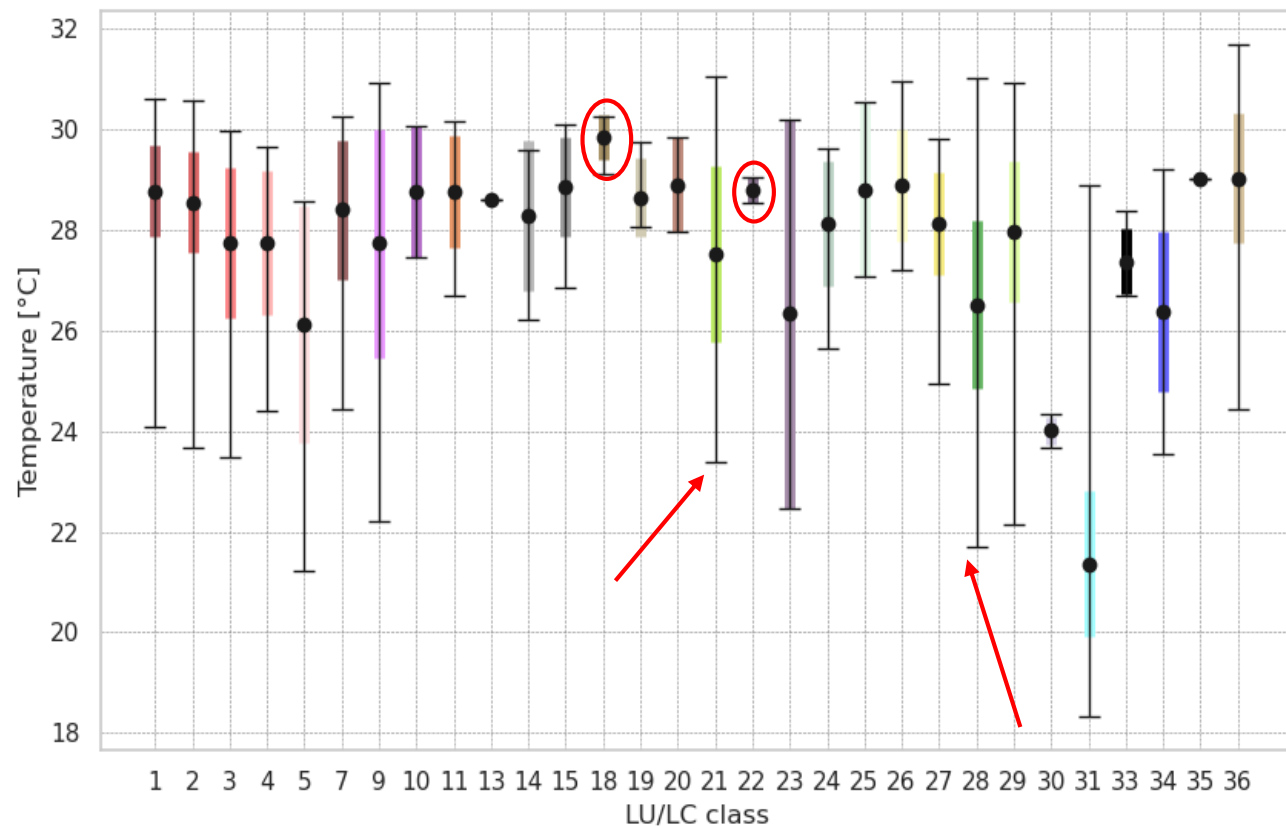
Rezultati – satelitski podaci

LST



- najviše vrijednosti prosječnog ljetnog LST-ja zabilježene su na području urbaniziranog dijela grada i područjima golih stijena

