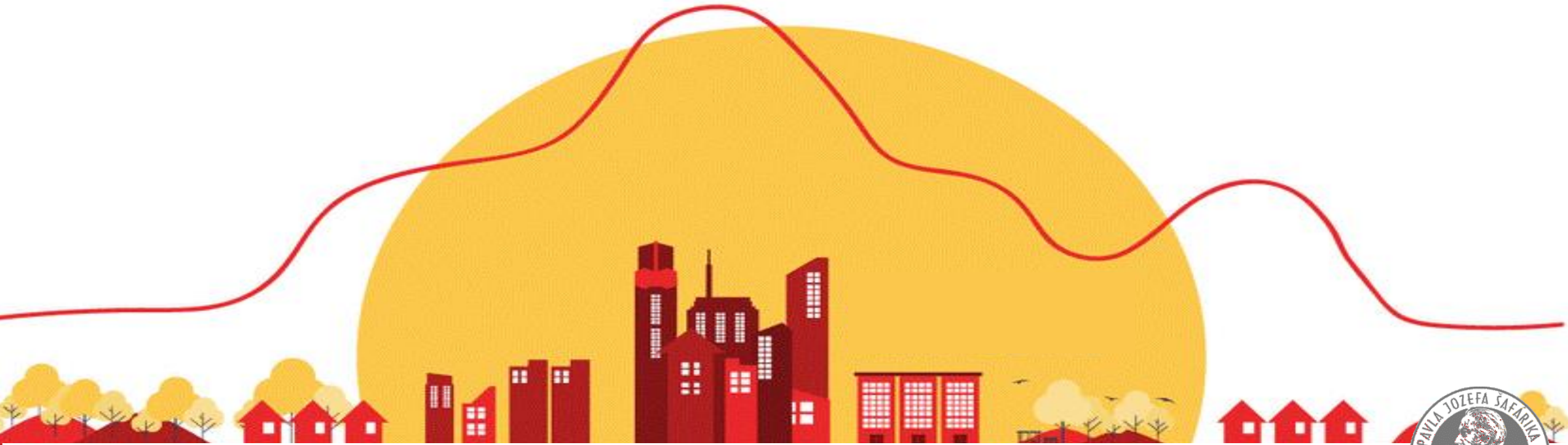


ZVÝŠENIE PRIESTOROVÉHO ROZLIŠENIA TEPLoty POVRCHU

...pomocou dát družice Sentinel 2





O čom to bude?

1

Mestský tepelný ostrov – prehrievanie miest



O čom to bude?

1

Mestský tepelný ostrov – prehrievanie miest

2

Modelovanie teploty povrchu v Košiciach: náš výskum



O čom to bude?

1

Mestský tepelný ostrov – prehrievanie miest

2

Modelovanie teploty povrchu v Košiciach: náš výskum

3

Downscaling teploty povrchu z termálnych dát družice Landsat 8
využitím dát z družice Sentinel 2

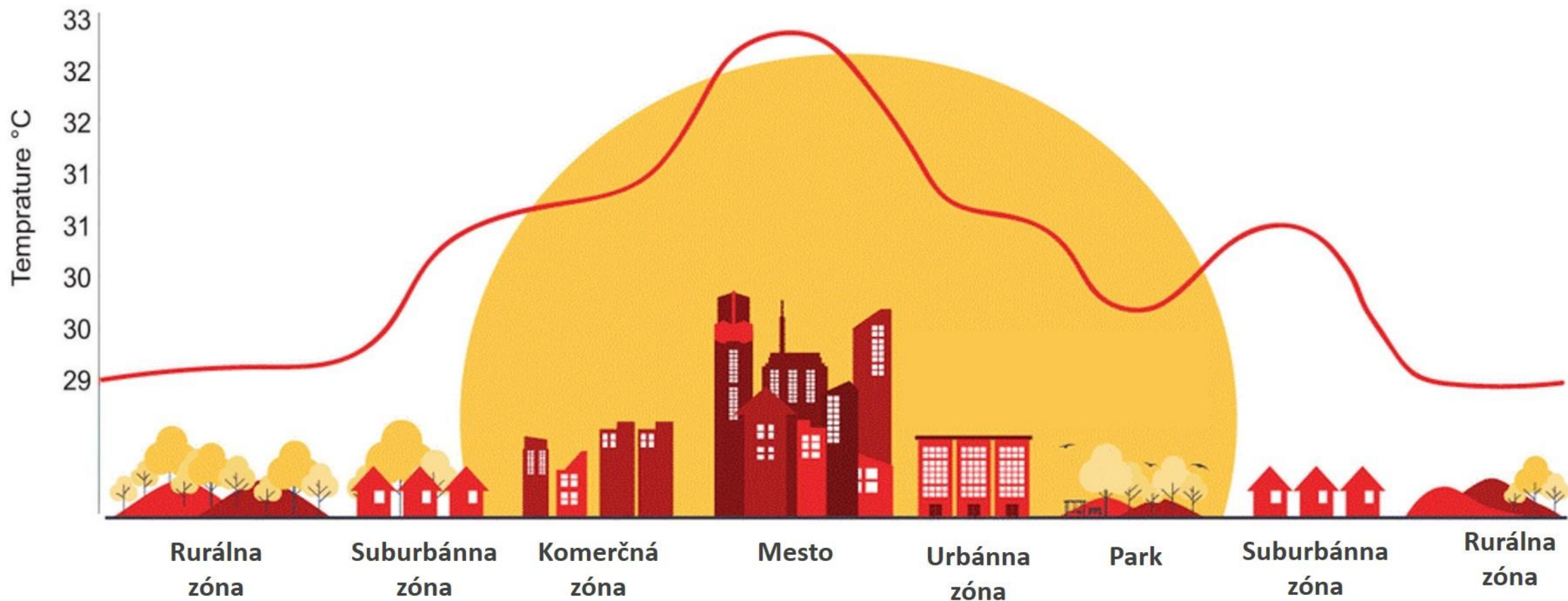
Čo je to mestský tepelný ostrov?

Mestský tepelný ostrov je oblasť mesta odlišujúca sa od okolitého územia výrazne vyššou teplotou.

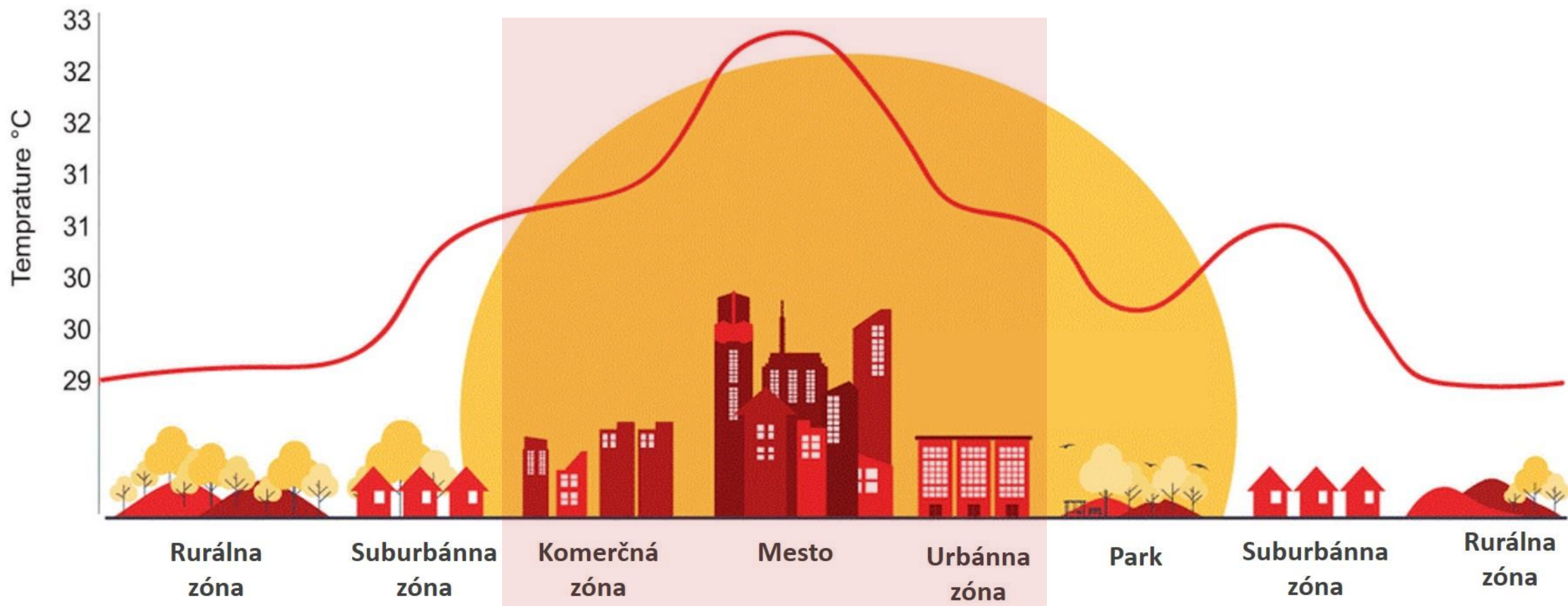
°C →



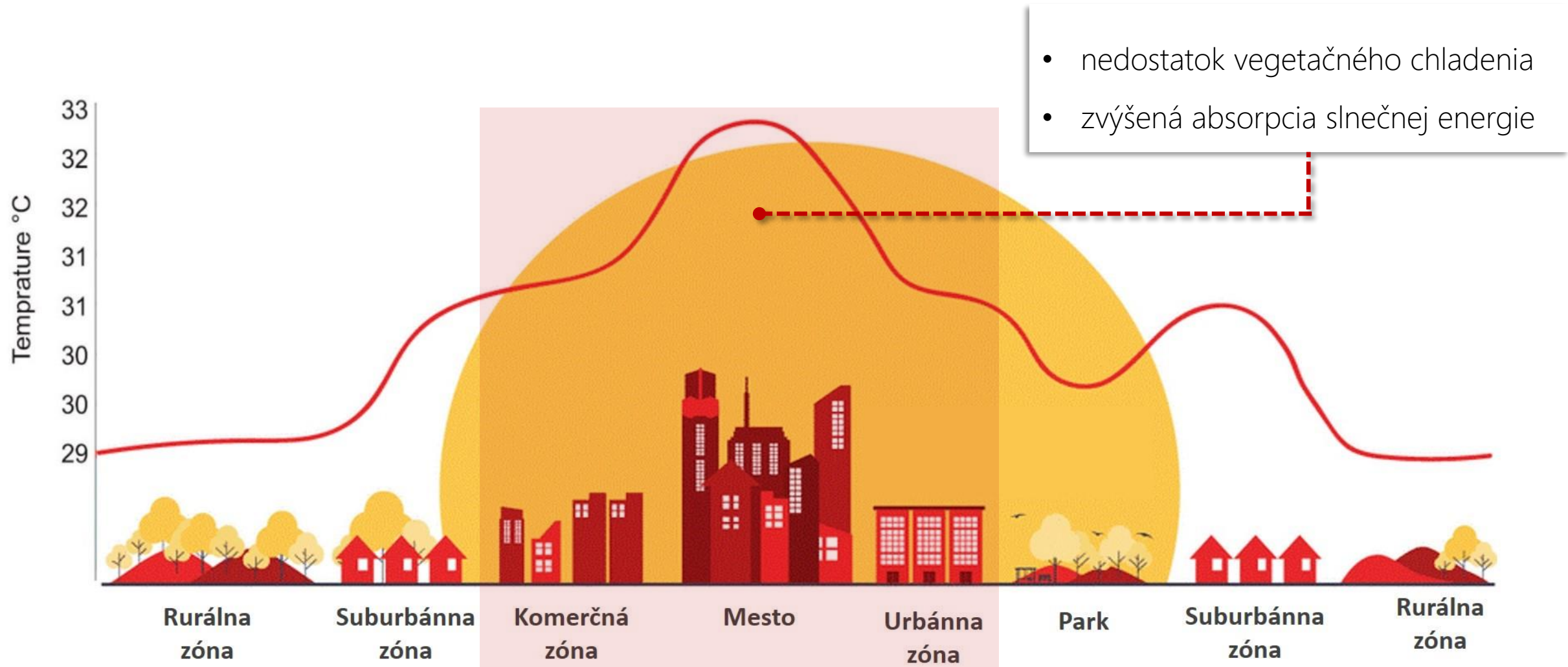
Čo je to mestský tepelný ostrov?



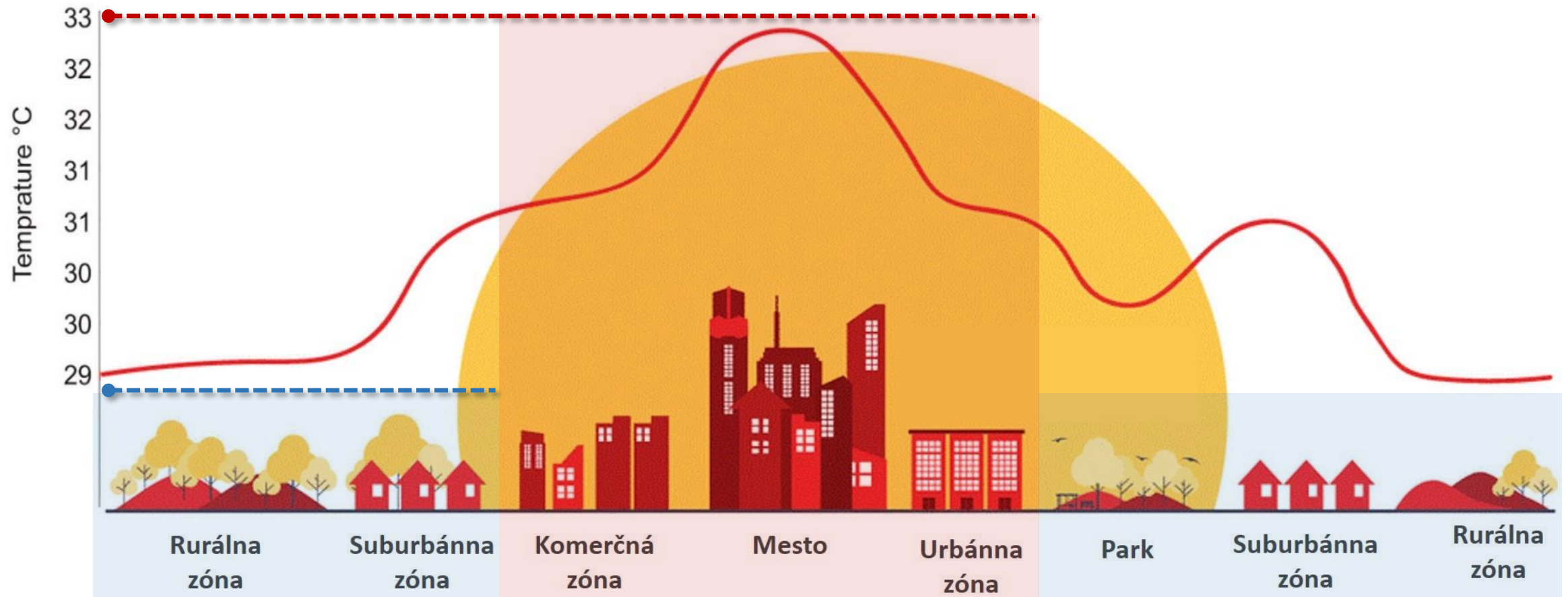
Čo je to mestský tepelný ostrov?



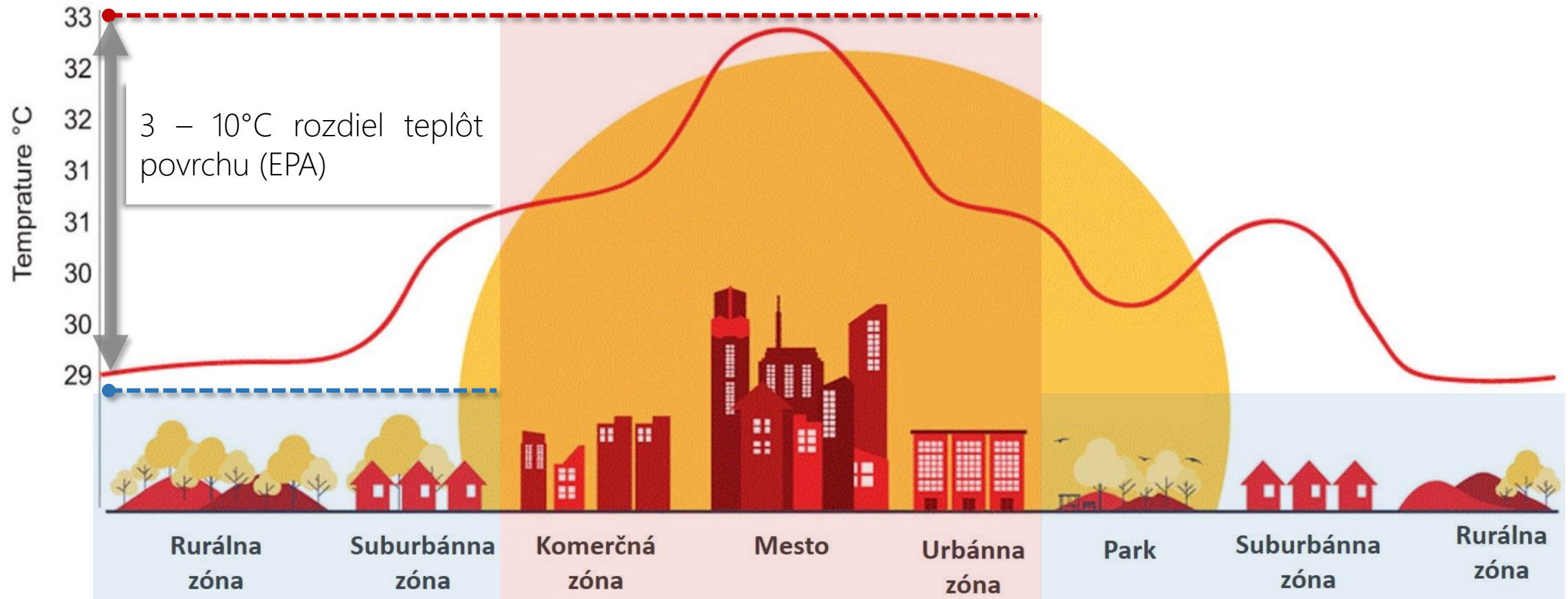
Čo je to mestský tepelný ostrov?



Čo je to mestský tepelný ostrov?



Čo je to mestský tepelný ostrov?



Faktory ovplyvňujúce vznik mestského tepelného ostrova

Hlavné faktory prispievajúce ku formovaniu mestských tepelných ostrovov (Akbari et al. 2009):

- antropogénne tepelné emisie;
- redukcia urbánnej vegetácie;
- materiály konštrukcií
- počasie a geografická poloha



Teplota povrchov; Zdroj: City of Melbourne (2017)

Následky mestského tepelného ostrova

→ Premena klímy na lokálnej aj širšej úrovni:

- úbytok podzemných vôd
- vyššia zrážková činnosť → záplavy
- erózia pôdy
- častejší výskyt hmly
- v zimnom období zintenzívnenie prítomnosť smogu
- narušenie ekosystému
- ...