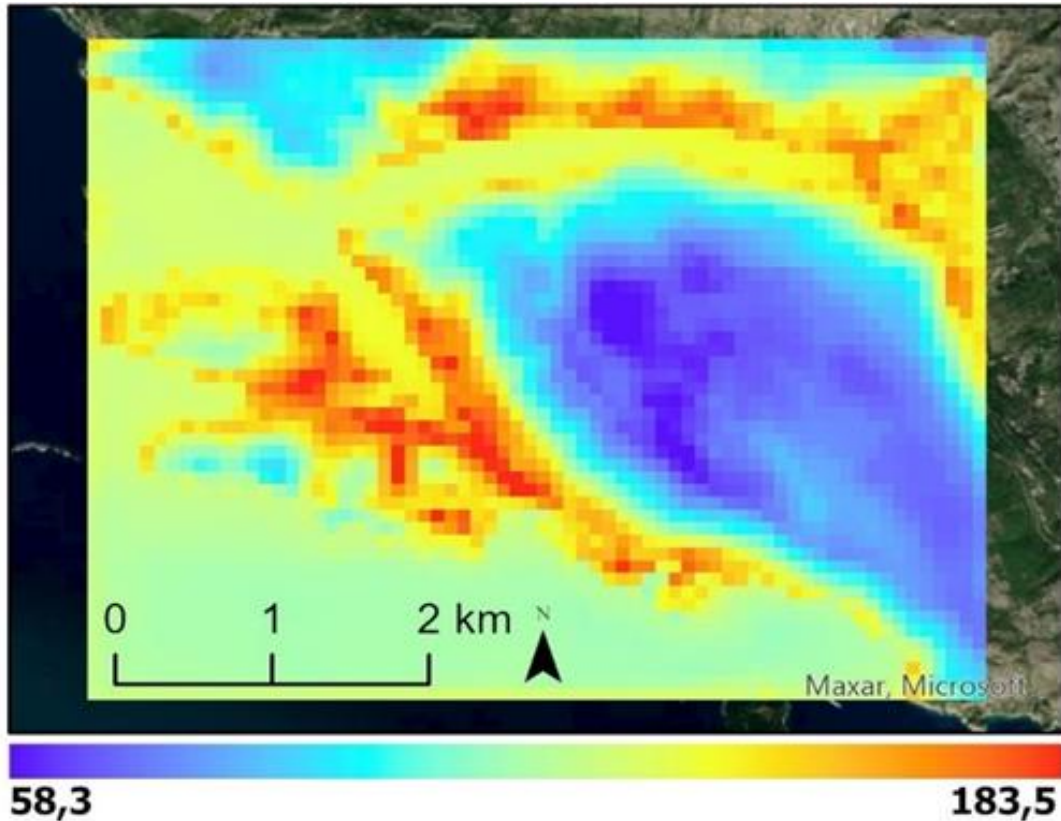
LST_LULC statistics



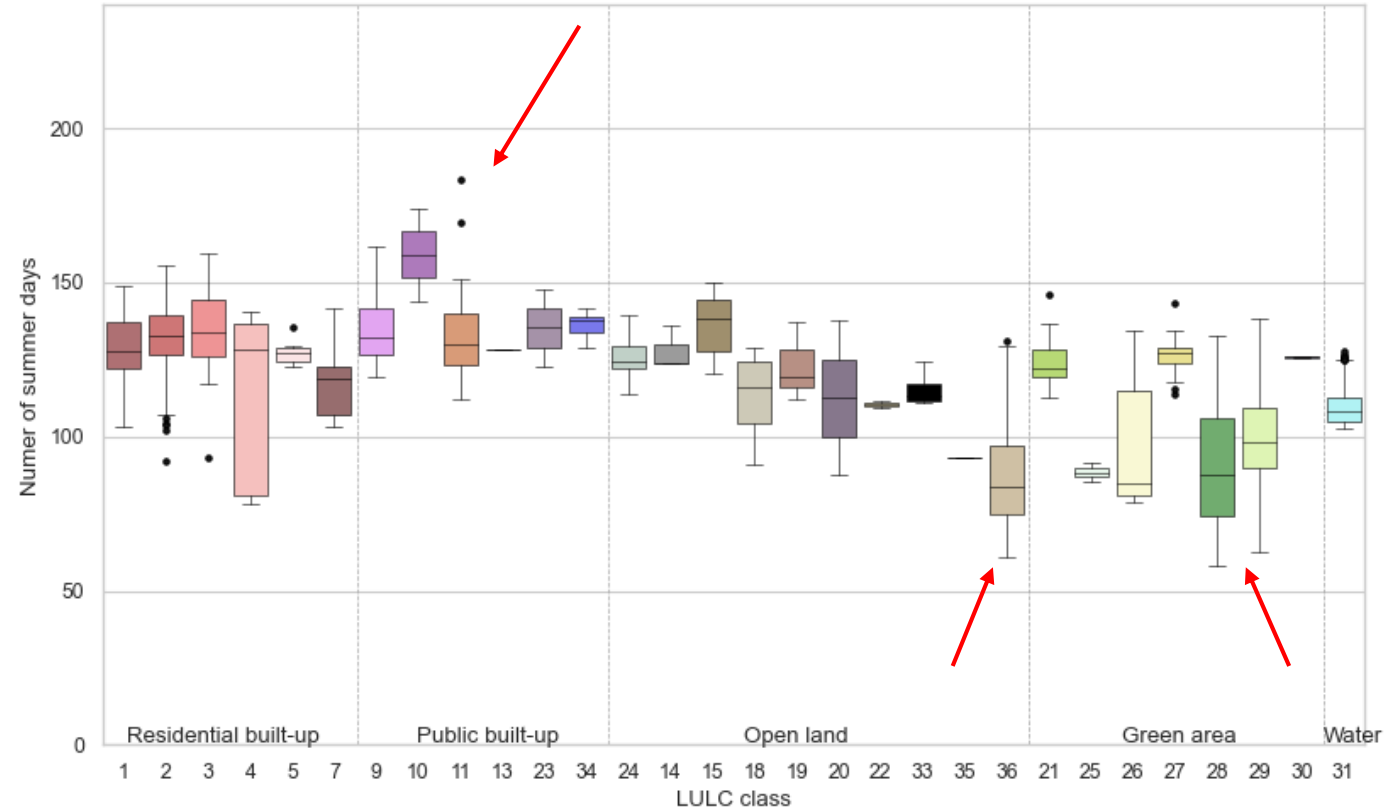
- klase s visokim prosječnim ljetnim LST-jem i malim standardnim devijacijama - 18 (rudokopi i odlagališta otpada), 22 (groblja)

Rezultati – simulacije modela MUKLIMO_3

Prosječni godišnji broj ljetnih dana



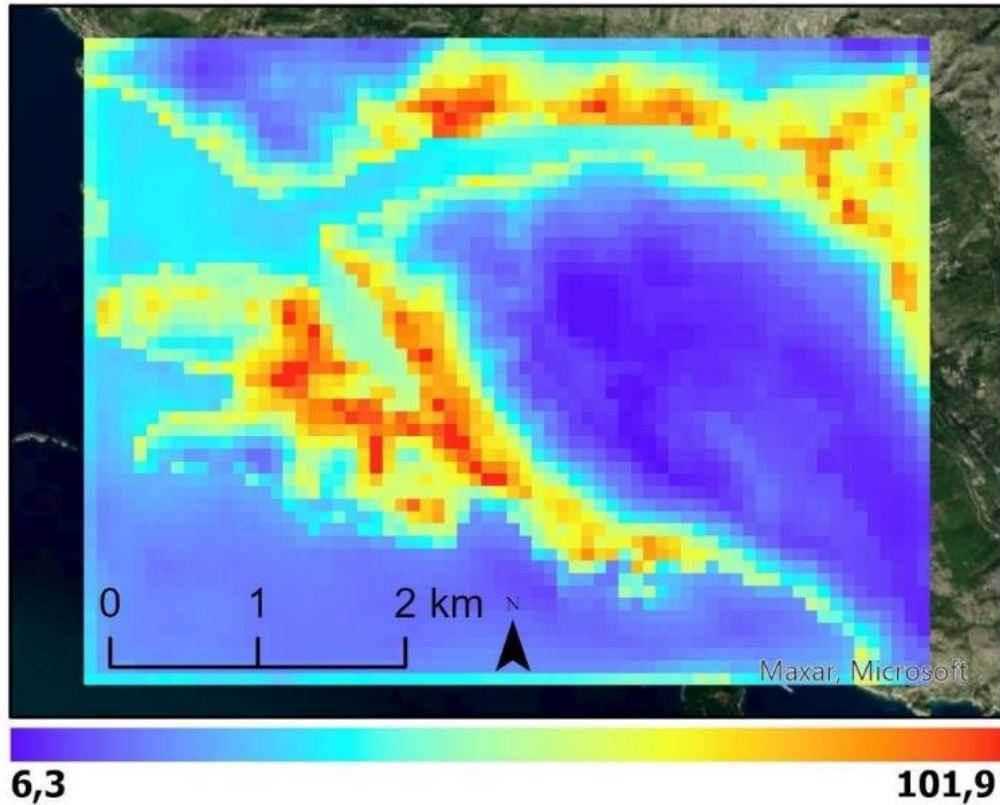
- najviše ljetnih dana dobiveno je u urbaniziranim područjima, dok je najmanje dobiveno u područjima s vegetacijom (šume)



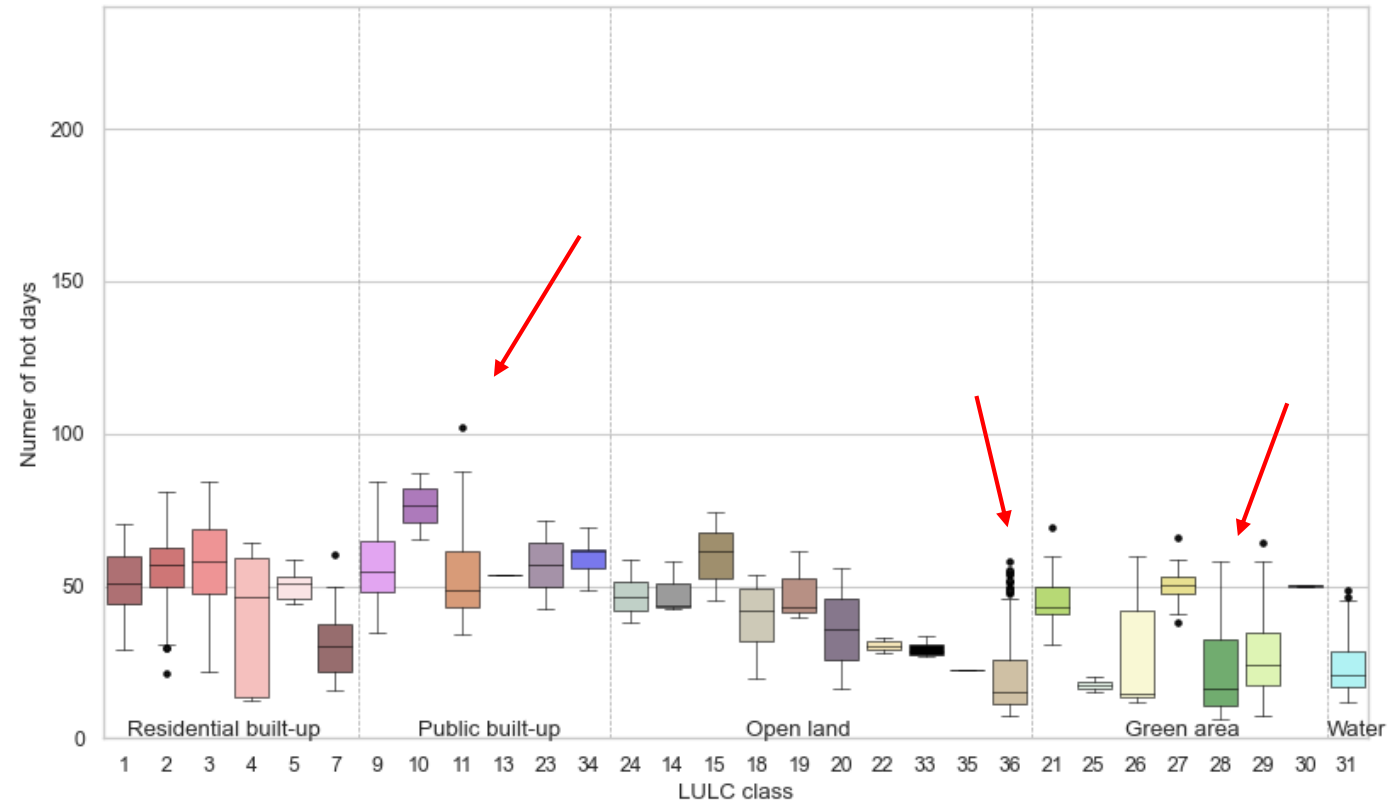
- toplinsko opterećenje je najveće u dijelovima grada neprirodnog podrijetla, primjerice, trgovački centri (10), poslovne zone (9), javne ustanove (11), parkirališta i garaže (15), itd.

Rezultati – simulacije modela MUKLIMO_3

Prosječni godišnji broj vrućih dana



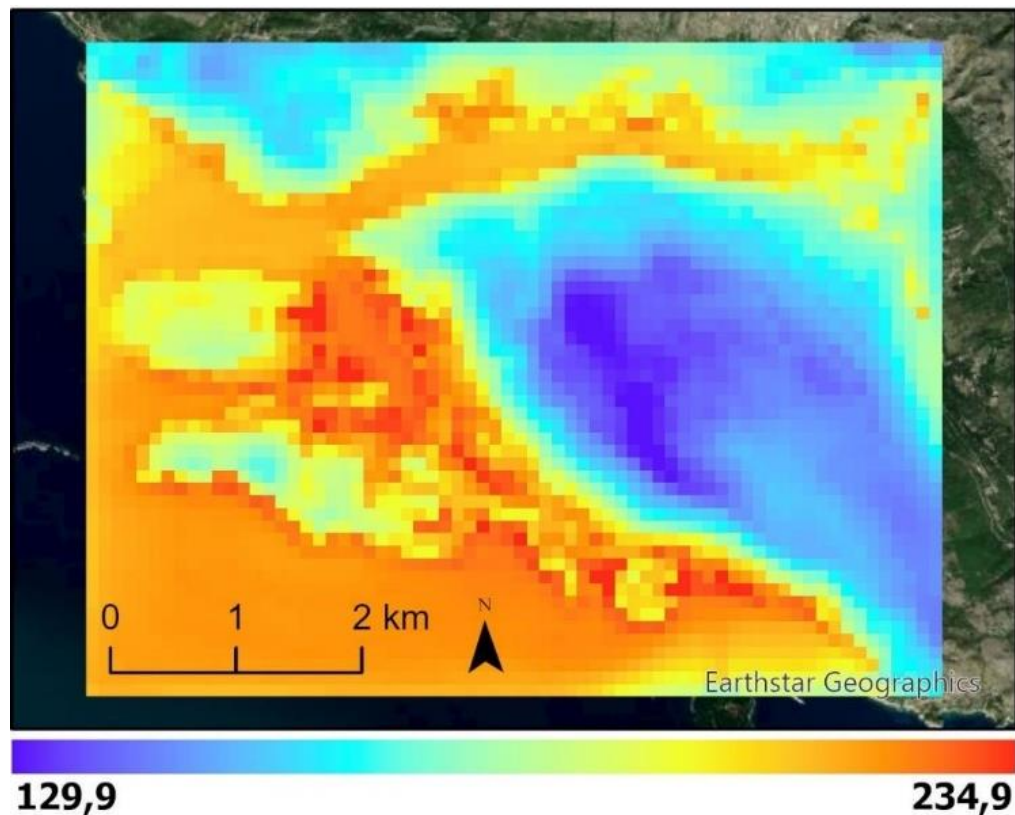
- najviše vrućih dana dobiveno je u urbaniziranim područjima, dok je najmanje dobiveno u područjima s vegetacijom (šume)