Následky mestského tepelného ostrova

→ Premena klímy na lokálnej aj širšej úrovni:

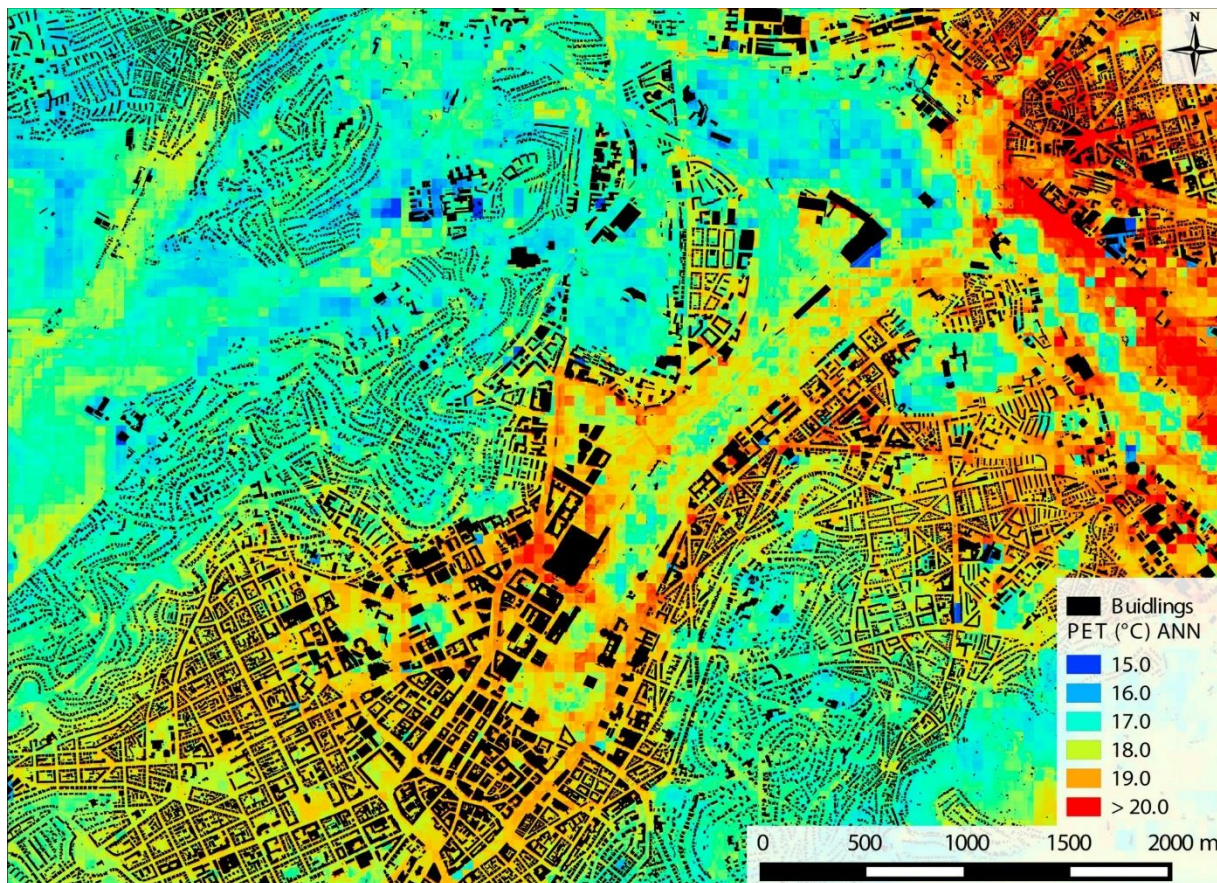
- úbytok podzemných vôd
- vyššia zrážková činnosť → záplavy
- erózia pôdy
- častejší výskyt hmly
- v zimnom období zintenzívnenie prítomnosť smogu
- narušenie ekosystému
- ...



→ Zhoršenie tepelnej pohody obyvateľov



Metódy detekcie mestského tepelného ostrova



Meteorologické dáta získané mobilným transektom automobilmi poslúžili pre odvodenie fyziologicky ekvivalentnej teplotnej mapy (Physiologically Equivalent Temperature - PET) pre mesto Stuttgart. (Ketterer a Matzarakis 2016)

Štúdie MTO sa vo všeobecnosti vykonávajú:

- meraním teploty vzduchu pomocou sietí meteorologických staníc a mobilných meraní
- meraním povrchovej teploty prostredníctvom leteckého alebo satelitného DPZ

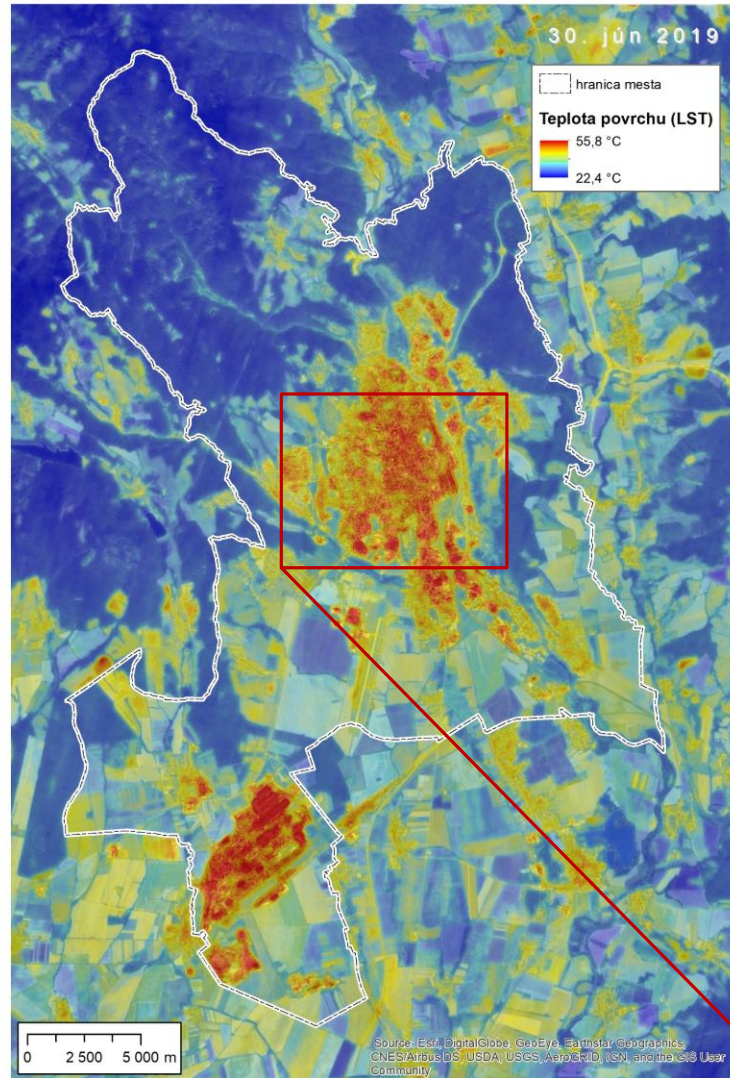


Distibúcia teploty povrchu v rámci mesta Sacramento v Kalifornii. Snímka vo viditeľnej časti spektra (vľavo) a infračervenej časti spektra (vpravo). Zdroj: NASA (2016)

NÁŠ VÝSKUM: MONITORING MESTSKÉHO TEPELNÉHO OSTROVA

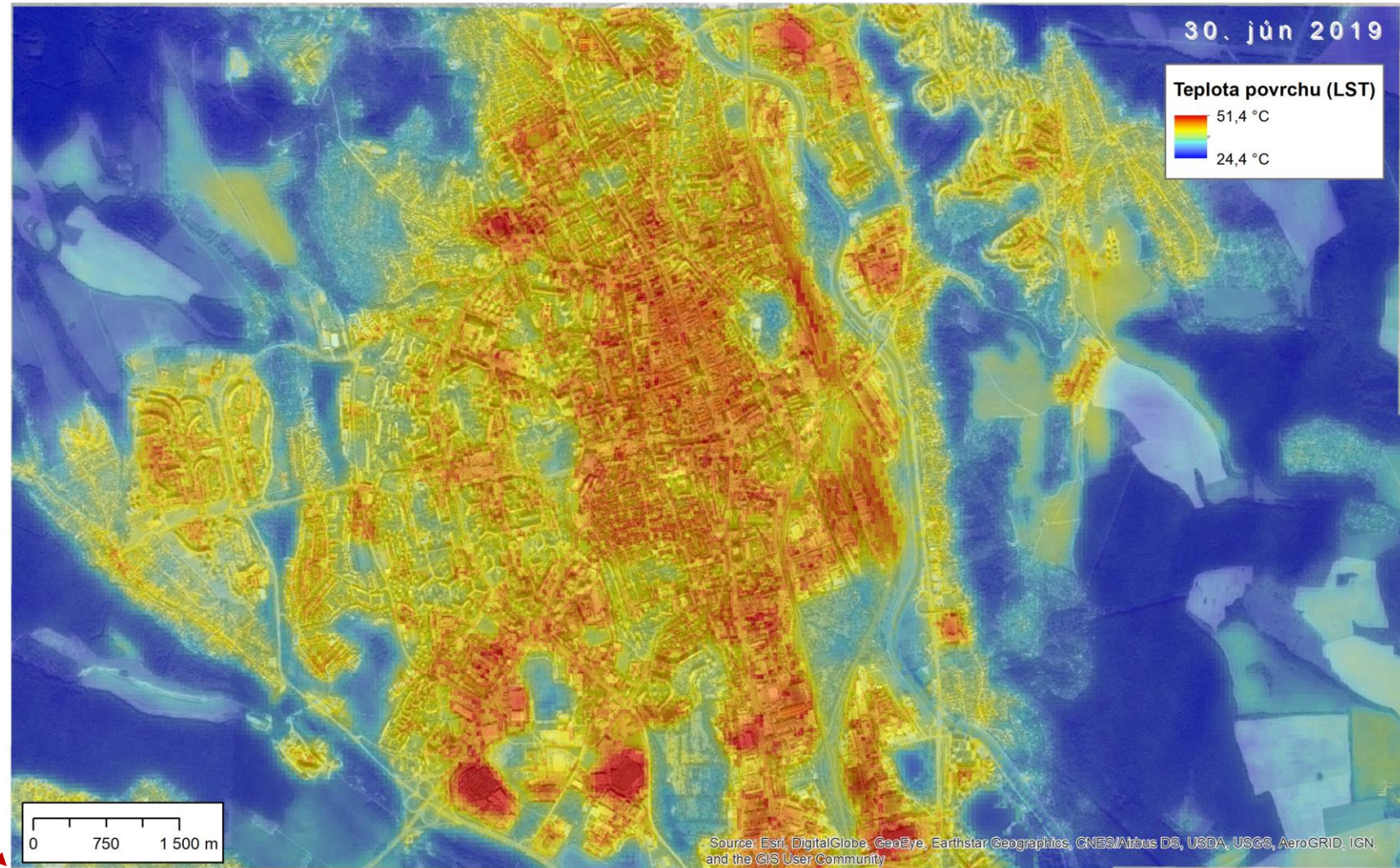
KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST)
na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery

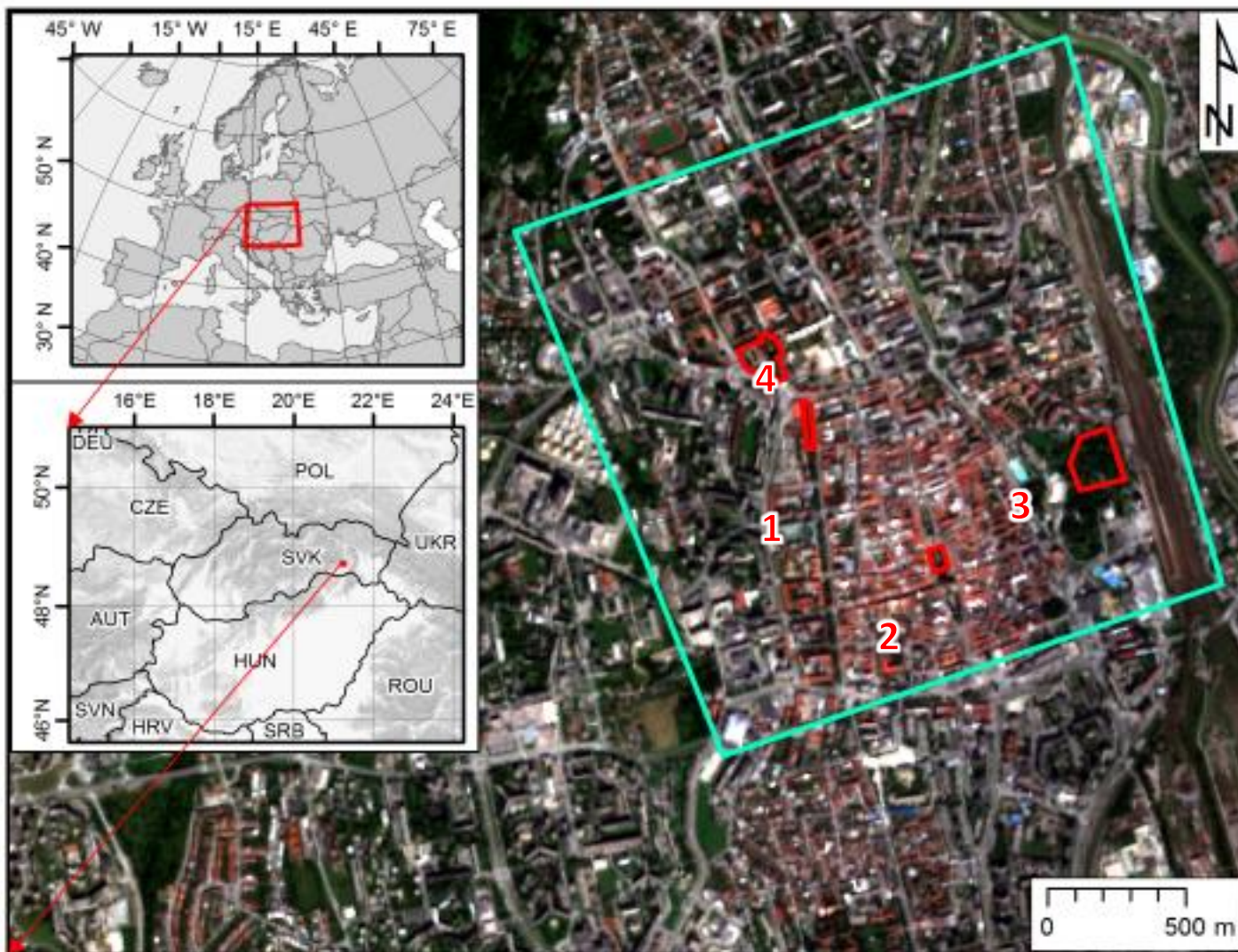


KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



Náš výskum: Mestský tepelný ostrov Košíc



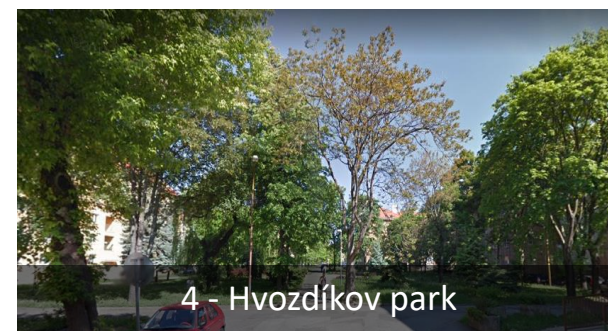
1 - Moyzesova ulica



2 – Historické centrum



3 – Mestský park



4 - Hvozdíkov park

Sentinel 2A scéna, 14. september 2016 © ESA

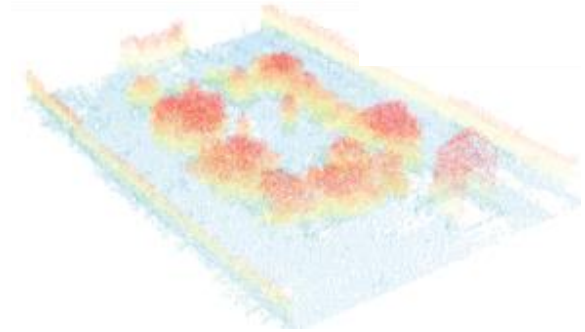
DÁTA A METÓDY

- Priestorové dáta s rôznym geometrickým, spektrálnym a časovým rozlíšením

Jednorazový
záznam



Letecká ortofotosnímka, 0.1 m

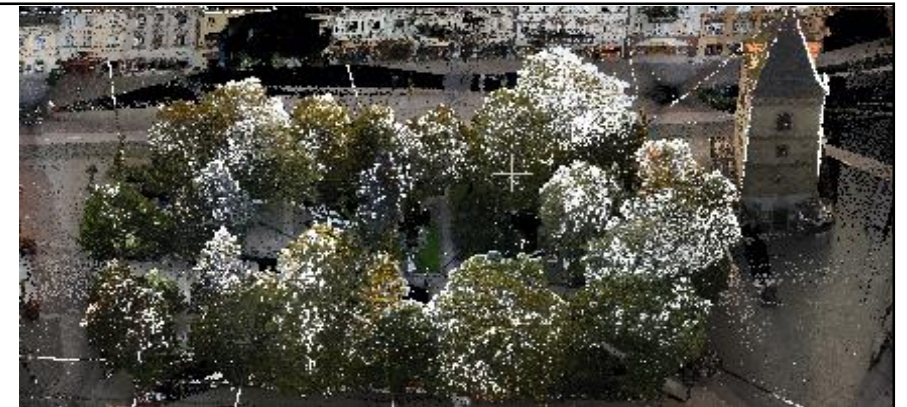


Letecké laserové skenovanie, 0.15 m

Periodický
záznam
(16, 10 dní)



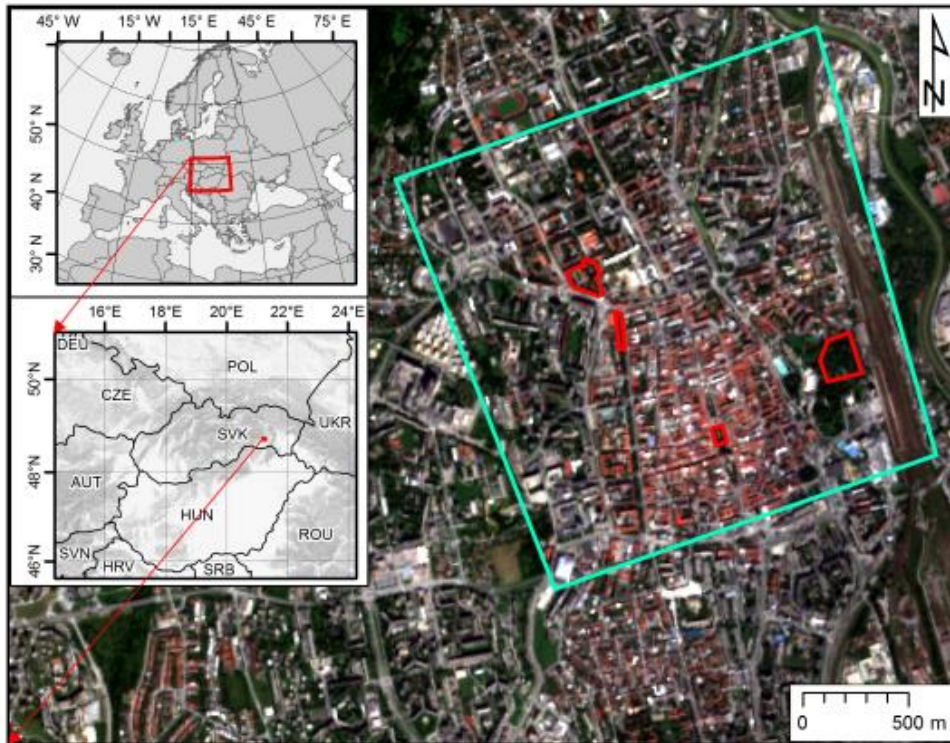
Landsat 8 (30 m), Sentinel 2A (10 m)



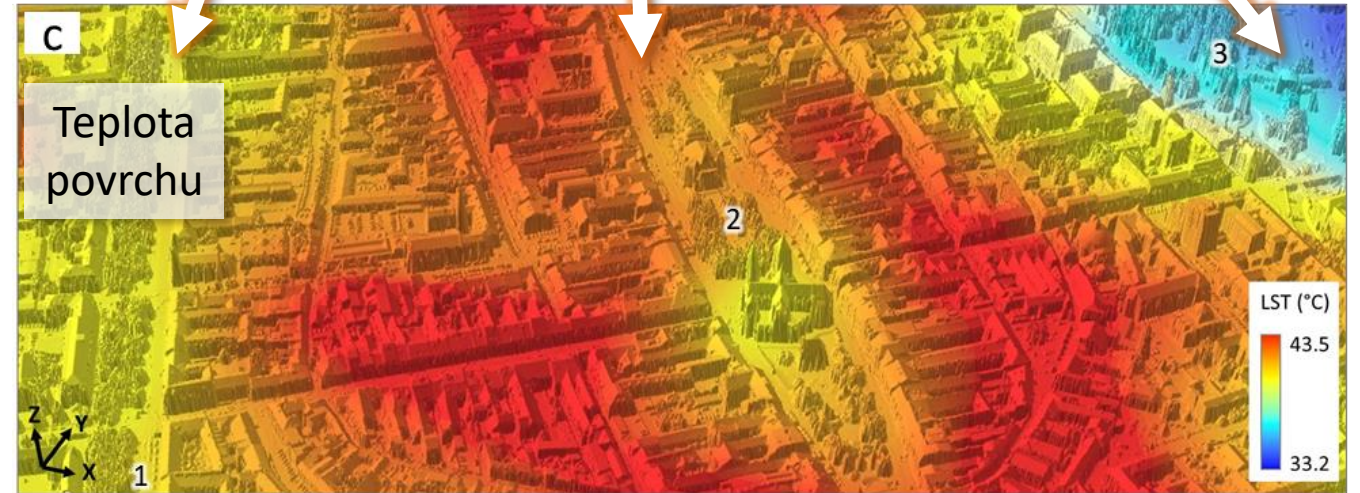
Pozemné laserové skenovanie, 0.005 m

- Nadväznosť na dlhodobý výskum Ústavu geografie v oblasti modelovania priestorovej distribúcie slnečného žiarenia
- Spolupráca s Európskou vesmírnou agentúrou (ESA – projekt Surge)

KOŠICE, SLOVAKIA



Sentinel 2A Image, 7 September 2016 © ESA.