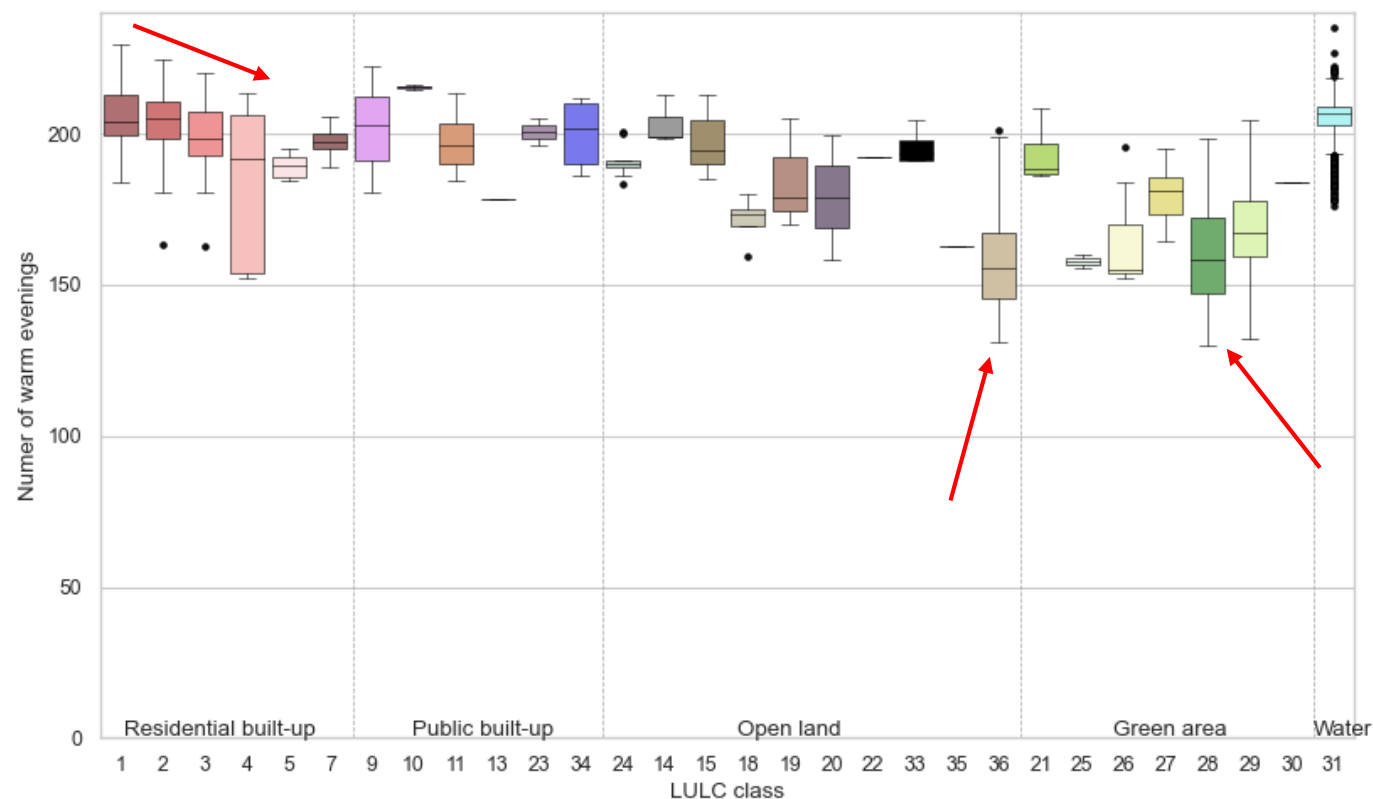
- toplinsko opterećenje je najveće u dijelovima grada neprirodnog podrijetla, primjerice, trgovački centri (10), poslovne zone (9), javne ustanove (11), parkirališta i garaže (15), itd.

Rezultati – simulacije modela MUKLIMO_3

Prosječni godišnji broj toplih večeri



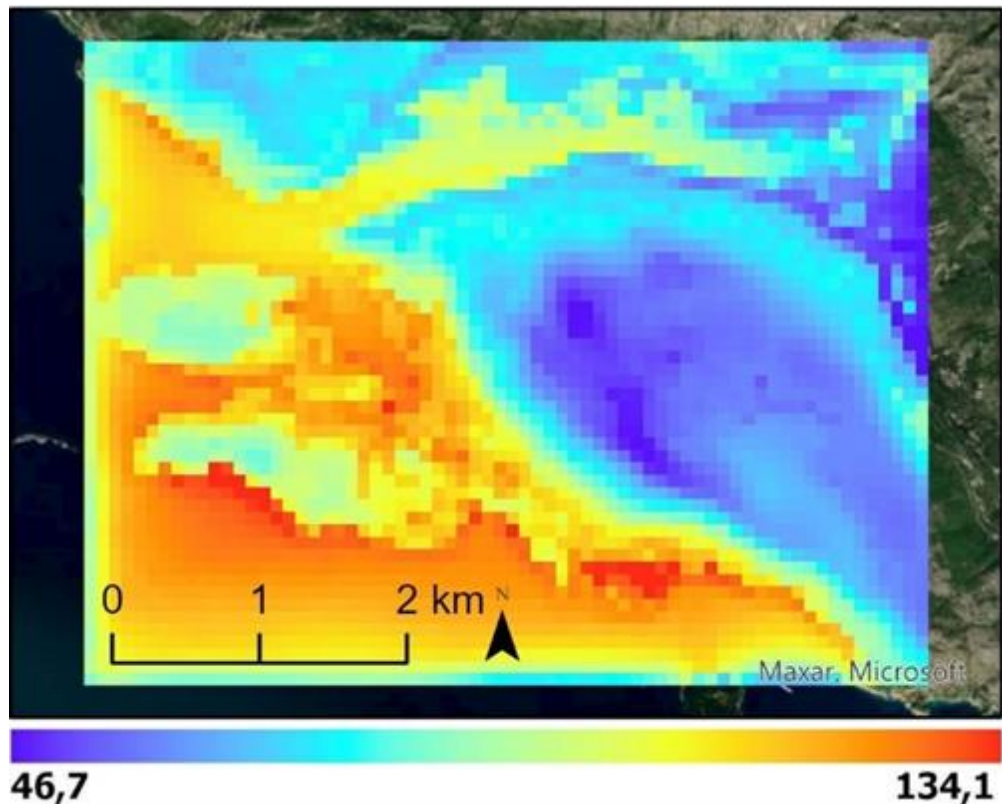
- najviše toplih večeri zabilježeno je u urbaniziranim područjima, dok je najmanje dobiveno u područjima s vegetacijom (šume)



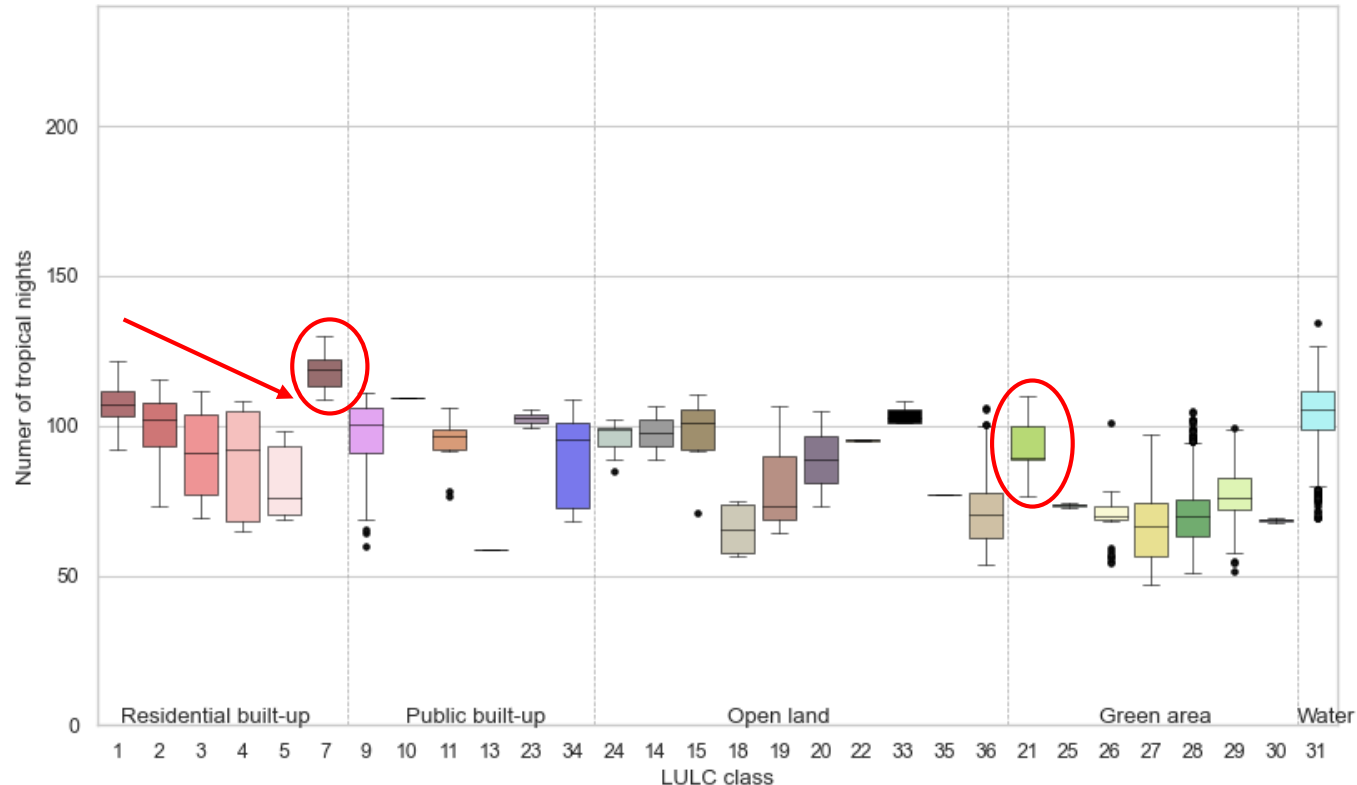
- toplinsko opterećenje je najveće u dijelovima grada neprirodnog podrijetla, primjerice, gusto izgrađeni urbani dijelovi (1 i 2), trgovački centri (10), poslovne zone (9), javne ustanove (11), itd.