ONAČILLOVÁ, GALLAY 2018: Spatio-temporal analysis of surface urban heat island based on LANDSAT ETM+ and OLI/TIRS imagery in the city of Košice, Slovakia. Carpathian Journal of Earth and Envir. Sciences, 13(2), 395 - 408

Košice: Dôkaz existencie tepelného ostrova

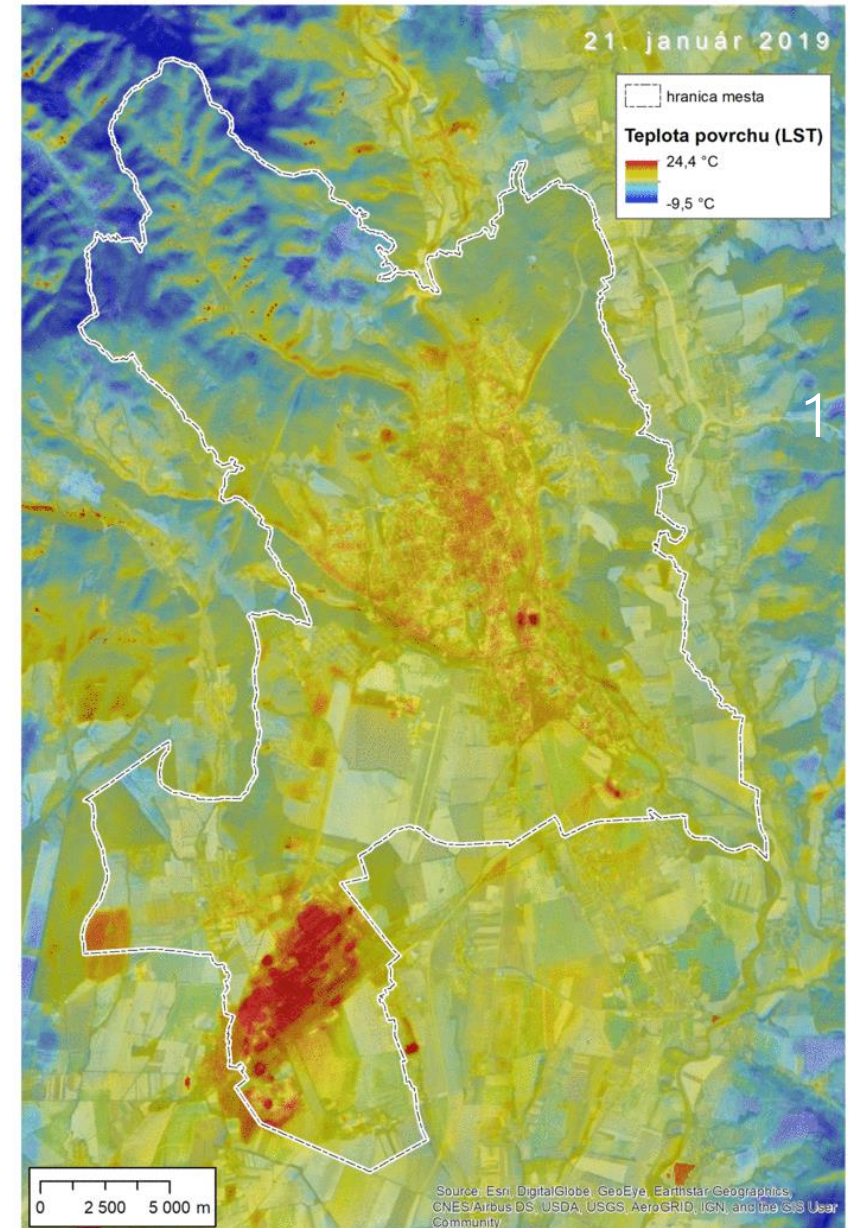
- Fenomén MTO neobchádza ani stredné a malé mestá
- Distribúcia teplôt v závislosti od typu krajinej pokrývky
- Výsledky v rámci projektov ESA, APVV-18-0044

HOFIERKA, GALLAY, ONAČILLOVÁ, HOFIERKA, JR. 2020: Physically-based land surface temperature modeling in urban areas using a 3-D city model and multispectral satellite data. *Urban Climate*, 31, 100566.

ONAČILLOVÁ, K., GALLAY, M. 2018: Spatio-temporal analysis of surface urban heat island based on LANDSAT ETM+ and OLI/TIRS imagery in the city of Košice, Slovakia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(2), 395 - 408.

KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST)
na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery





Priemyselná zóna
(U.S.Steel)



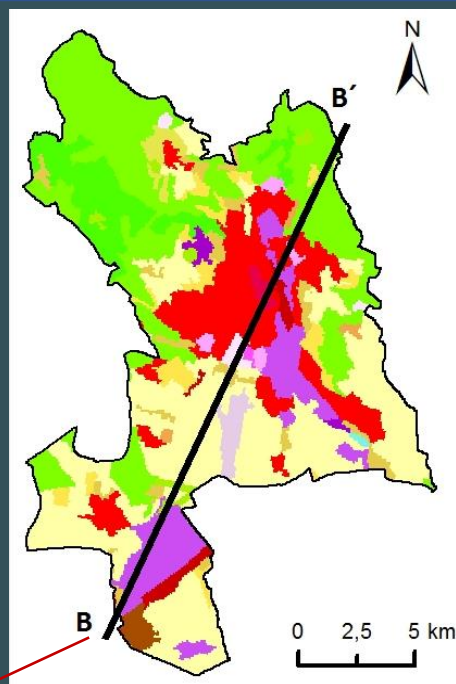
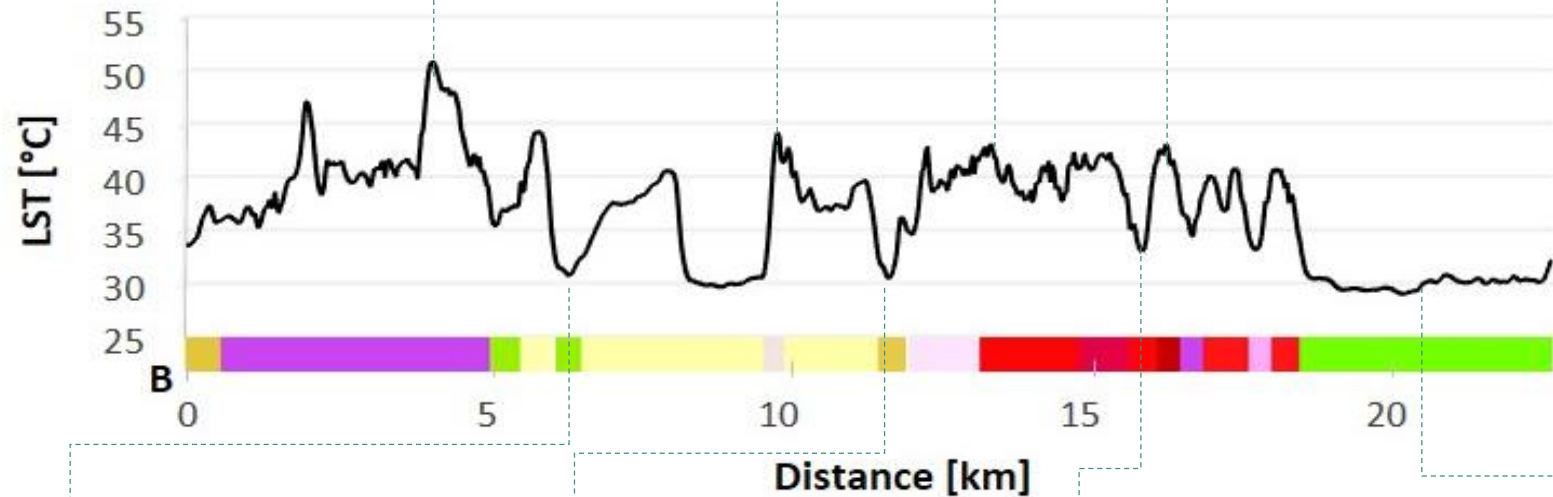
Letisko



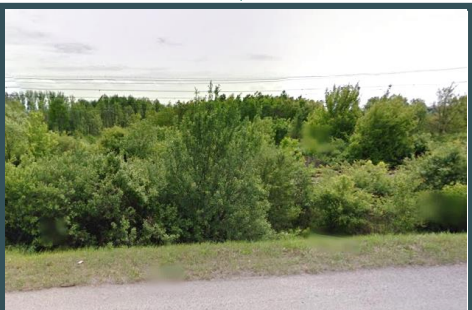
Súvislá sídelná zástavba
(jadro mesta)



Železničná sieť
(Hlavná stanica)



- Continuous urban fabric
- Discontinuous urban fabric
- Industrial or commercial units
- Road, rail networks, assoc. land
- Airports
- Mineral extraction sites
- Dump sites
- Construction sites
- Green urban areas
- Sport and leisure facilities
- Non-irrigated arable land
- Fruit trees, berry plantations
- Pastures
- Complex cultivation patterns
- Land occupied by agriculture
- Broad-leaved forest
- Mixed forest
- Transitional woodland-shrub
- Water bodies



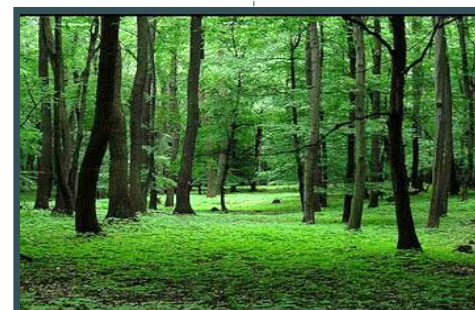
Prechodné pásmo
krovín



Poľnohospodárska
plocha



Plocha sídelnej zelene
(Mestský park)

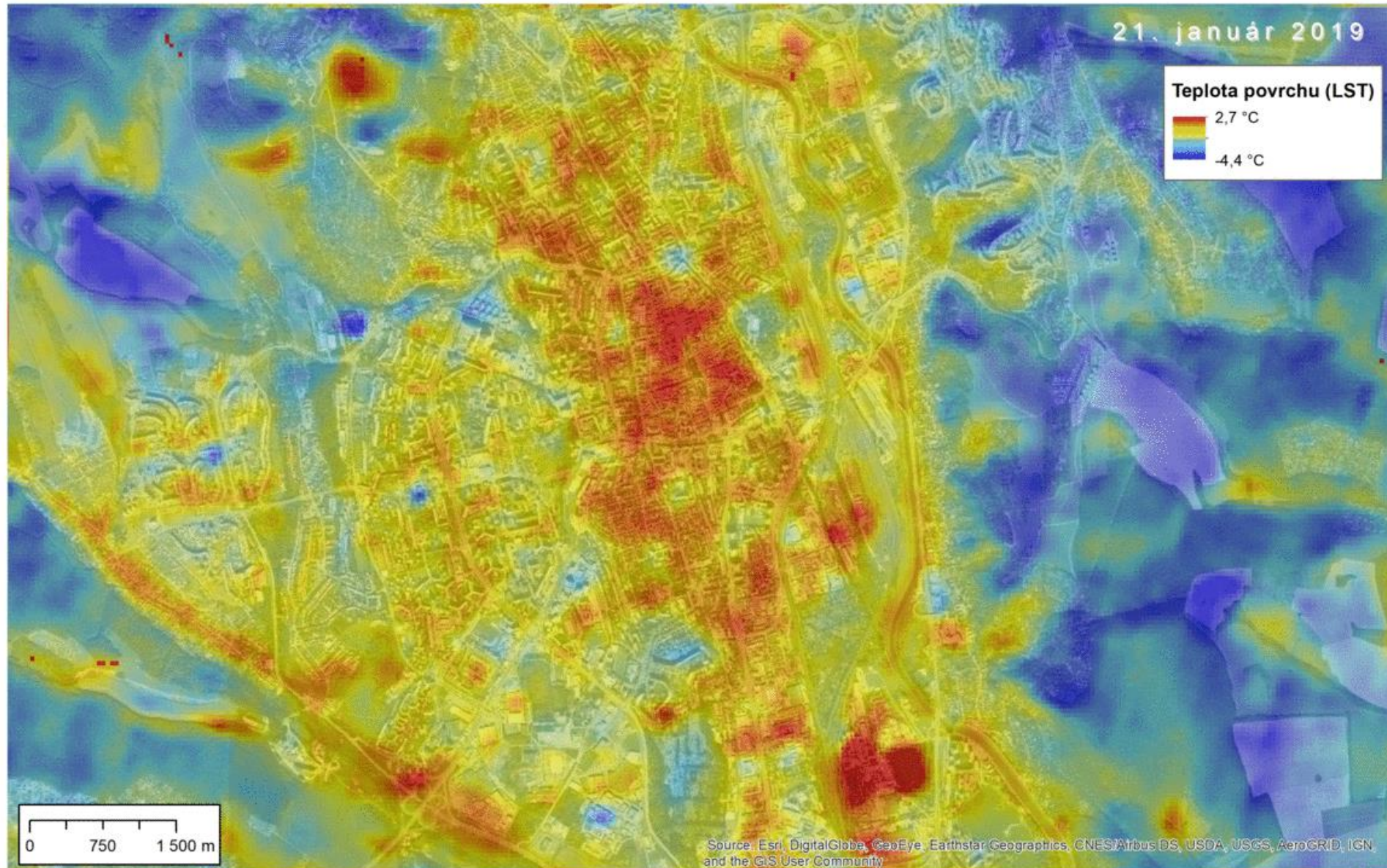


Listnatý les
(SV)

KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

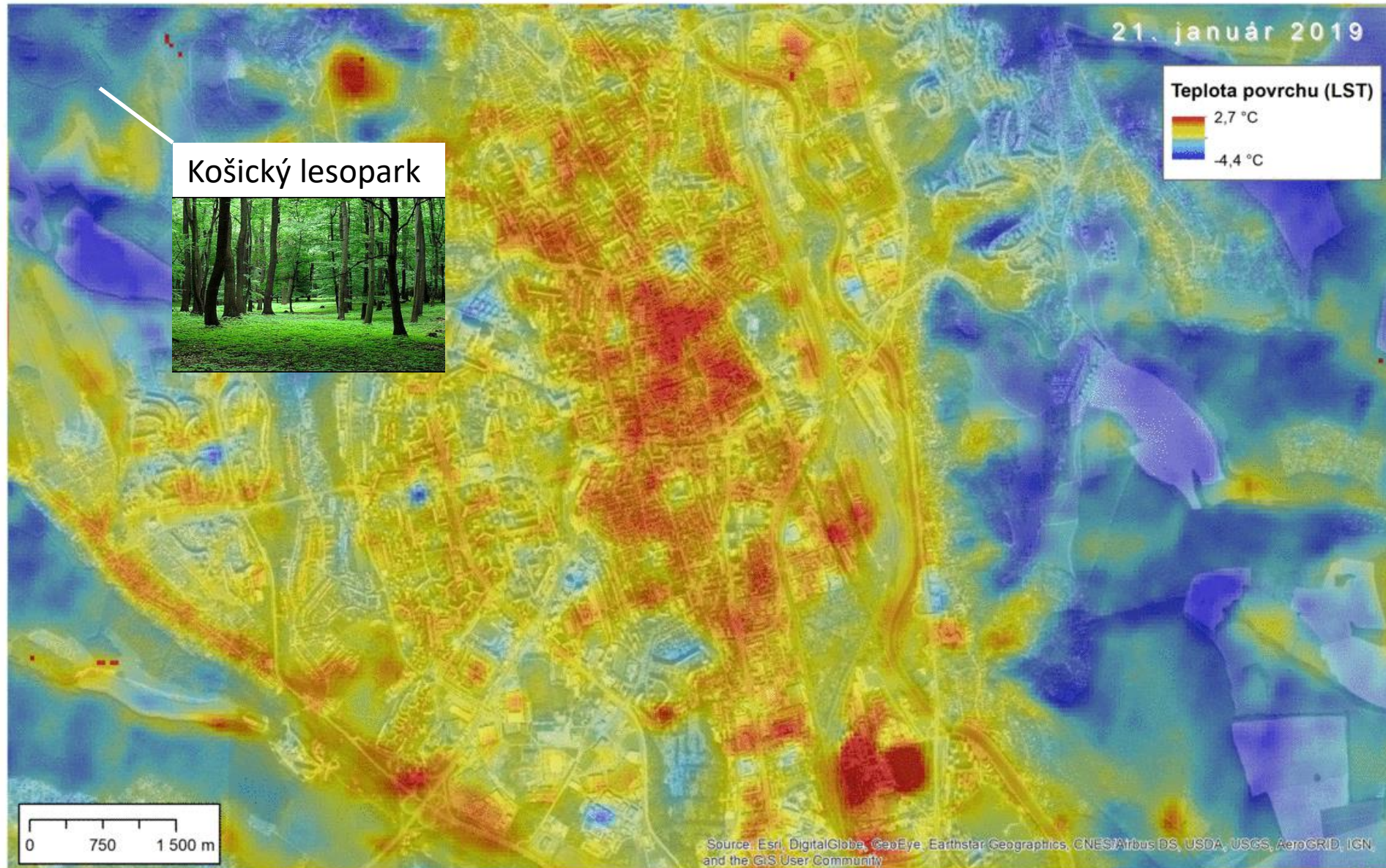
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

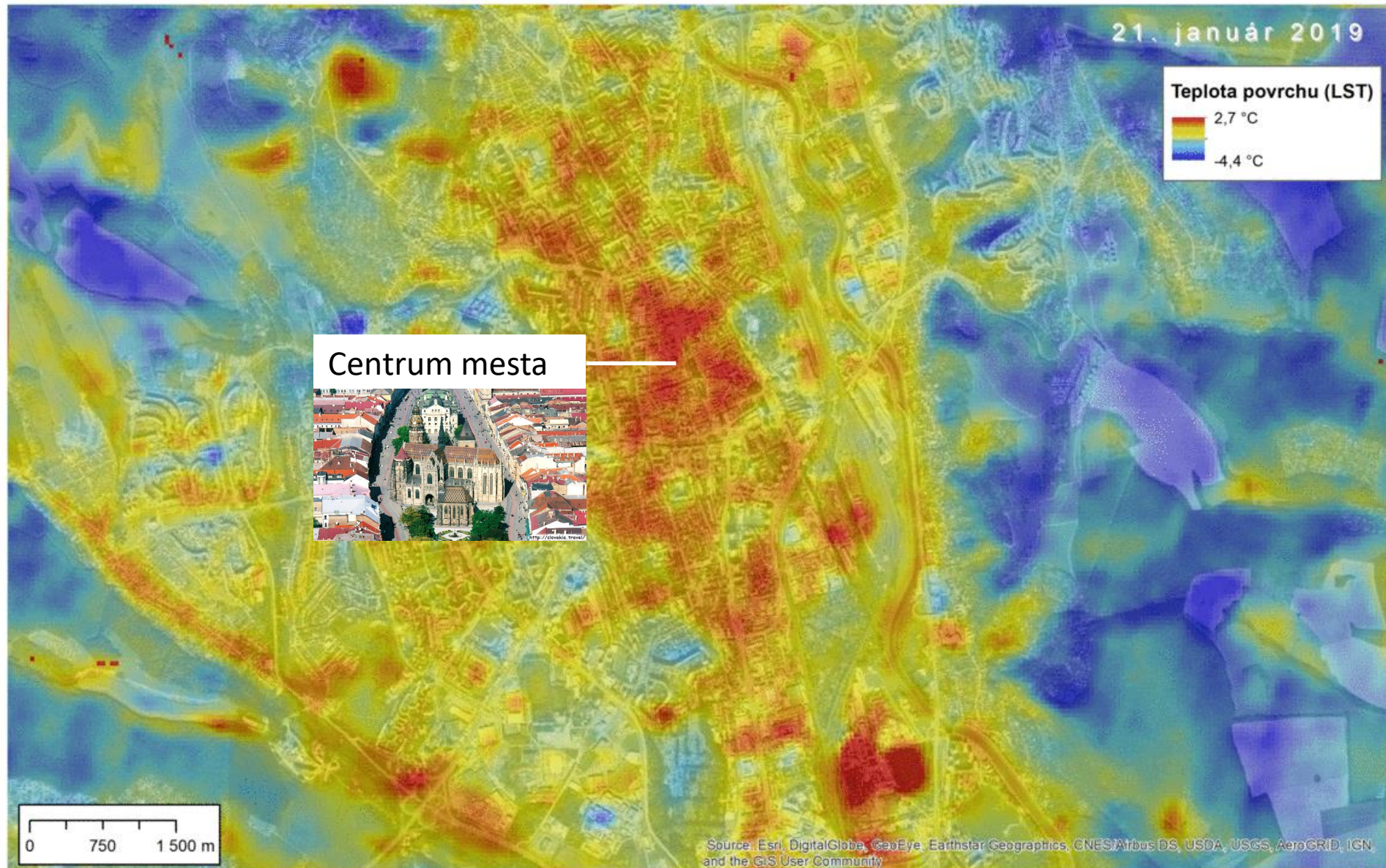
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