Rezultati – simulacije modela MUKLIMO_3

Prosječni godišnji broj tropskih noći



- najviše tropskih noći zabilježeno je u urbaniziranim dijelovima grada, najmanje u šumovitim i stjenovitim dijelovima

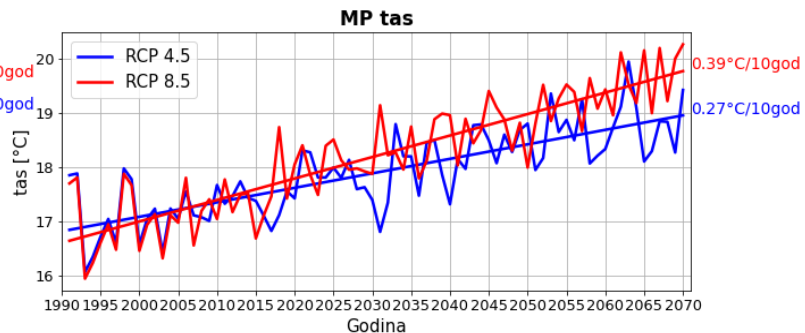
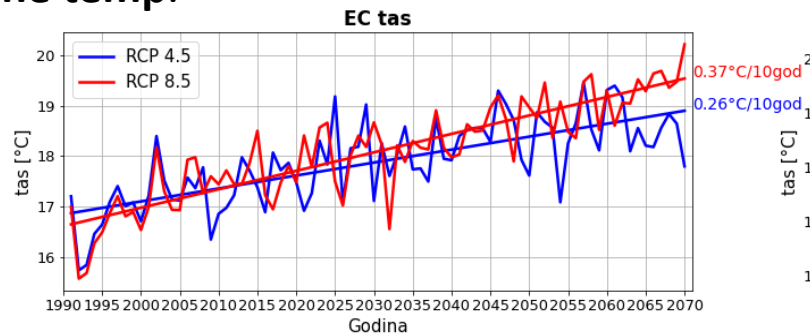


- toplinsko opterećenje je veće u urbaniziranim dijelovima, primjerice, kontinuirana urbana područja (1), stara gradska jezgra (7), poslovne zone (9), itd.

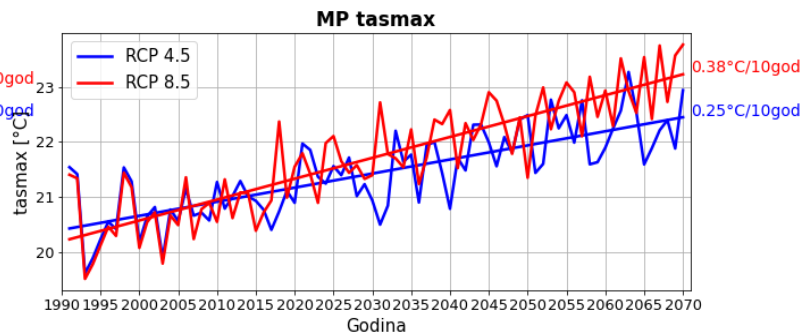
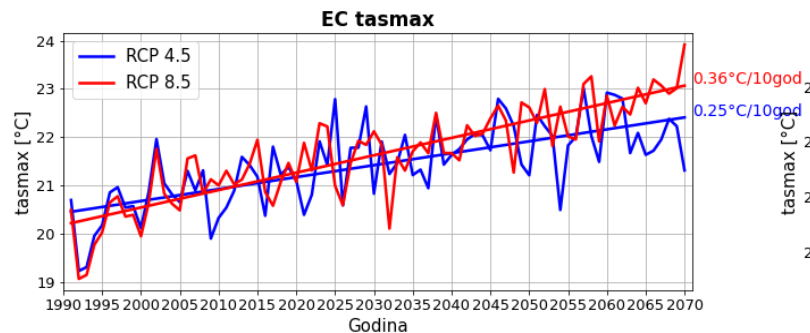
Što se može očekivati u budućnosti?

Srednje dnevne temp.

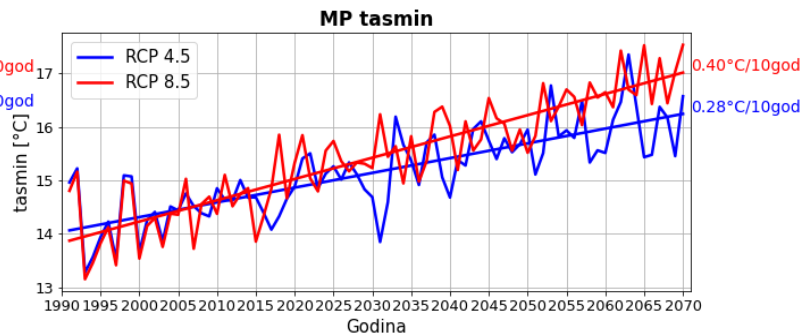
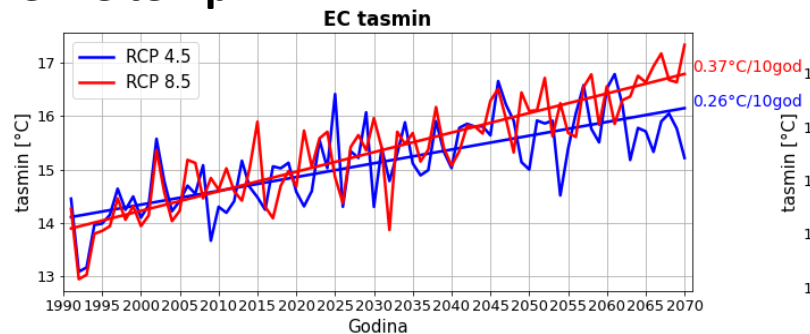
Dubrovnik RegCM4



Maksimalne dnevne temp.



Minimalne dnevne temp.



Vremenski nizovi srednjih, maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura modeliranih regionalnim klimatskim modelima (RCM): a) RegCM4, b) SMHI-RCA4 forsiranih s globalnim klimatskim modelima (GCM) EC i MP, te pravci trendova s upisanim 10-godišnjim trendom za grad Dubrovnik.