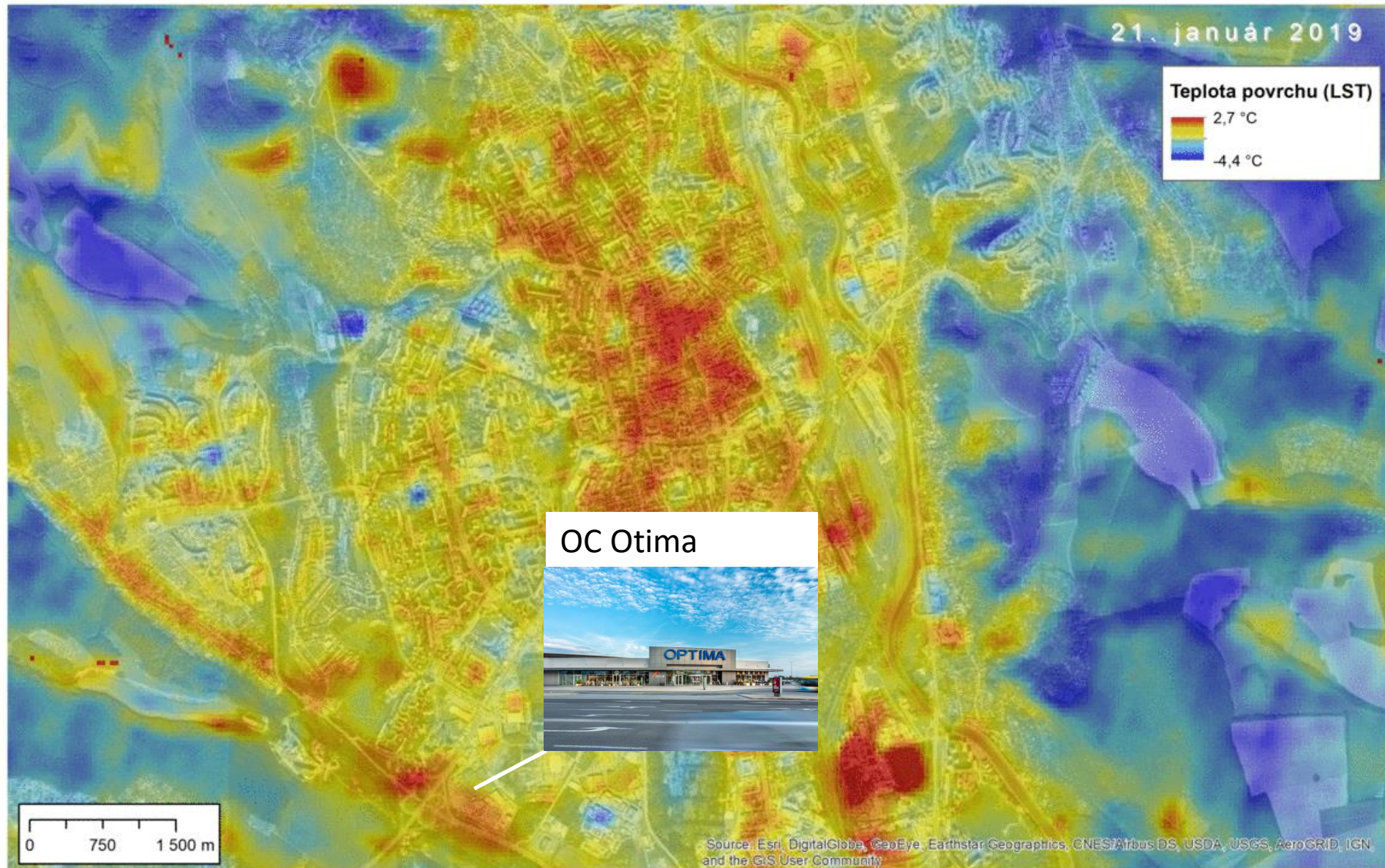
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

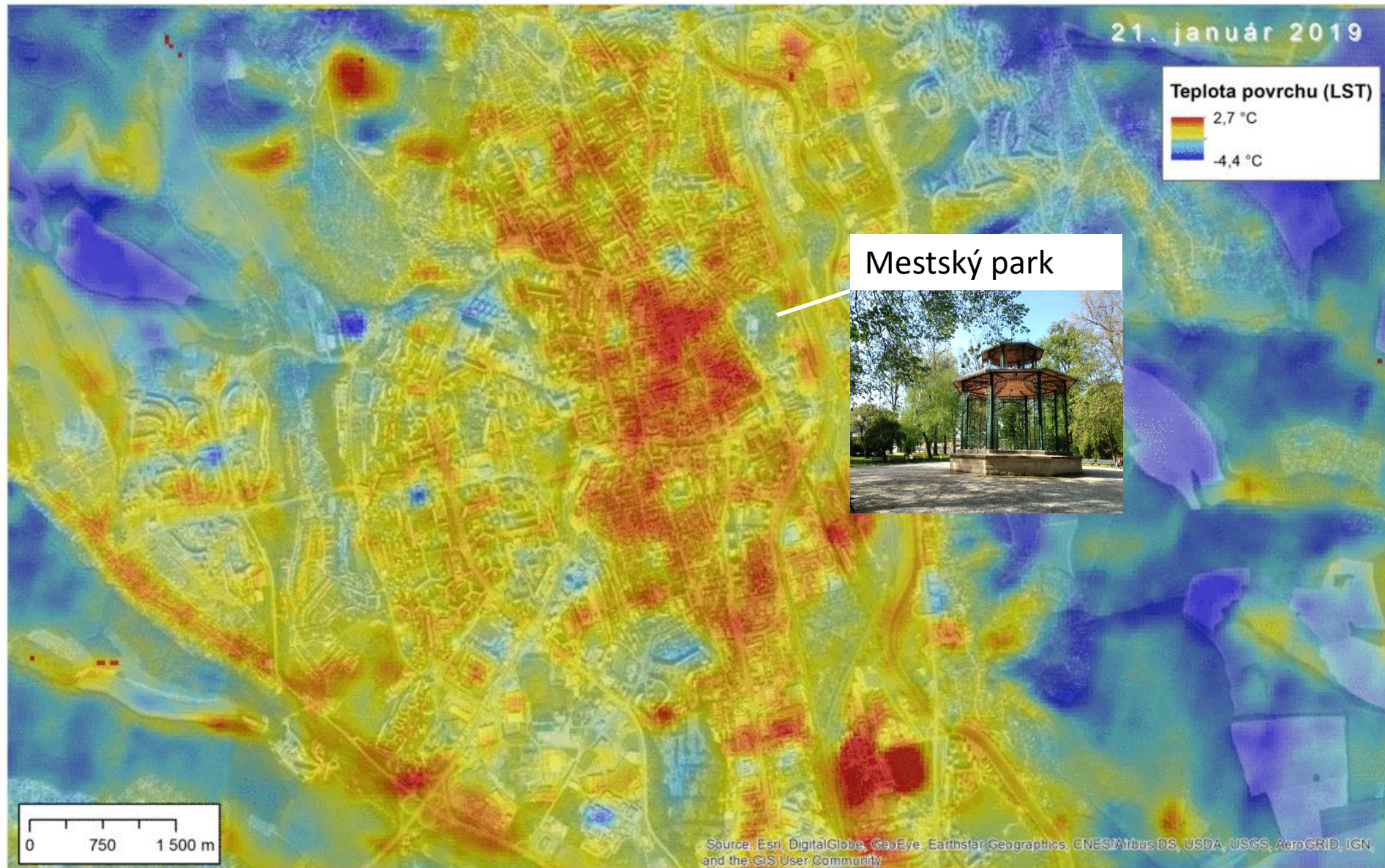
Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

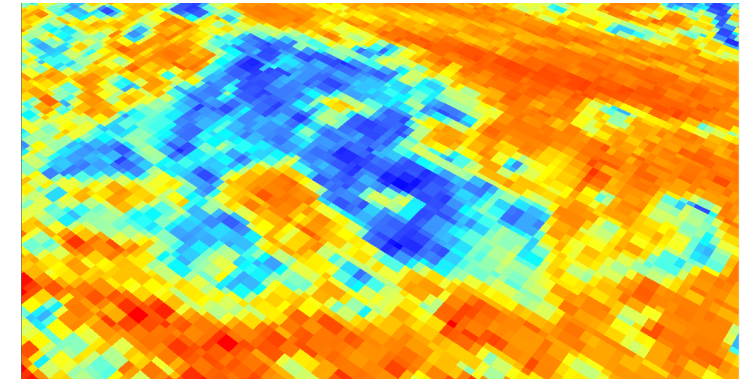
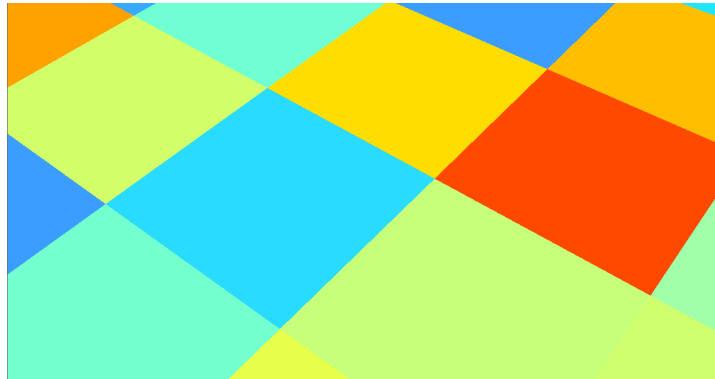
Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery

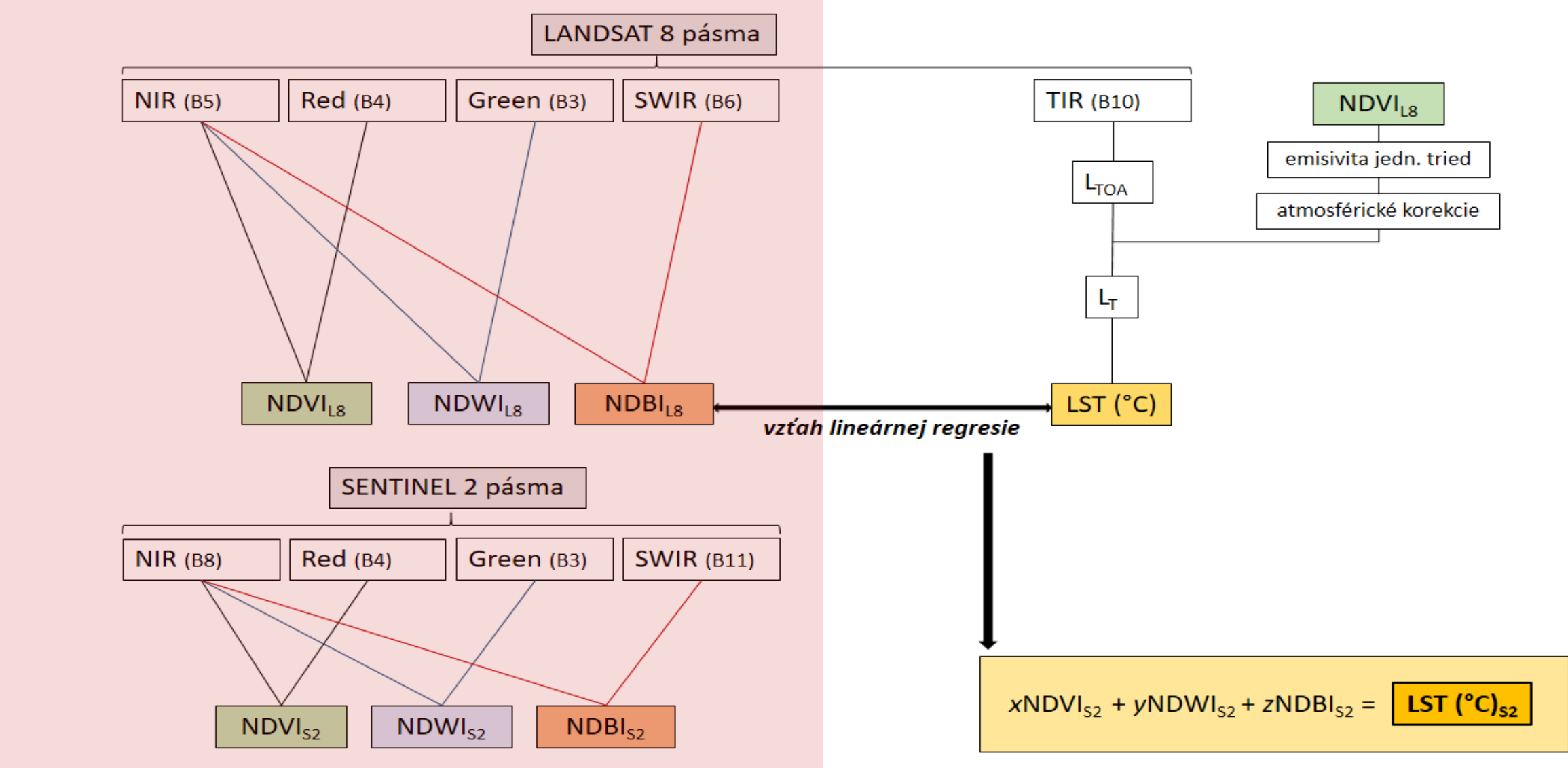


Downscaling teploty povrchu

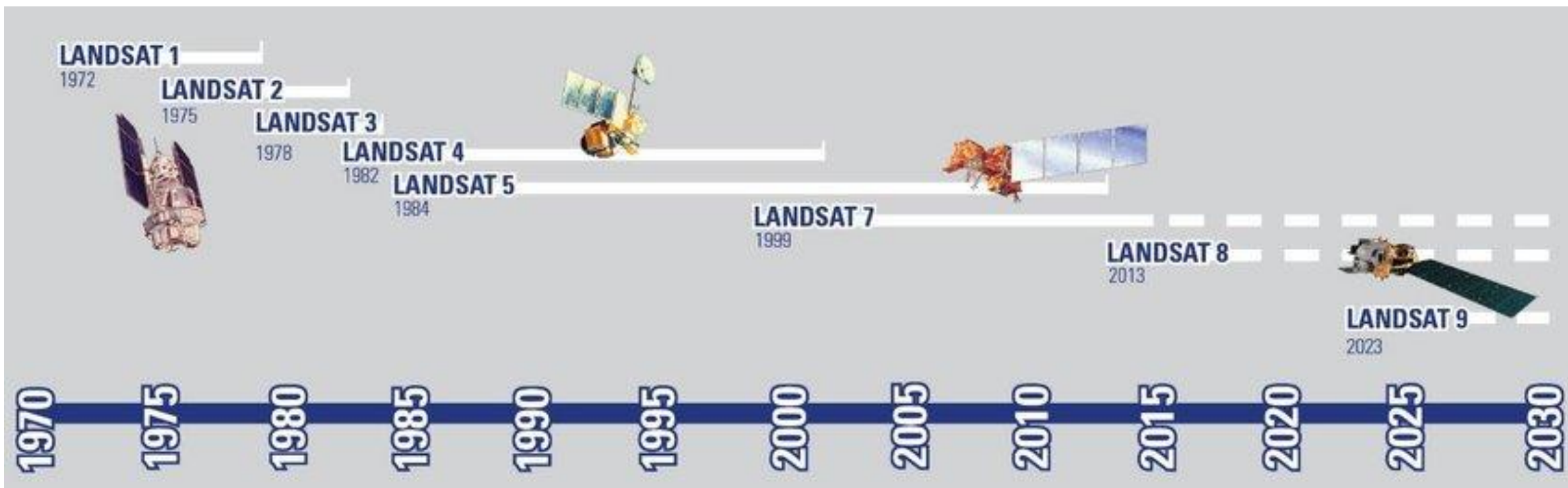
- Monitoring satelitmi a meteo-stanicami však má svoje nedostatky - hrubšie rozlíšenie dát z družíc, časovo náročné bodové merania teploty vzduchu stanicami...
- **Downscaling dát** – zvýšenie rozlíšenia
- cieľ: definovať lineárny vzťah medzi metrikami z družice Landsat 8 a použiť ich na predpovedanie LST vo vyššom rozlíšení pomocou metrick odvođených zo snímok družice Sentinel 2
 - Bonafoni et al. (2017) – LST Landsat 7 + letecké termálne snímky



Downscaling - proces



Multispektrálne skenovanie



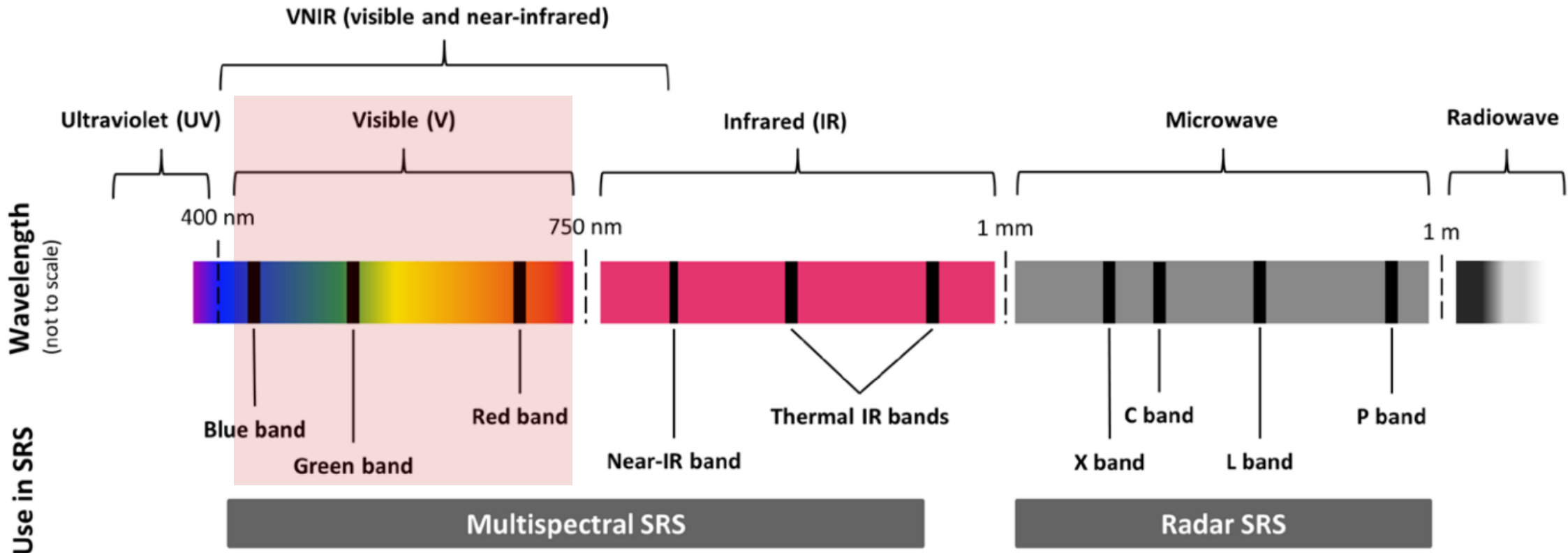
Landsat 8

- snímkovanie v 16-dňových intervaloch
- **senzor aj pre termálne snímanie**
- 30 m rozlíšenie

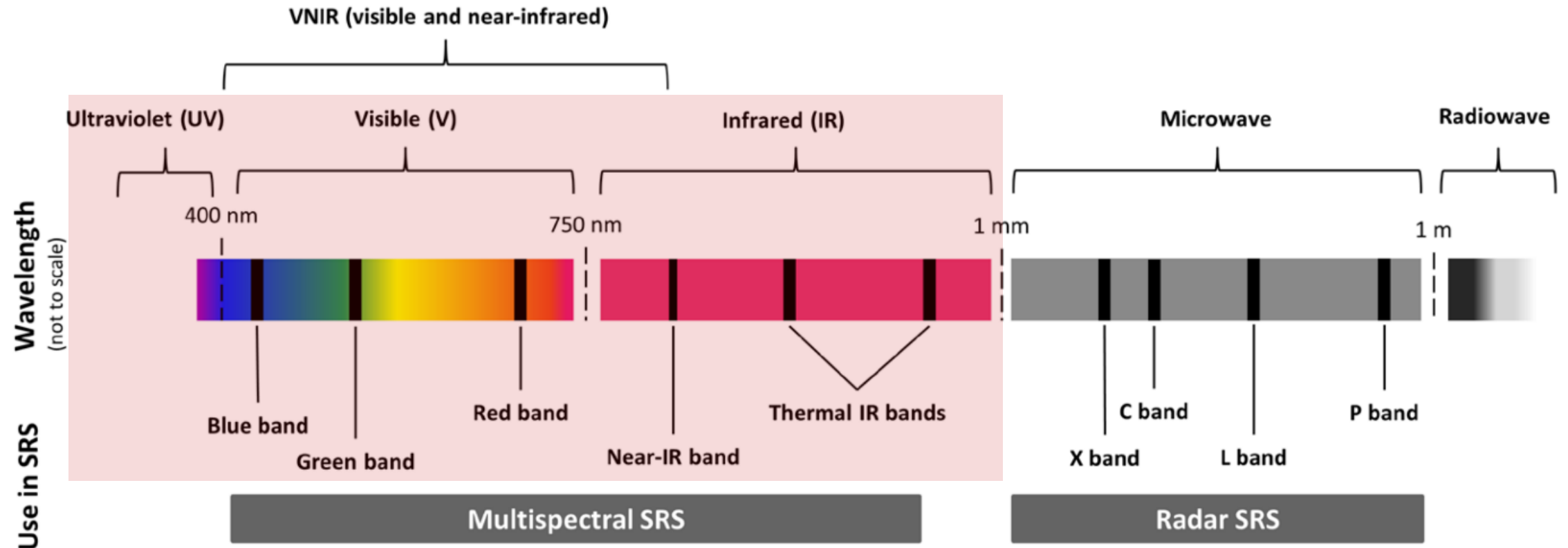
Sentinel-2A (ESA)

- snímkovanie v 10-dňových intervaloch
- senzor MSI (z ang. Multi-Spectral Instrument)
- 10 m rozlíšenie

Multispektrálne skenovanie

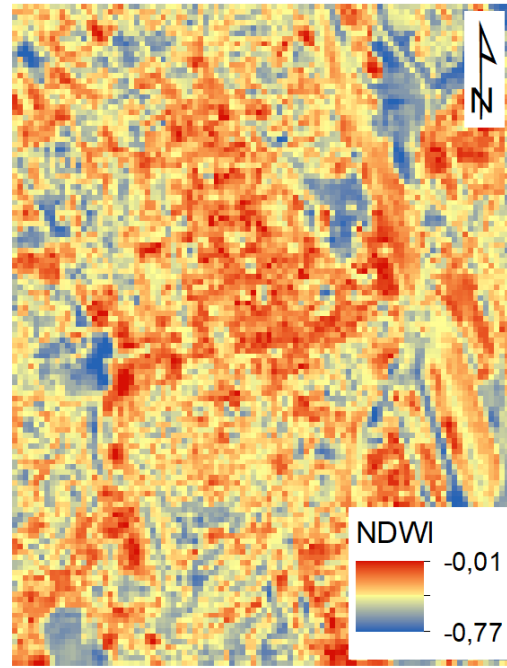
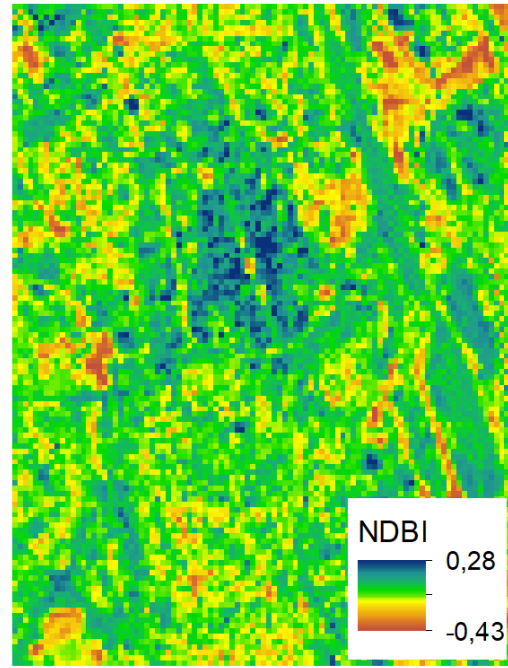
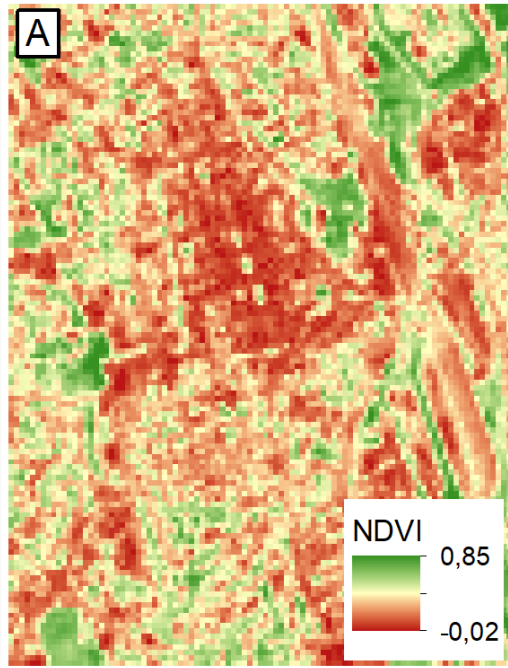


Multispektrálne skenovanie

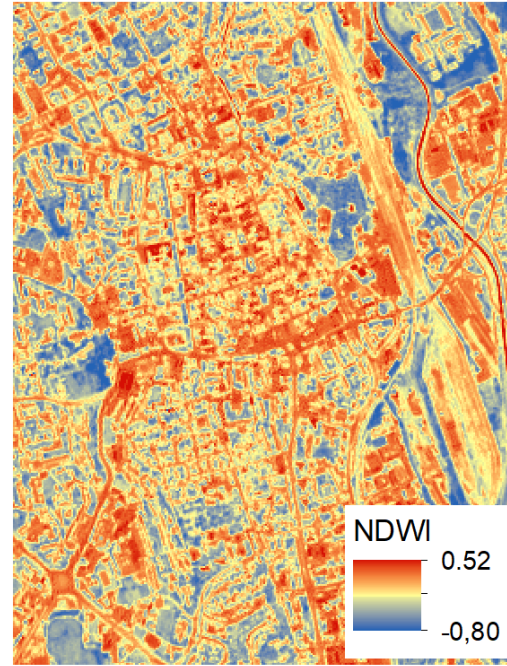
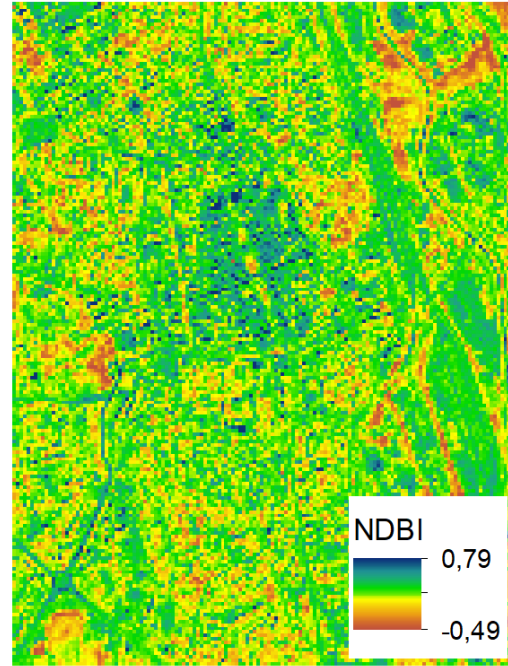
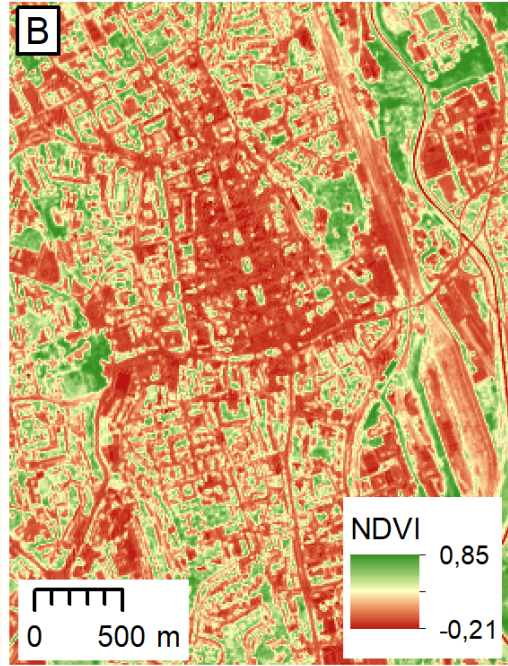


- Získanie informácií o krajine, ktoré nie sú viditeľné ľudským okom

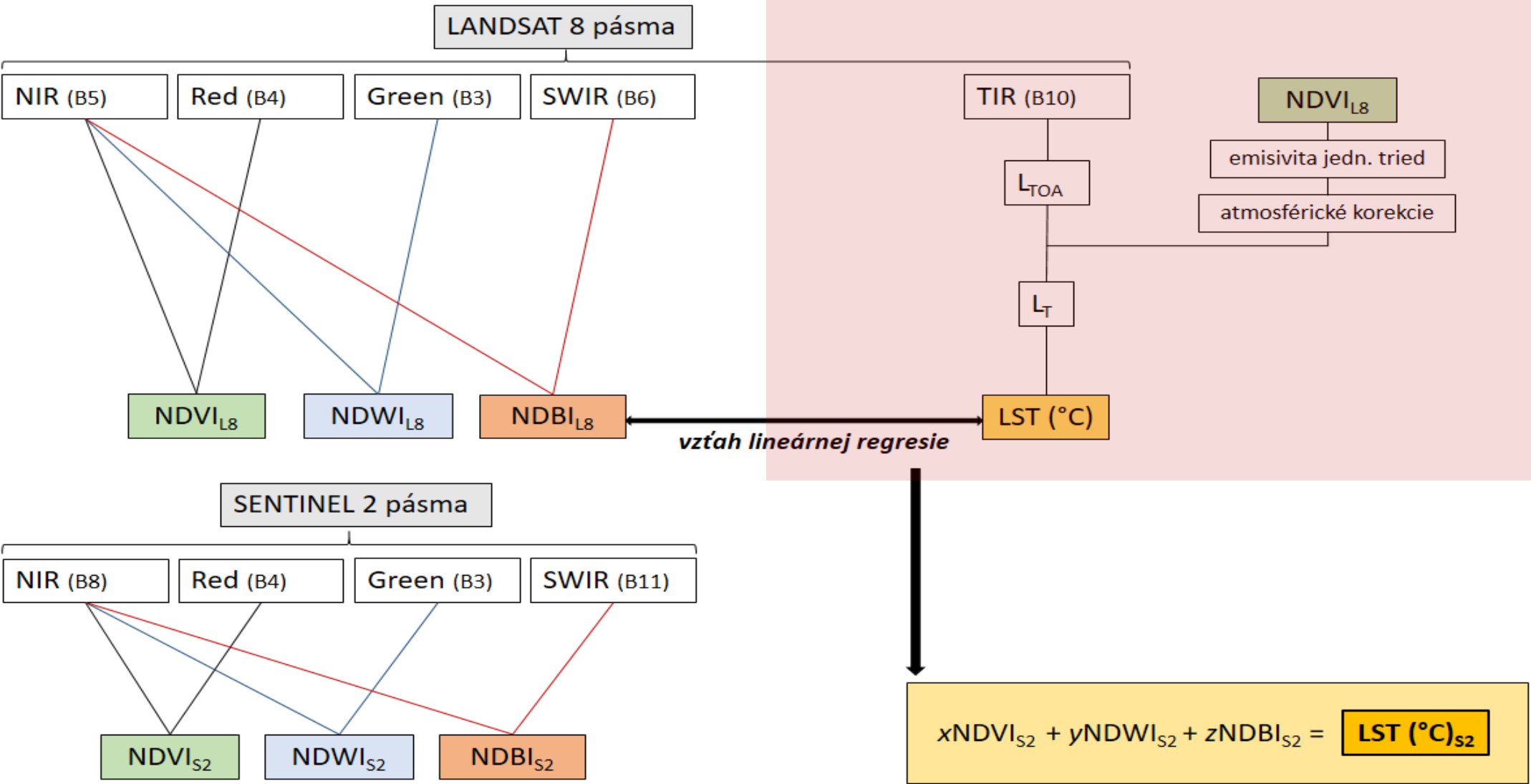
Landsat 8 – 30 m rozlíšenie



Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie



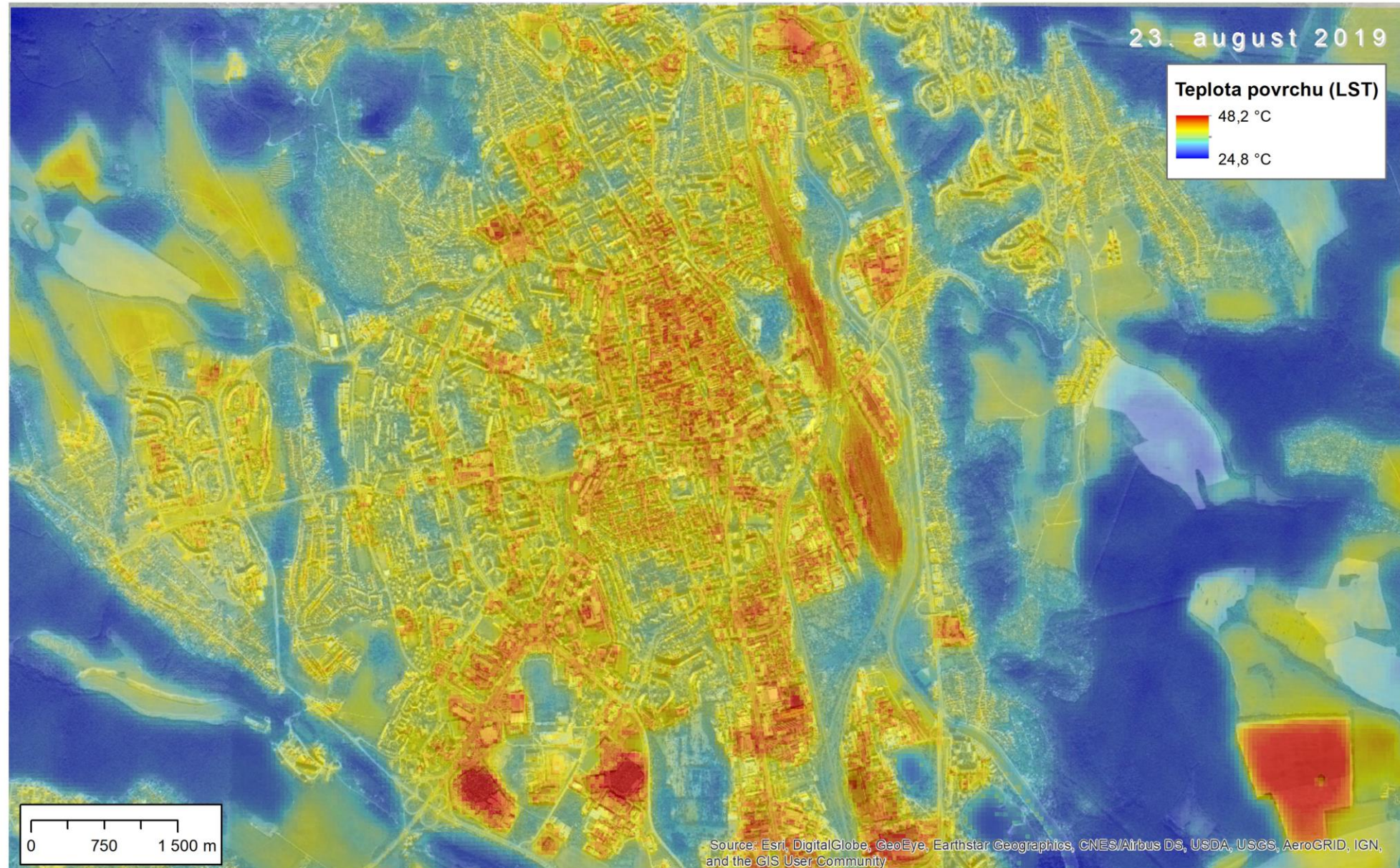
Downscaling - proces



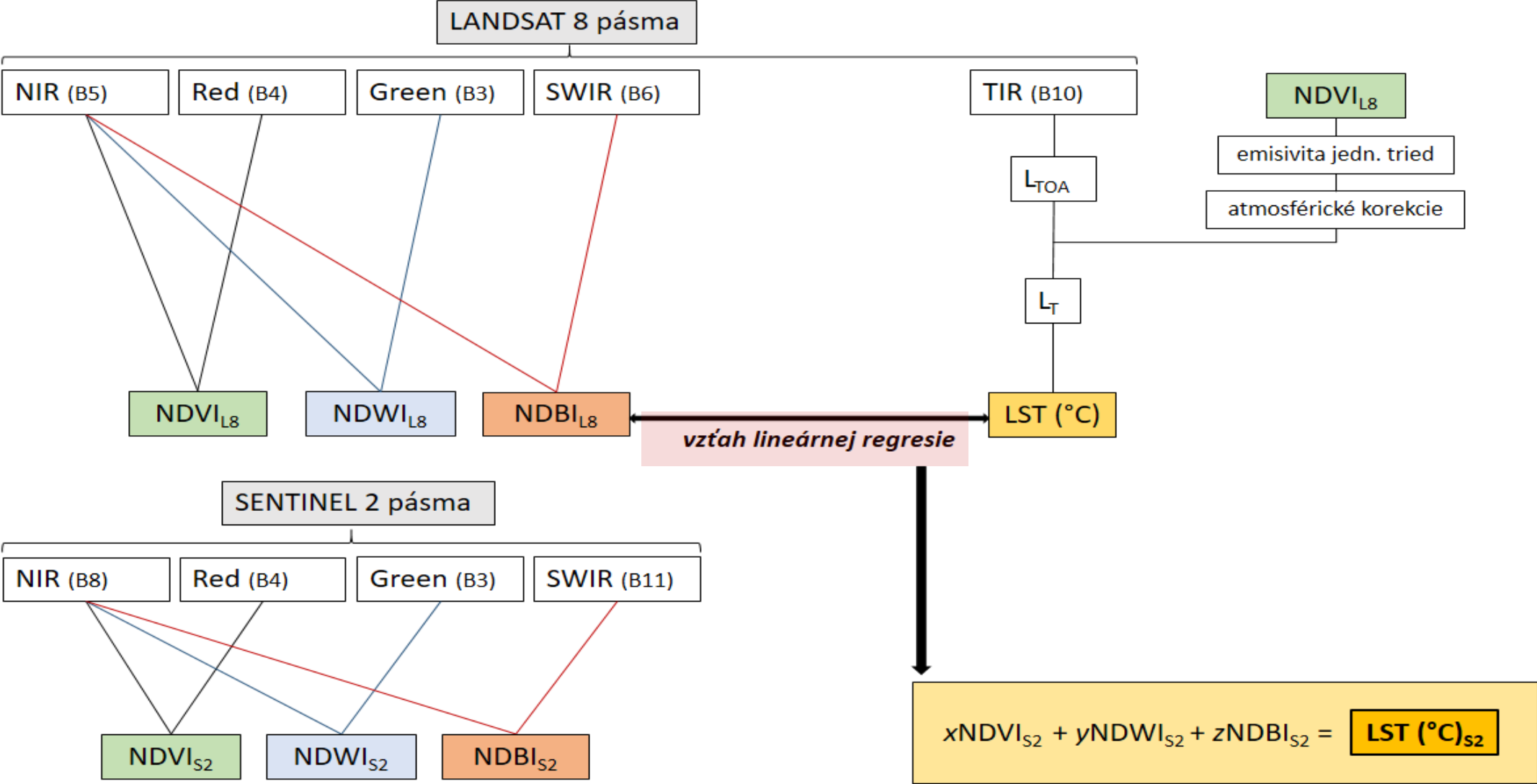
KOŠICE: Teplota povrchu krajinného krytu (LST) na základe termálneho pásma č. 10 družice LANDSAT 8