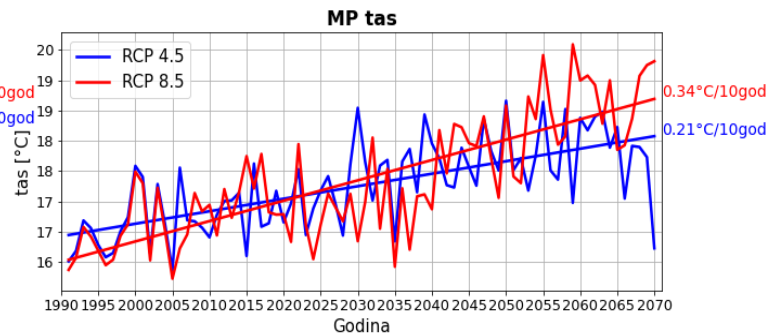
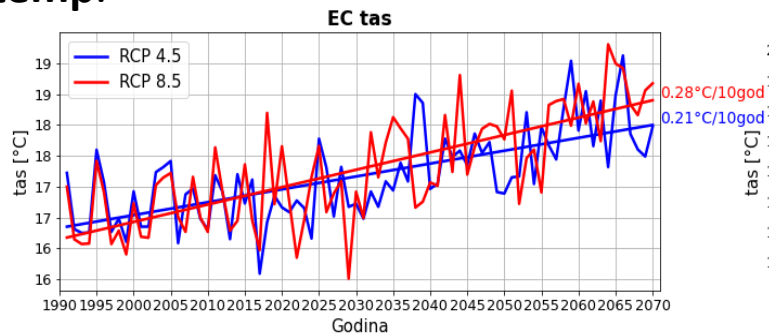
Izvor :

Mia Agapito, diplomski rad, 2021.

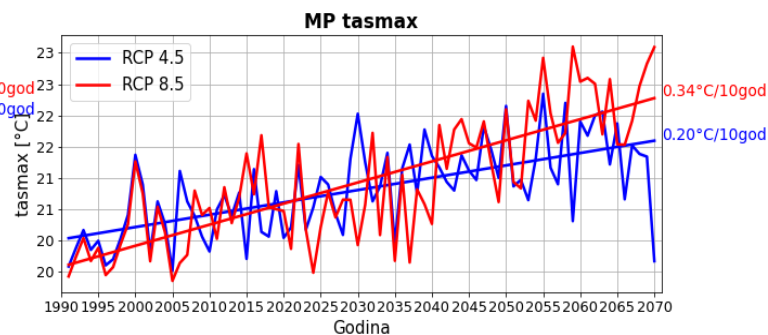
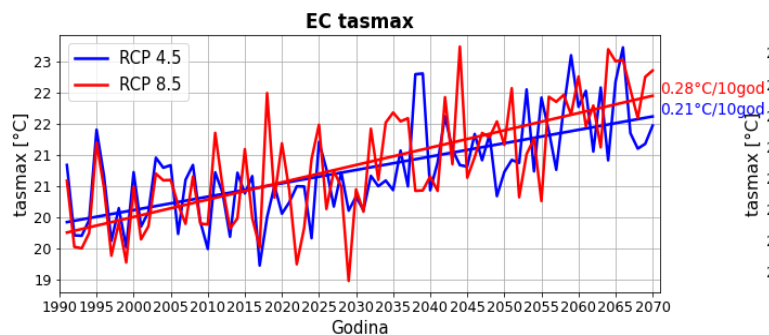
Što se može očekivati u budućnosti?

Srednje dnevne temp.

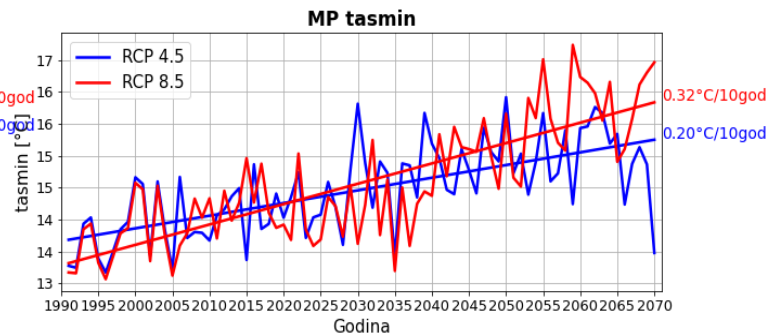
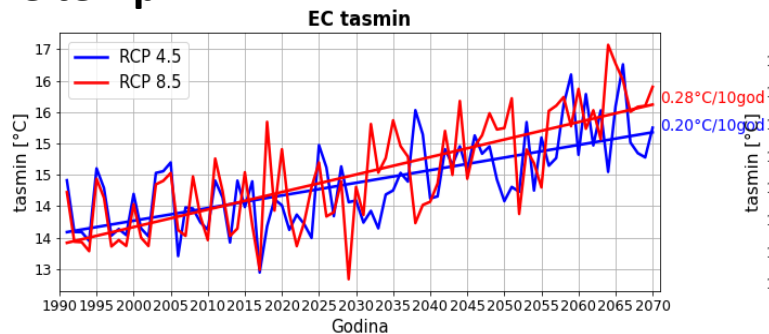
Dubrovnik SMHI



Maksimalne dnevne temp.



Minimalne dnevne temp.

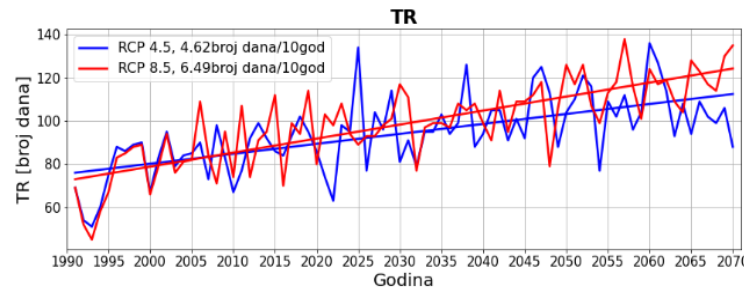
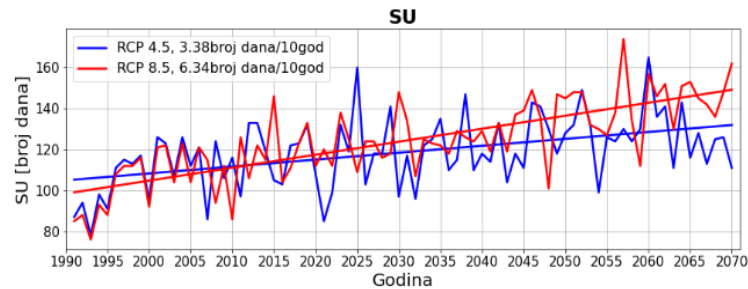


Vremenski nizovi srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura modeliranih RCM-ima: a) RegCM4, b) SMHI-RCA4 forsiranih s EC i MP GCM-ima, te pravci trendova s upisanim 10-godišnjim trendom za grad Dubrovnik.

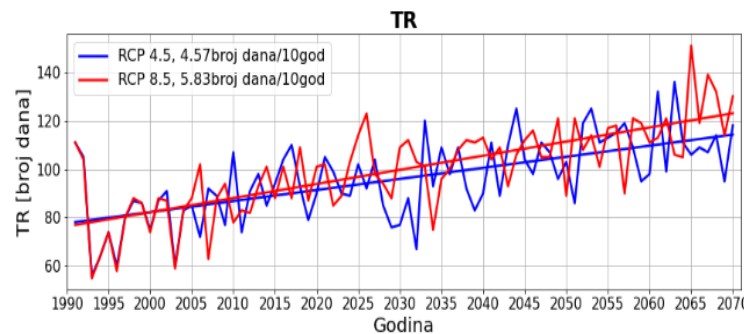
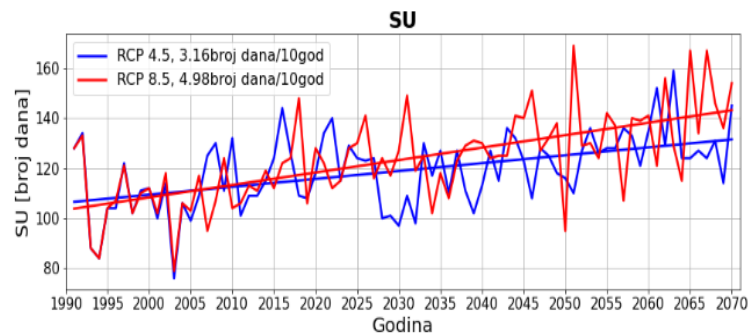
Izvor :
Mia Agapito, diplomski rad, 2021.

Što se može očekivati u budućnosti?

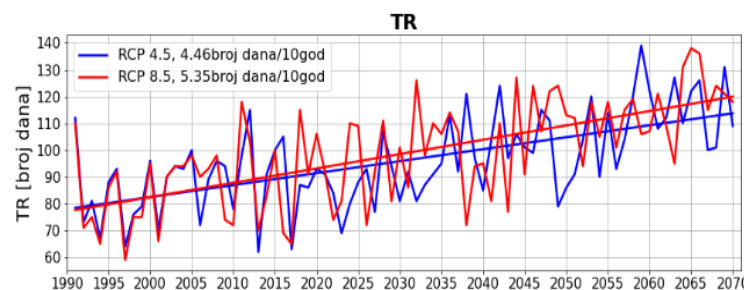
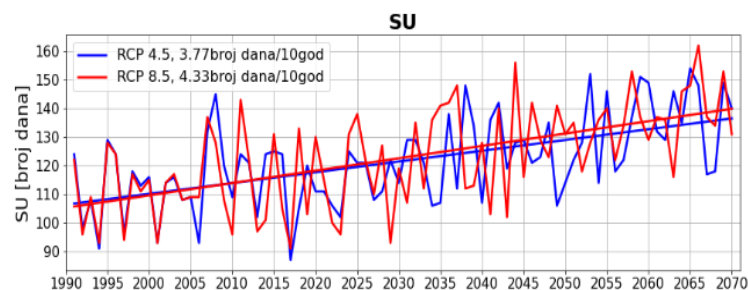
RegCM4 EC



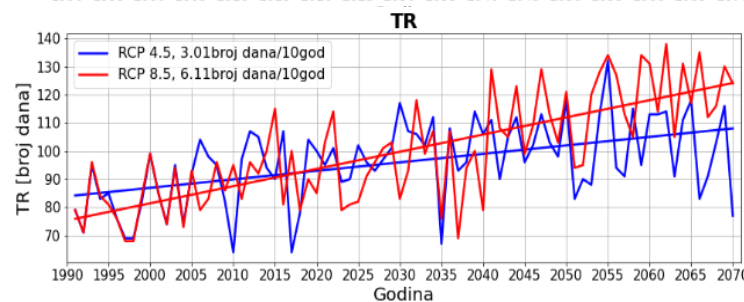
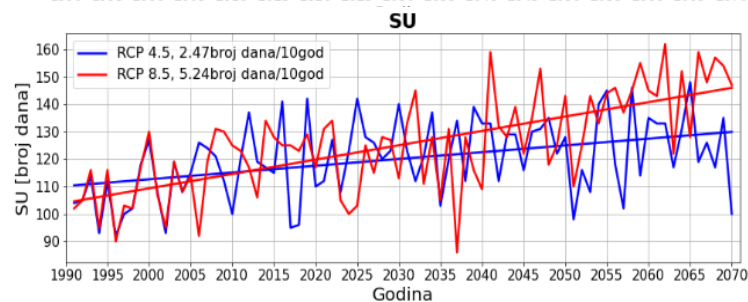
RegCM4 MP



SMHI EC



SMHI EP



Vremenski nizovi klimatskih indeksa **ljetnih dana (SU)** i **tropskih noći (TR)** modeliranih regionalnim klimatskim modelima (RCM) RegCM4 i SMHI-RCA4 forsiranim s globalnim klimatskim modelima (GCM) EC i MP, te pravci trendova i upisani 10-godišnji trendovi.

Izvor :

Mia Agapito, diplomski rad, 2021.

Zaključci



U razdoblju 1961.-2019. zabilježen je ubrzani rast srednjih dnevnih temperature.



Najviše vrijednosti prosječnog ljetnog LST-ja zabilježene su u urbaniziranim i stjenovitim područjima.



U razdoblju 1961.-2018. najveći temp. porast dobiven je za ljetne maksimalne dnevne temperature.

Uočeno je pojačano noćno zagrijavanje grada.



Rezultati tropskih noći i toplih večeri pokazuju da je toplinsko opterećenje najveće u urbaniziranim dijelovima grada, ali da se smanjuje sa smanjenjem gustoće izgrađenosti.

Rezultati ljetnih i vrućih dana pokazuju da je toplinsko opterećenje najveće u područjima javnih građevina te ukazuju na važnost očuvanja zelenih i prirodnih površina.



U budućnosti se može očekivati dodatni porast temperature.





HVALA NA PAŽNJI!