Zostavil: Ústav geografie PF UPJŠ v Košiciach

Podklad: (c) ortofotosnímka: ESRI Basemap, World Imagery



Downscaling - proces




```

temp.df <- as.data.frame(cbind(grid.lsttoa@data,grid.lst@data, grid.ndvi@data,
grid.ndbi@data, grid.ndwi@data))

head(temp.df)
names(temp.df) <- c("lst_toa", "lst", "ndvi", "ndbi", "ndwi")

#-----
# drawing scatterplots for bivariate regressions of LST with NDVI, NDBI, NDWI

# setting colour scheme for legend
Lab.palette <- colorRampPalette(c("white", "#00FEFF", "#45FE4F",
                                "#FCFF00", "#FF9400", "#FF3100"), space = "Lab")

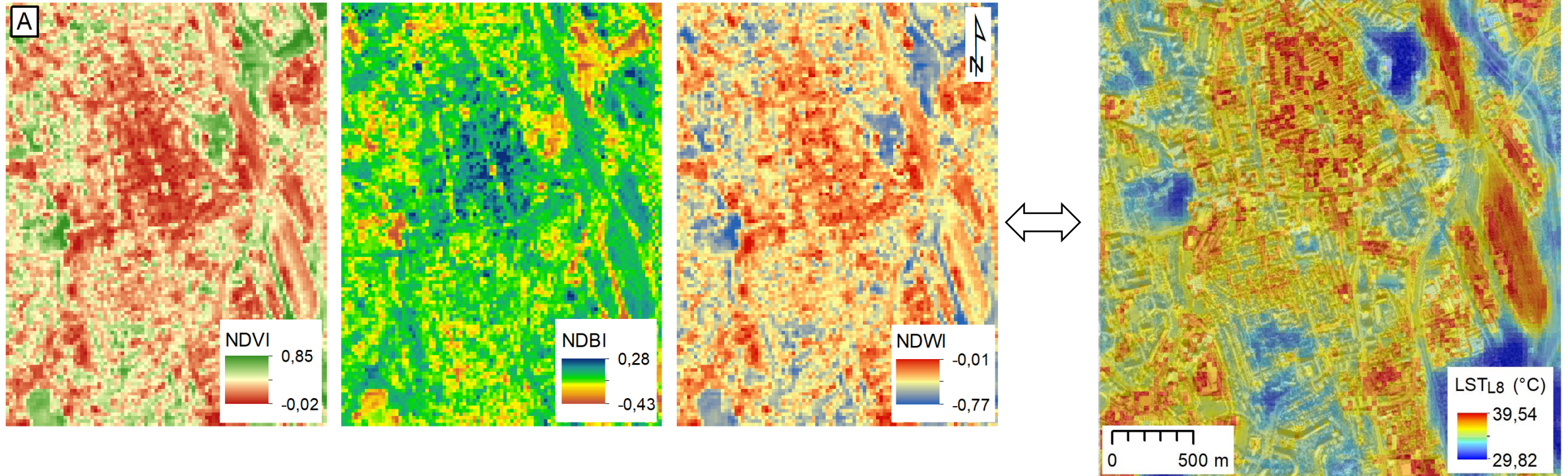
# creating a function to save the results of linear regression
lm_eqn <- function(df){
  m <- lm(y ~ x, df);
  eq <- substitute(italic(y) == a + b %.% italic(x)*", "~italic(R)^2~"="~r2,
                    list(a = format(coef(m)[1], digits = 2),
                          b = format(coef(m)[2], digits = 2),
                          r2 = format(summary(m)$r.squared, digits = 3)));
}

legend.f <- function(){
  xm <- get('xm', envir = parent.frame(1))
  ym <- get('ym', envir = parent.frame(1))
  z <- get('dens', envir = parent.frame(1))
  colramp <- get('colramp', parent.frame(1))
  fields::image.plot(xm,ym,z, col = colramp(256),
                     legend.args=list( text="PDF", cex=0.8, side=3, line=0.7),
                     legend.only = T, legend.width=3, add =F)
}

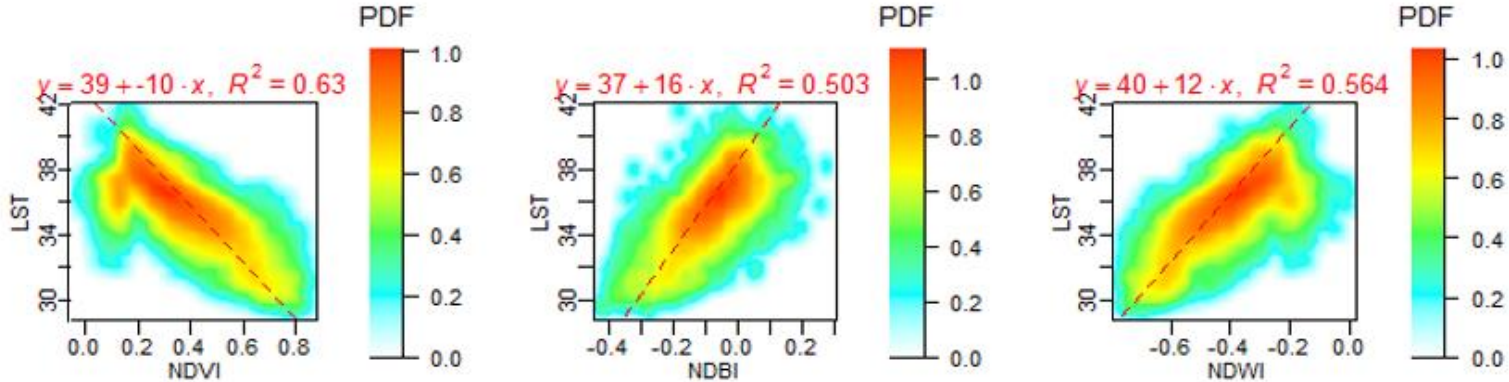
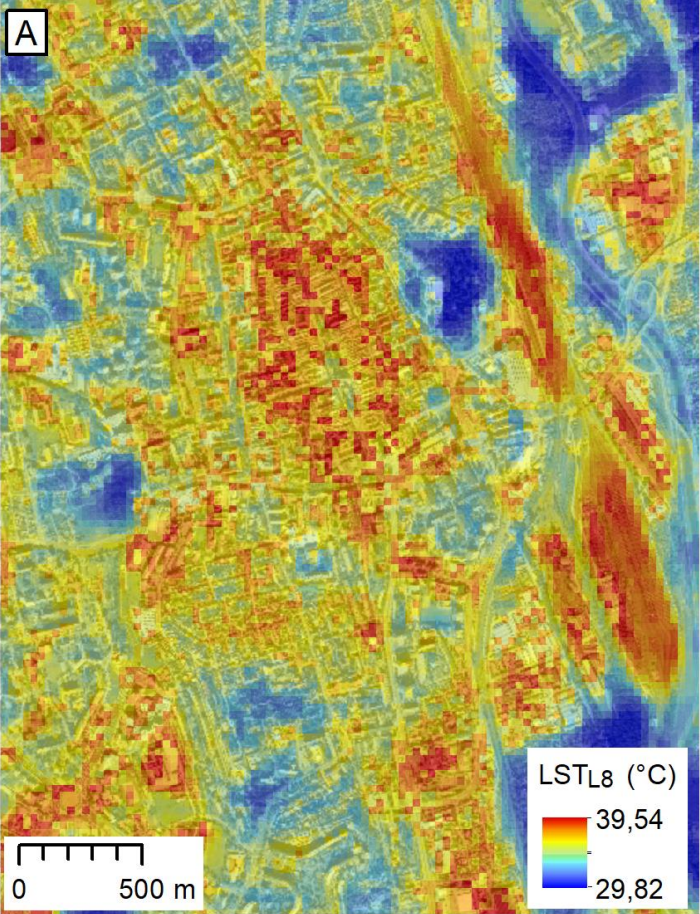
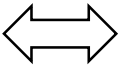
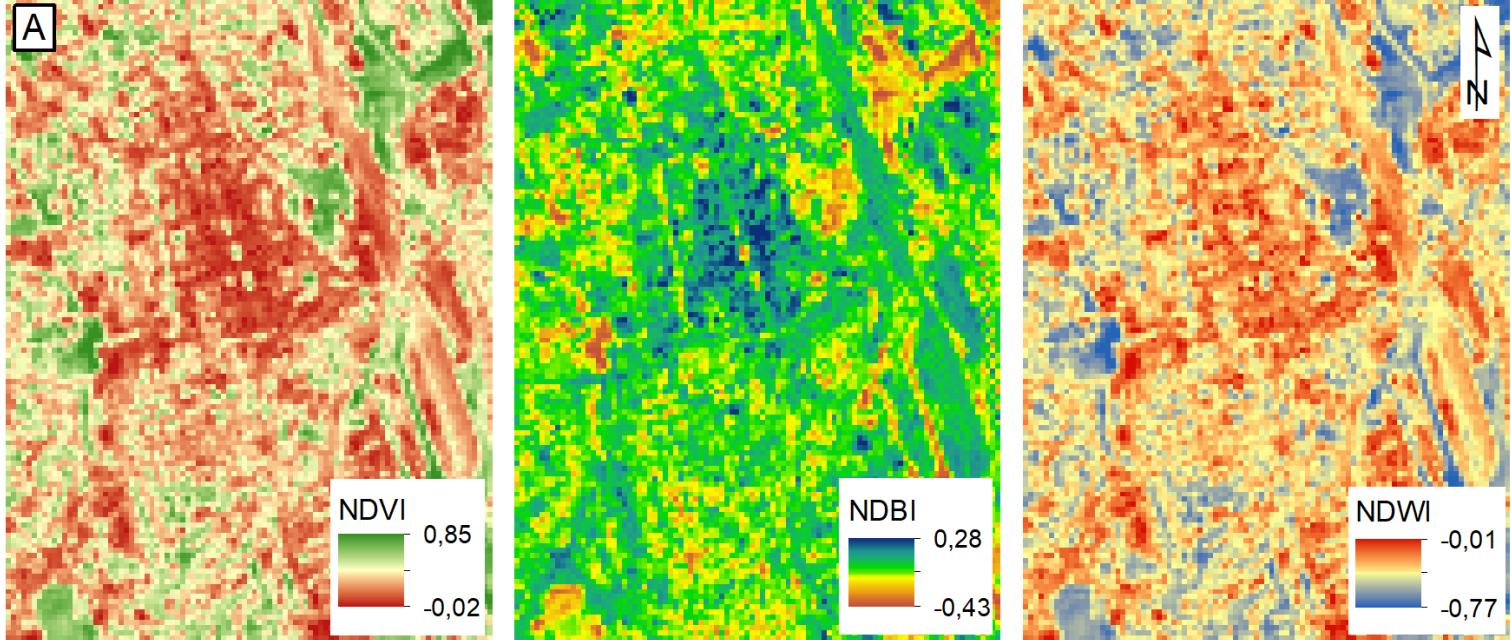
# linear regression of LST vs 3 independent variables/predictors
lm.output.lst <- lm(lst ~ ndvi + ndbi + ndwi, temp.df)
lm.output.lst
summary(lm.output.lst)

```

Vztáh spektrálních indexov a LST Landsat 8

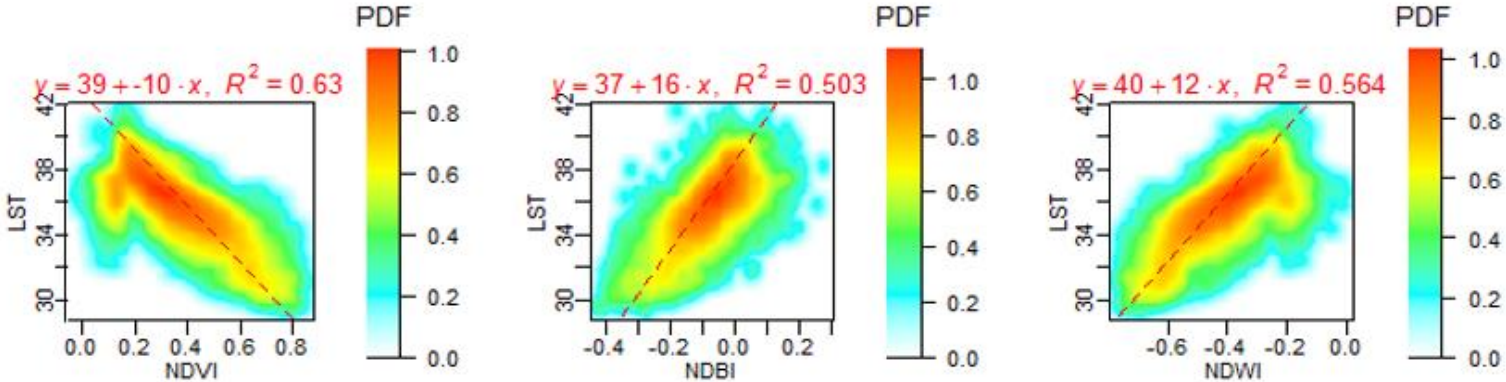
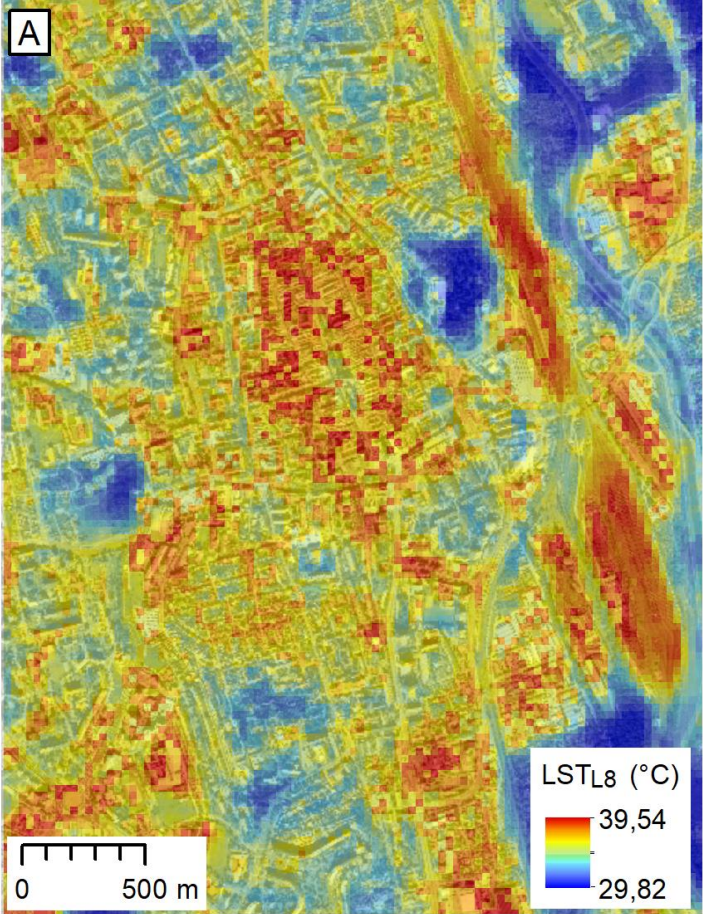
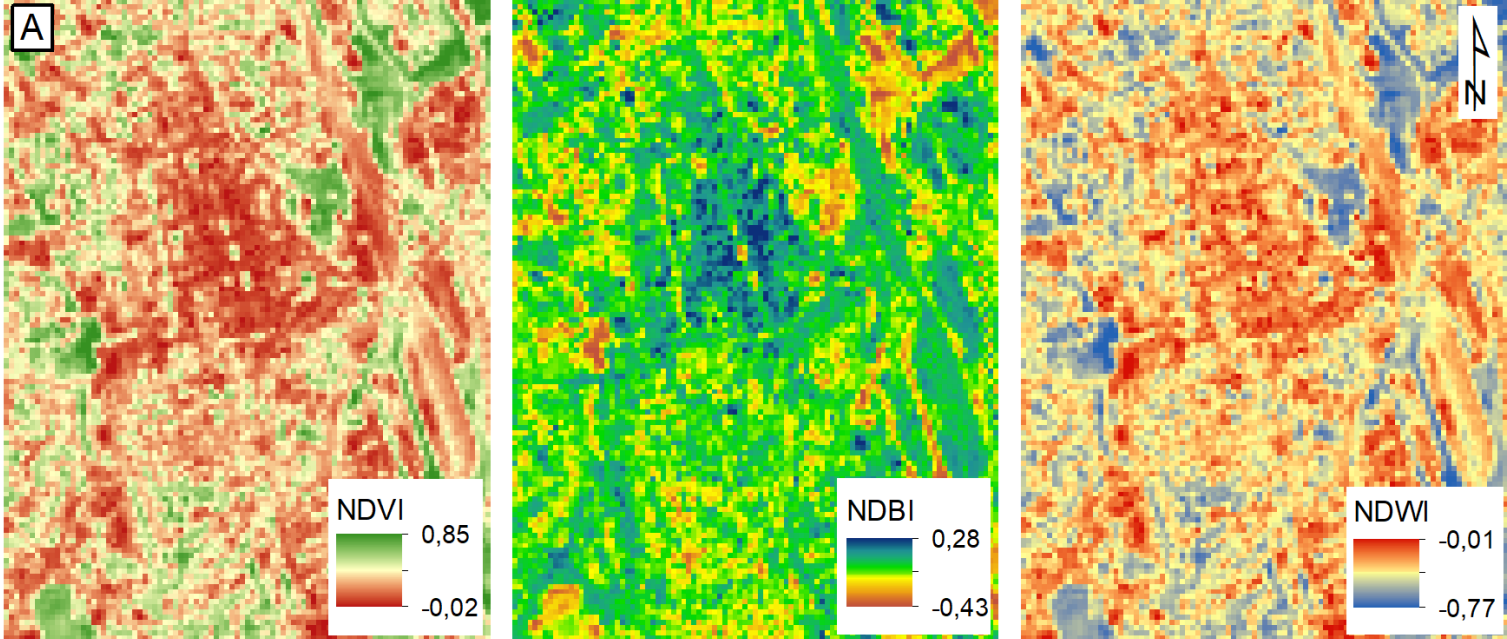


Vztáh spektrálních indexov a LST Landsat 8



(Intercept)	ndvi	ndbi	ndwi
38.476	-12.929	2.416	-5.310
R-squared: 0.642			
p= 2,2×10 ⁻¹⁶			

Vztáh spektrálních indexov a LST Landsat 8

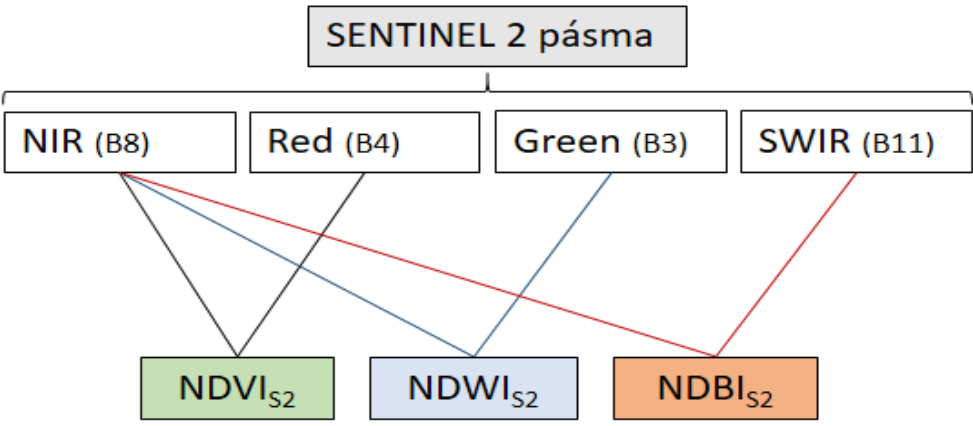
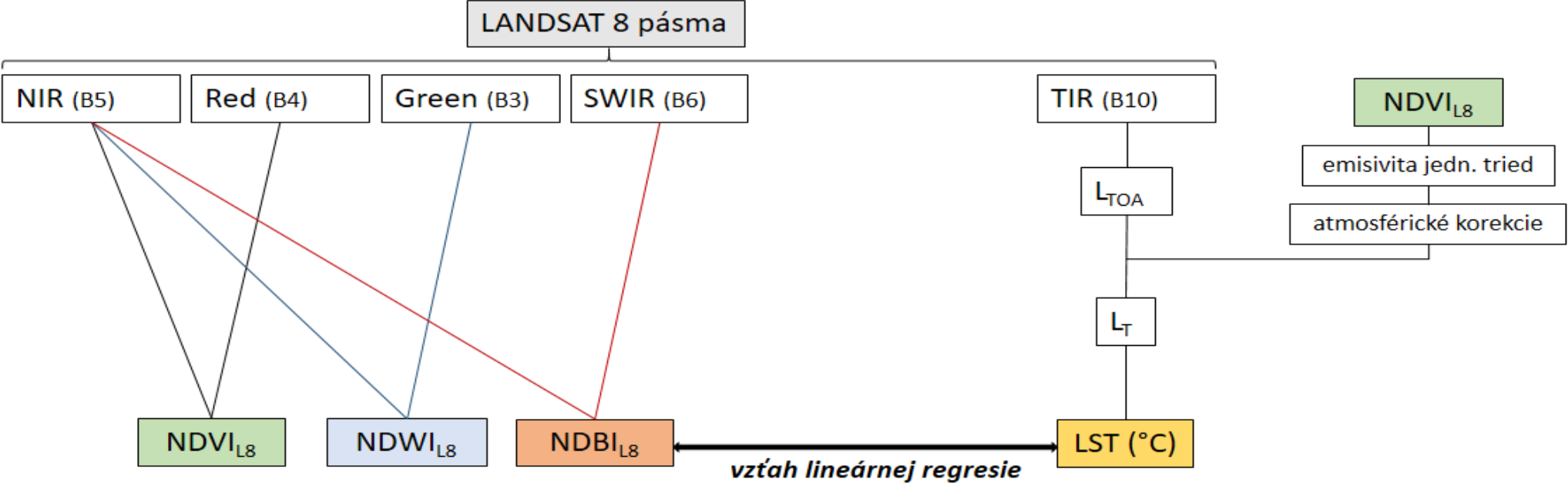


(Intercept)	ndvi	ndbi	ndwi
38.476	-12.929	2.416	-5.310

R-squared: 0.642

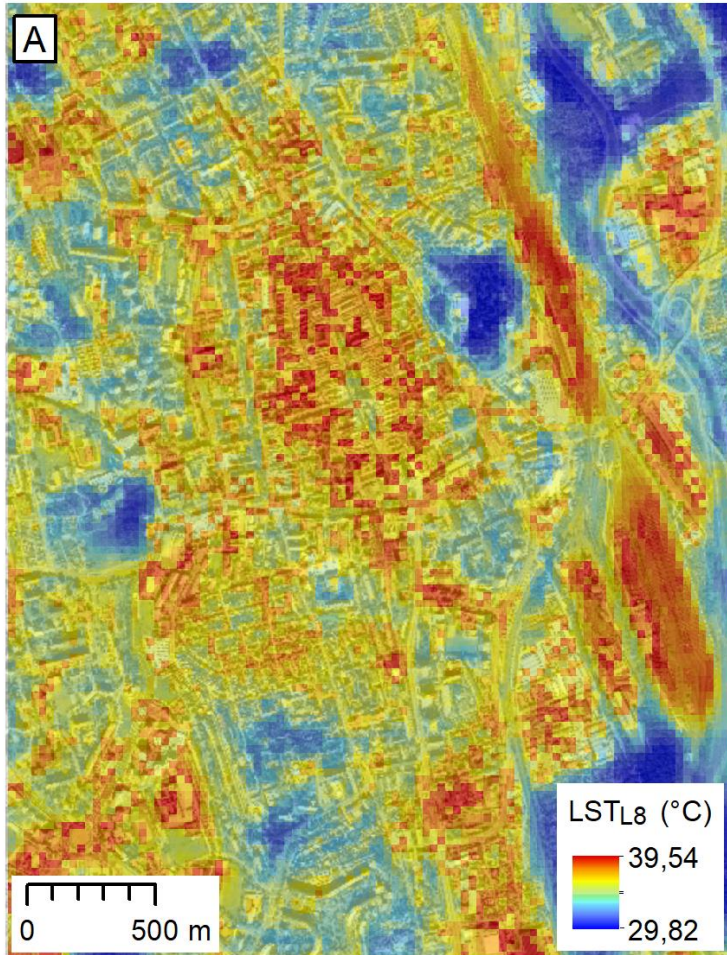
p= 2,2×10⁻¹⁶

Downscaling - proces



$$xNDVI_{S2} + yNDWI_{S2} + zNDBI_{S2} = LST (°C)_{S2}$$

Výpočet LST S2 použitím dat Sentinel 2



(Intercept)	ndvi	ndbi	ndwi
38.476	-12.929	2.416	-5.310

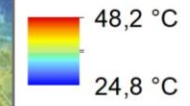


$$LST_{S2} = 38.476 - 12.929 * NDVI_{S2} + 2.416 * NDBI_{S2} - 5.310 NDWI_{S2}$$

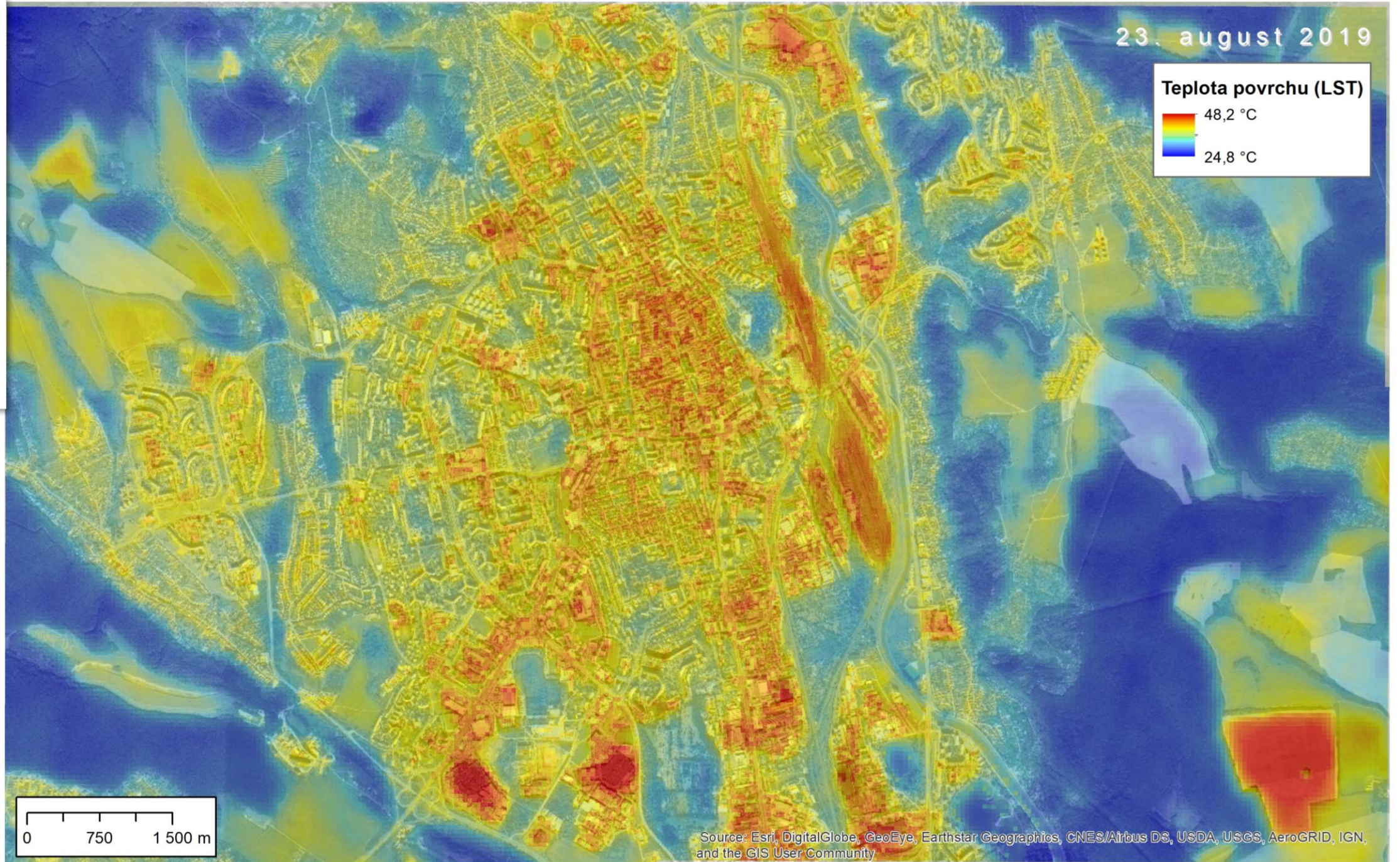
Landsat 8 – 30 m rozlíšenie

23. august 2019

Teplota povrchu (LST)



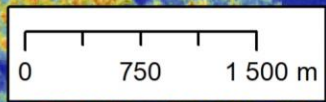
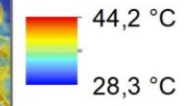
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



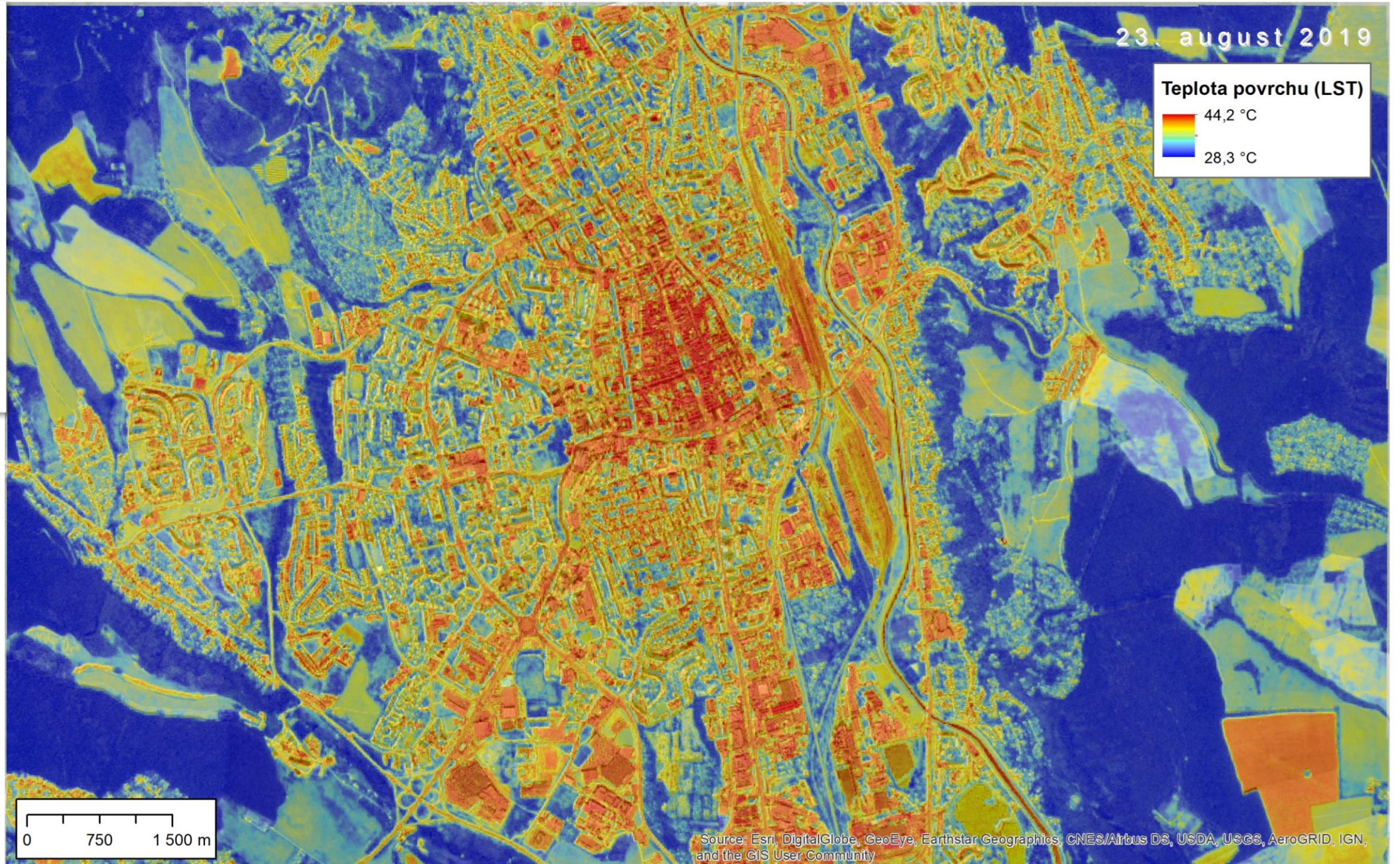
Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie

23. august 2019

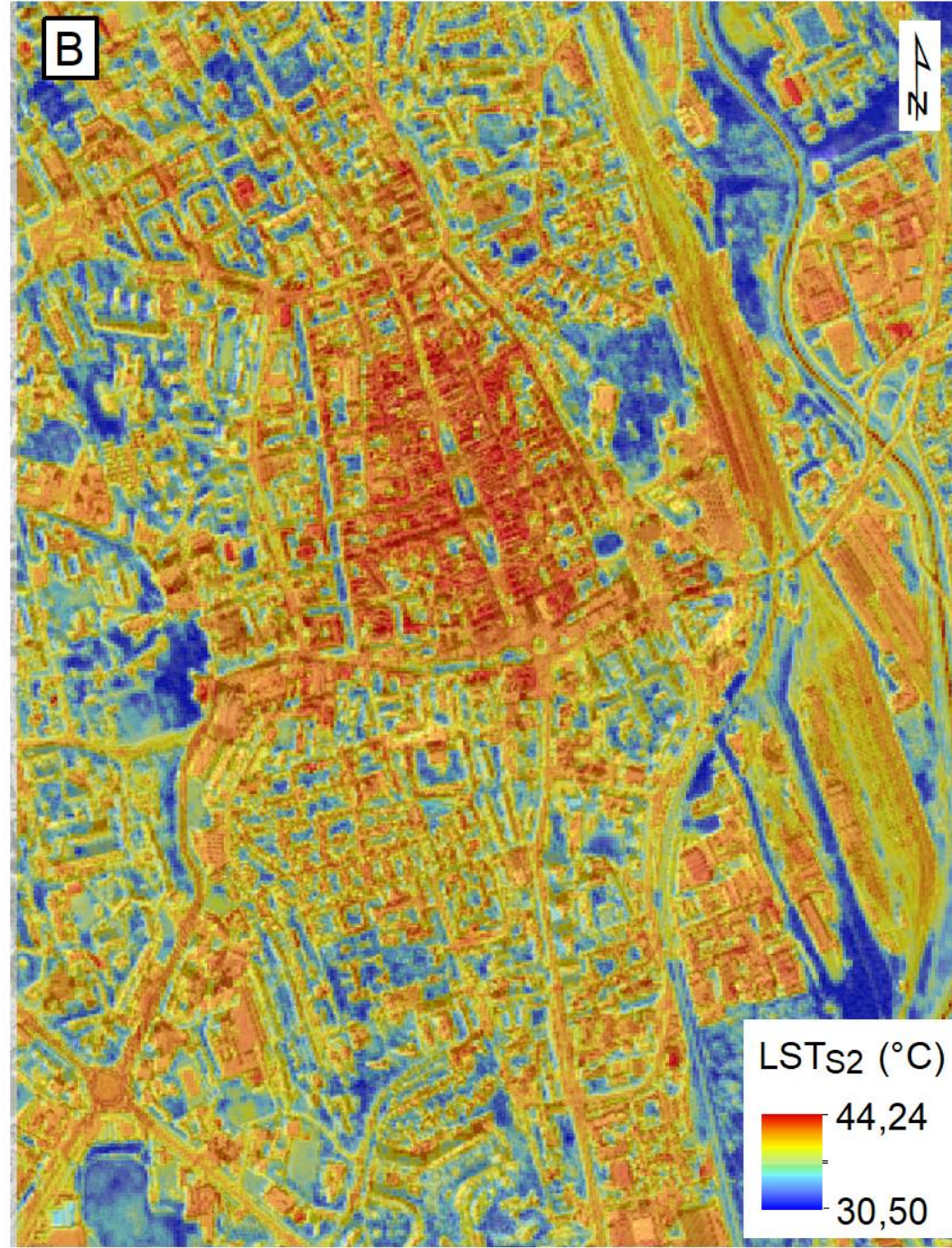
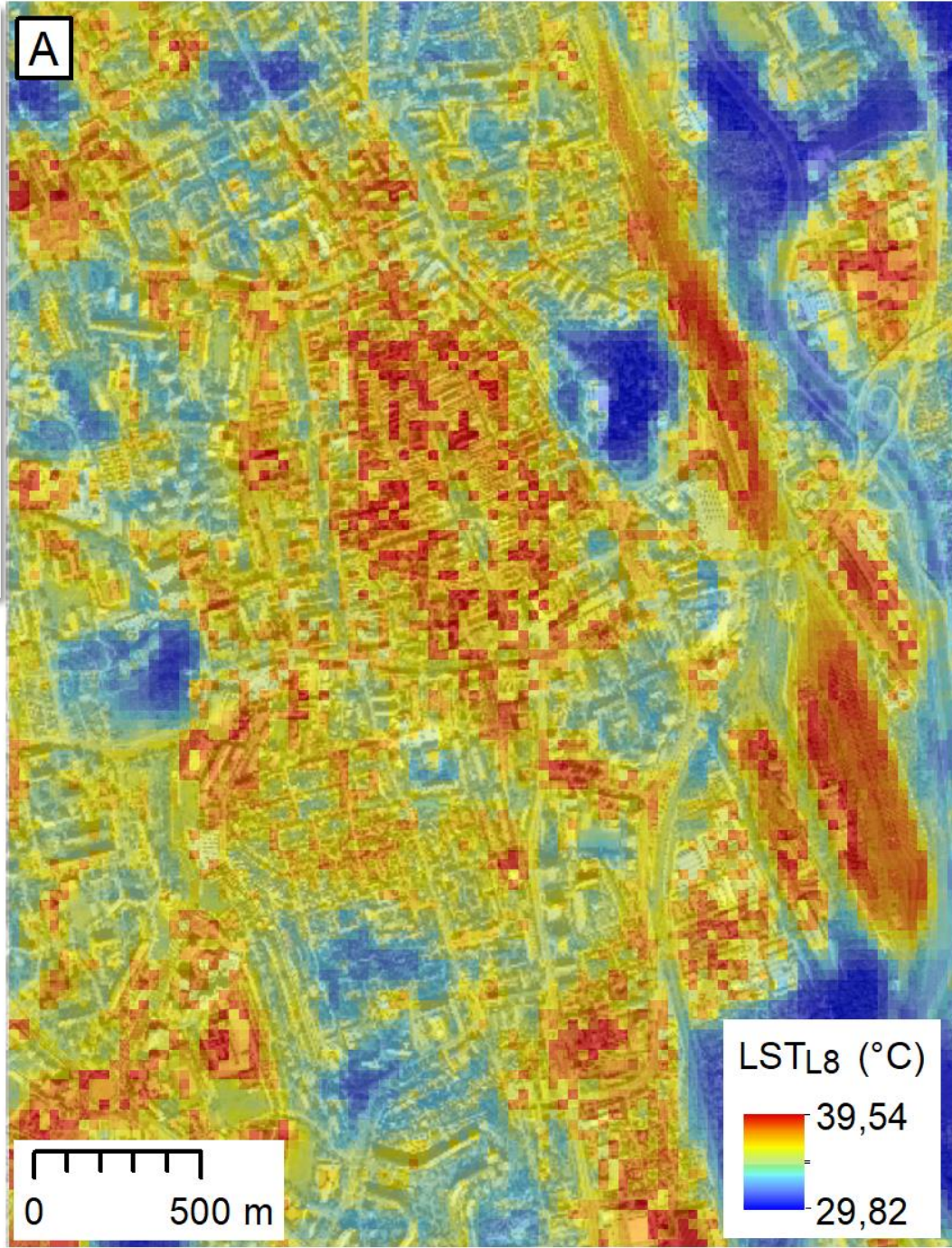
Teplota povrchu (LST)



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

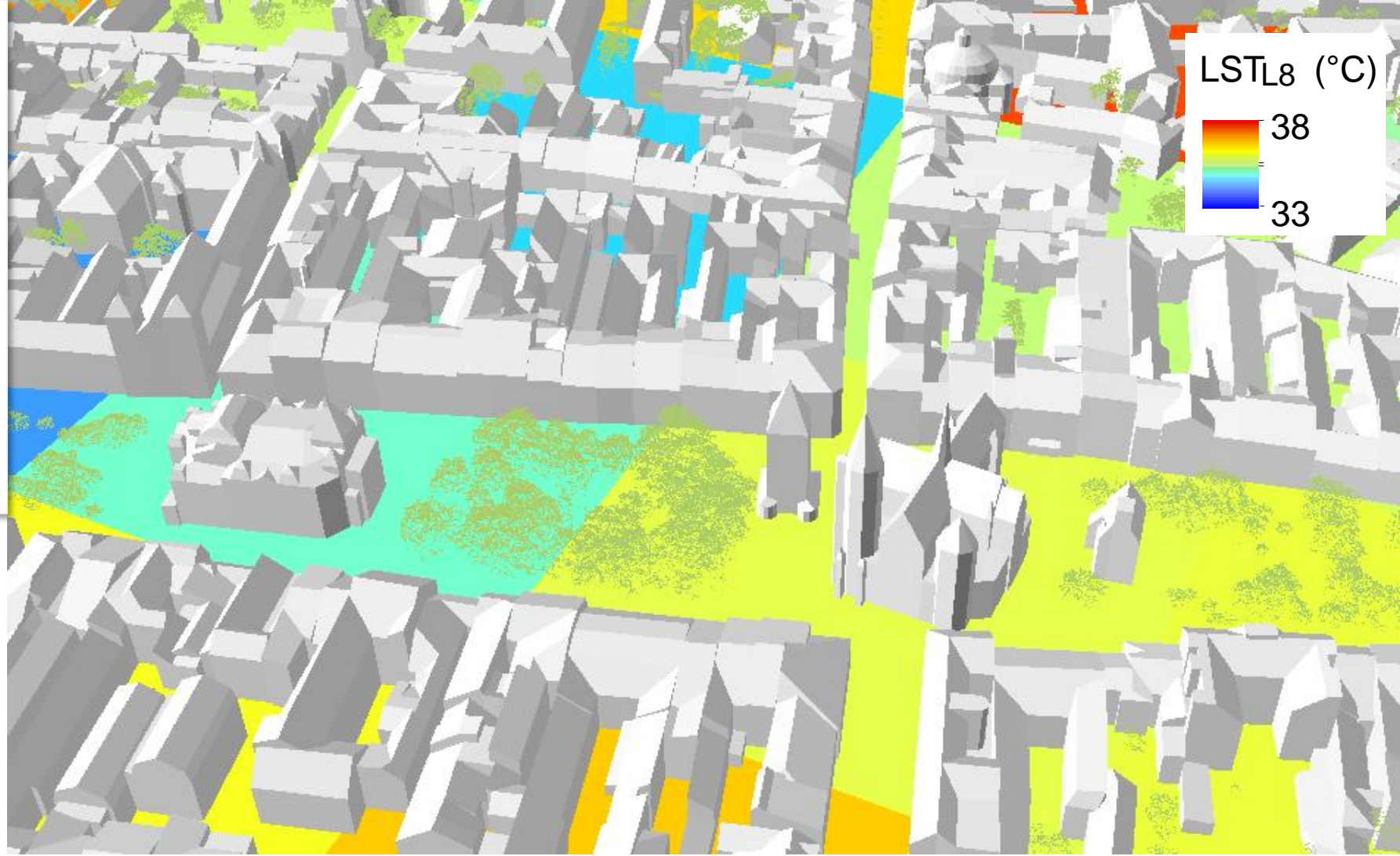


Landsat 8 – 30 m rozlíšenie

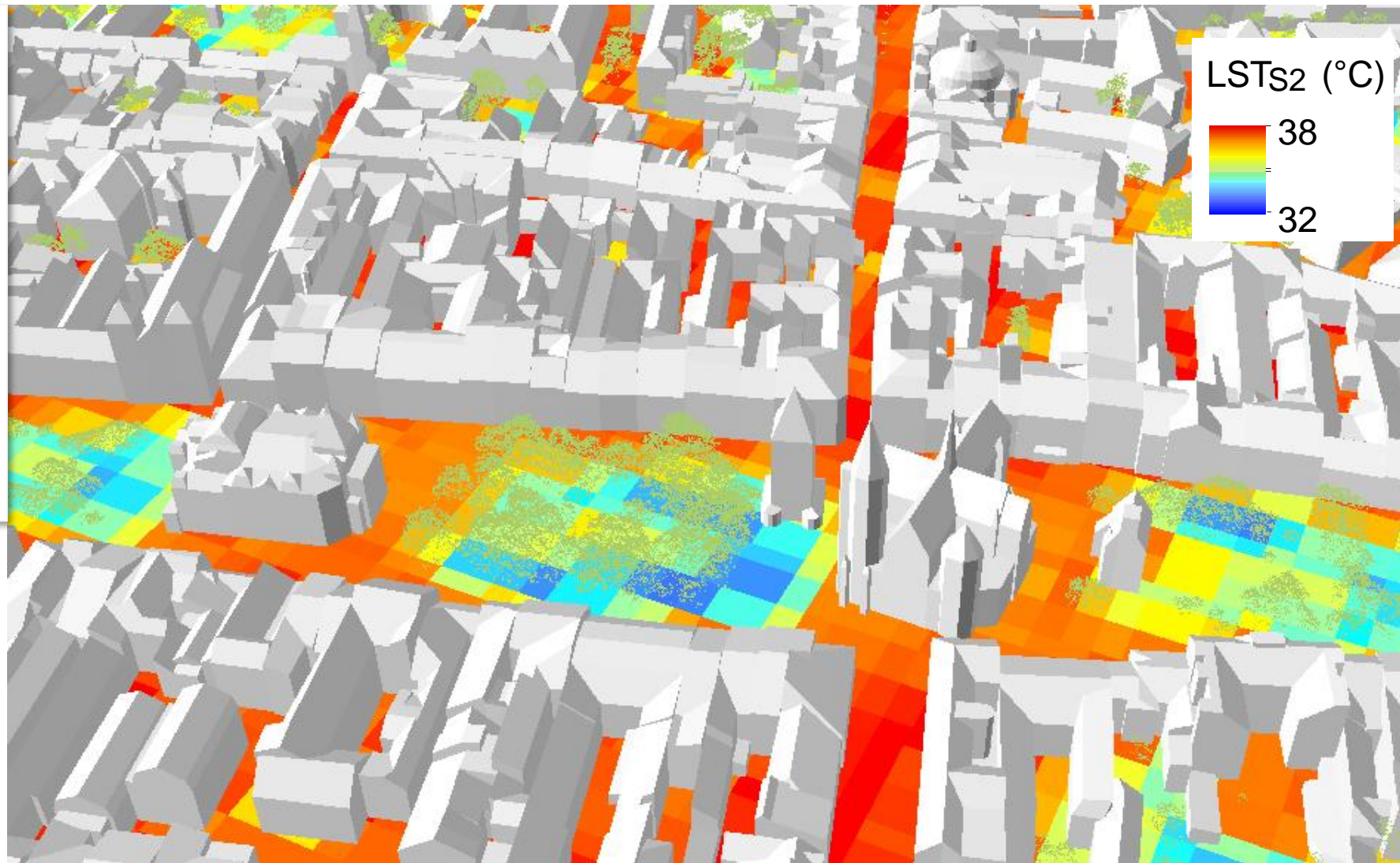


Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie

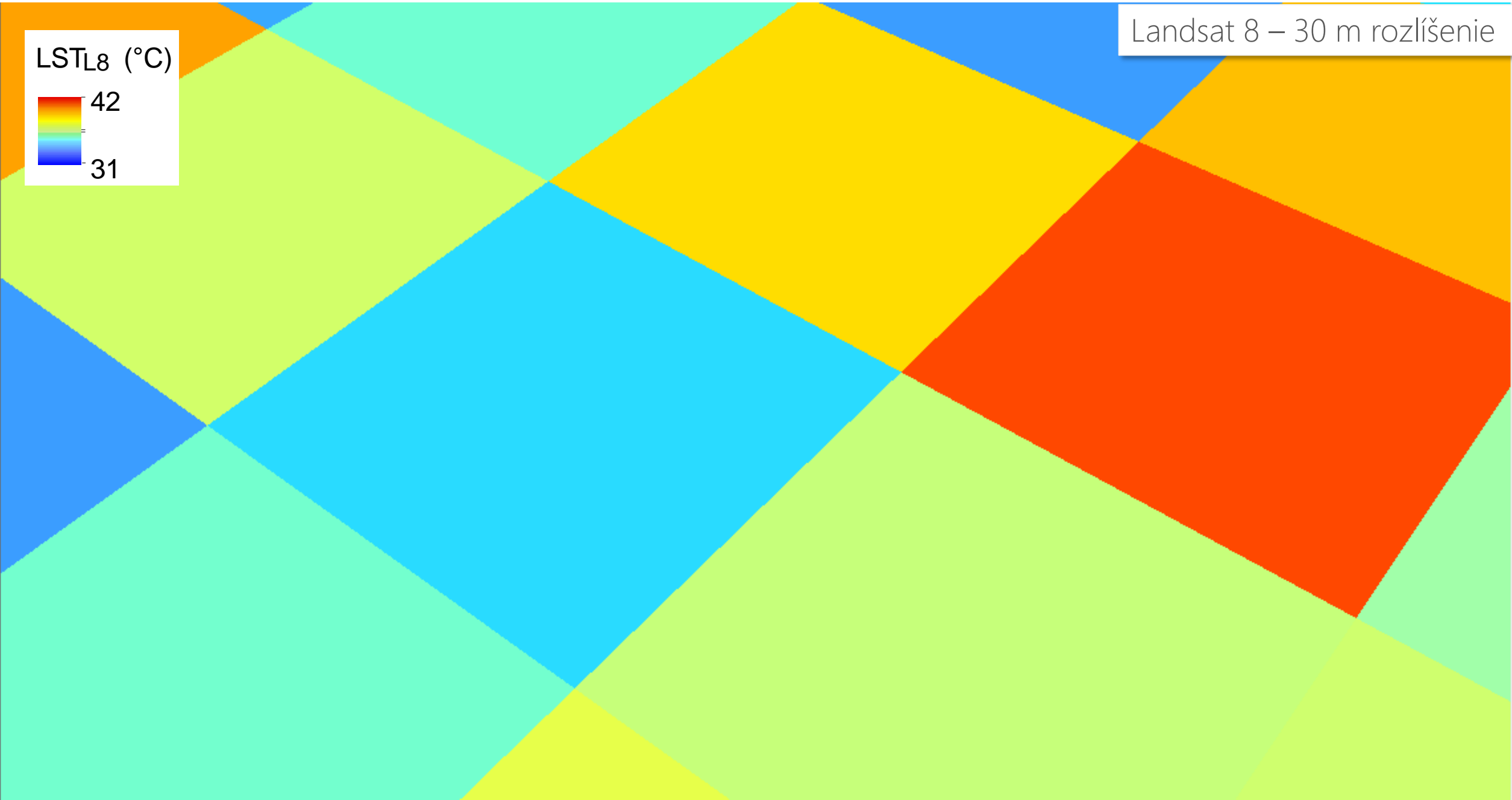
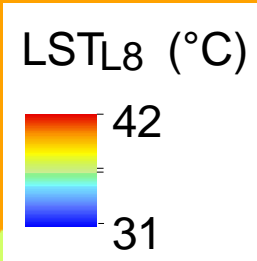
Landsat 8 – 30 m rozlíšenie

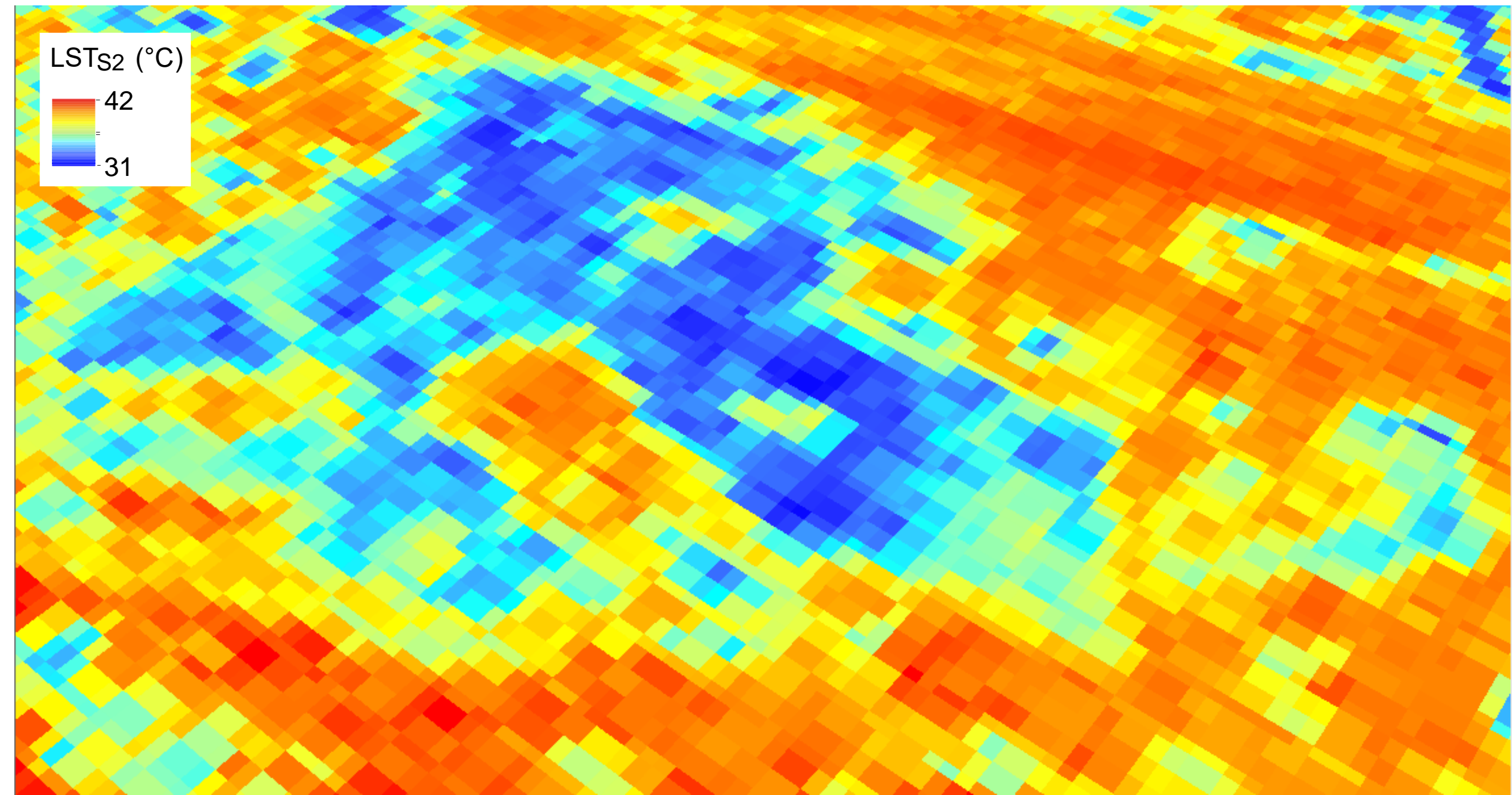
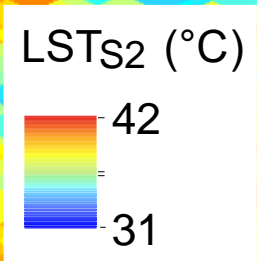


Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie

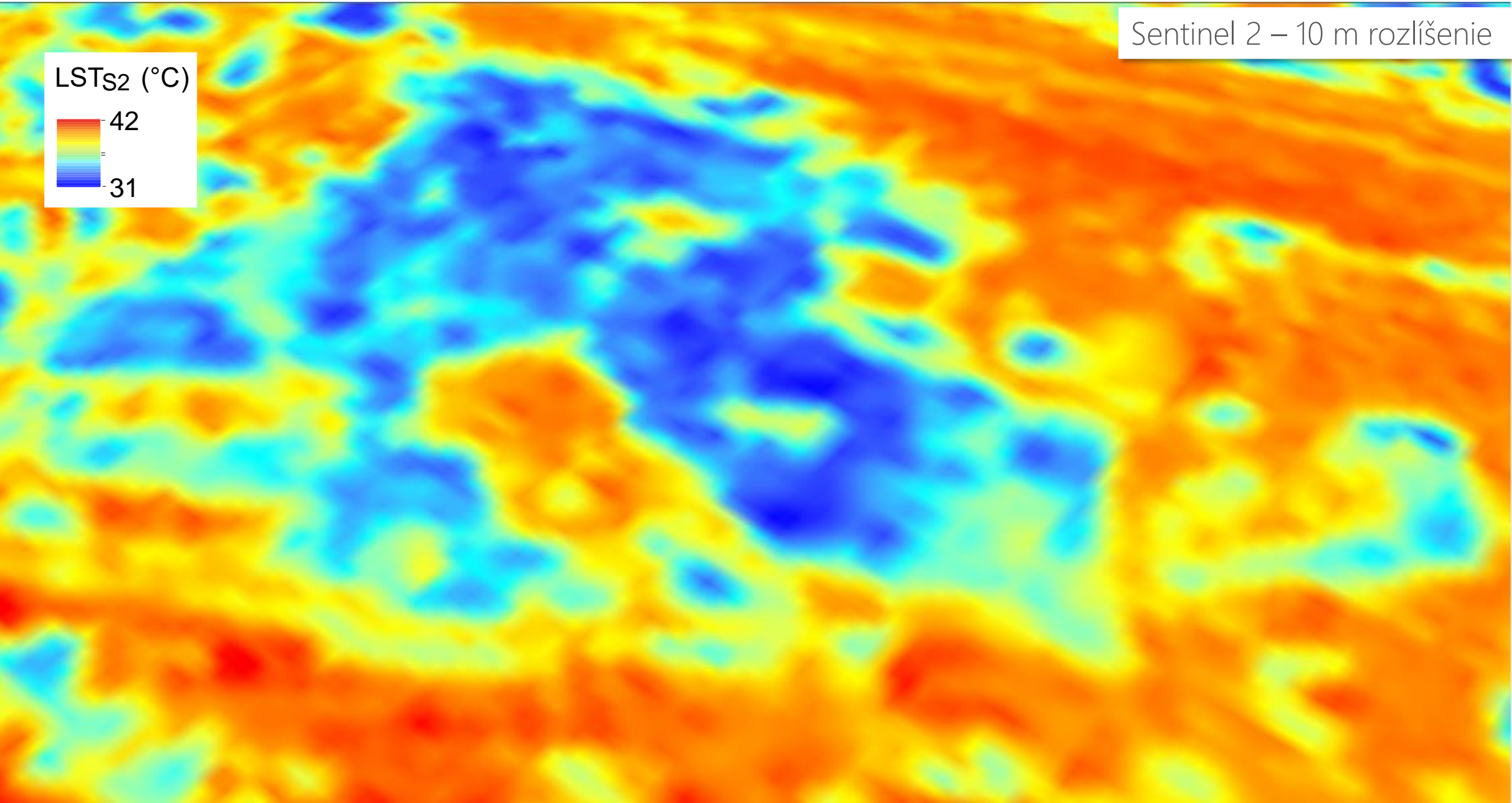
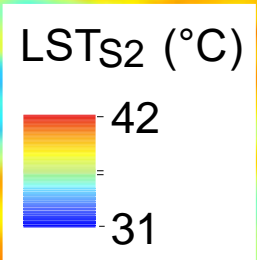


Landsat 8 – 30 m rozlíšenie

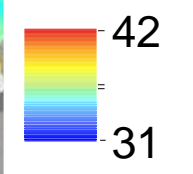




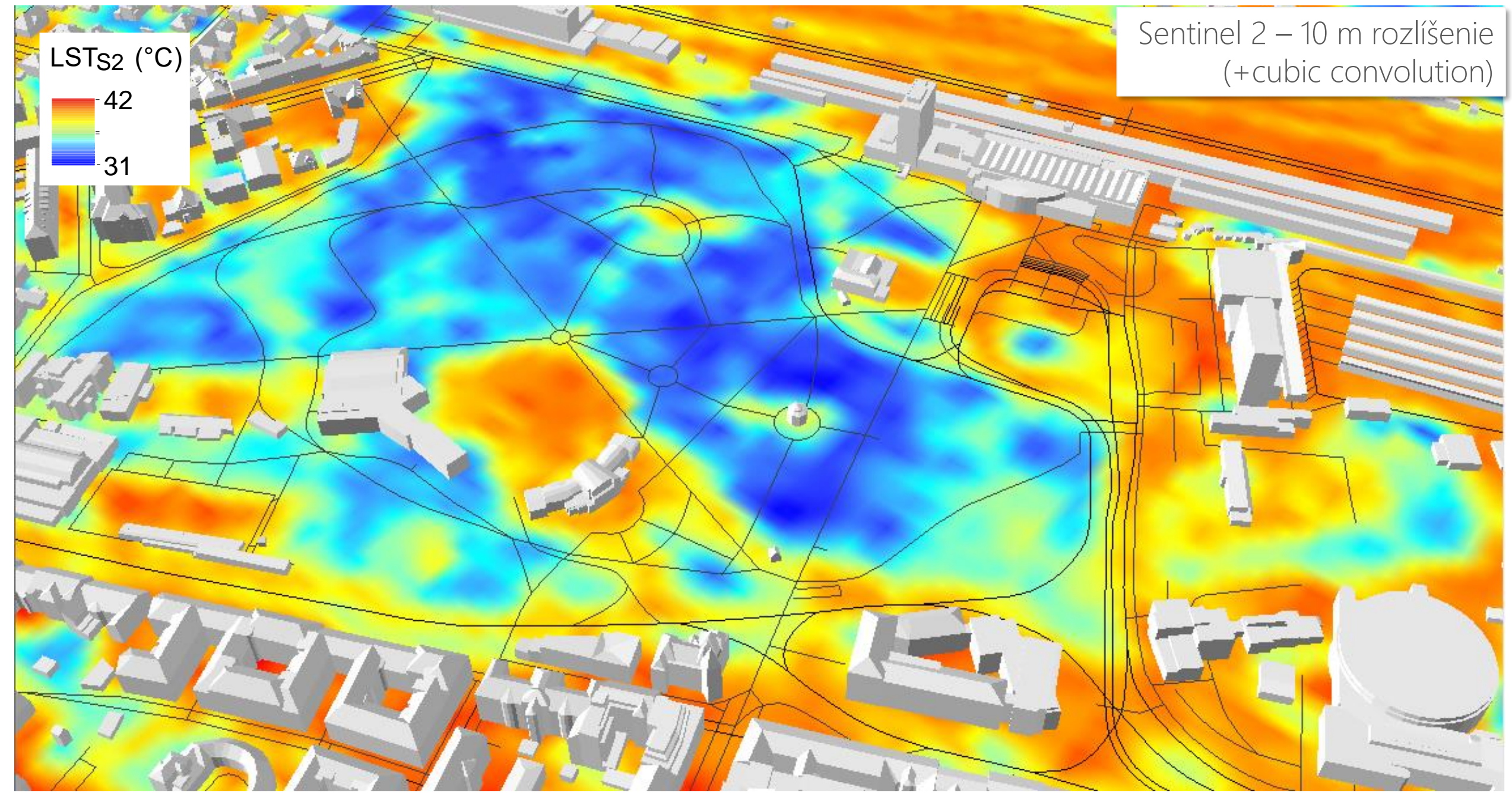
Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie



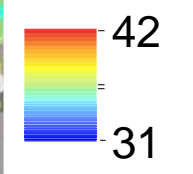
LSTs2 (°C)



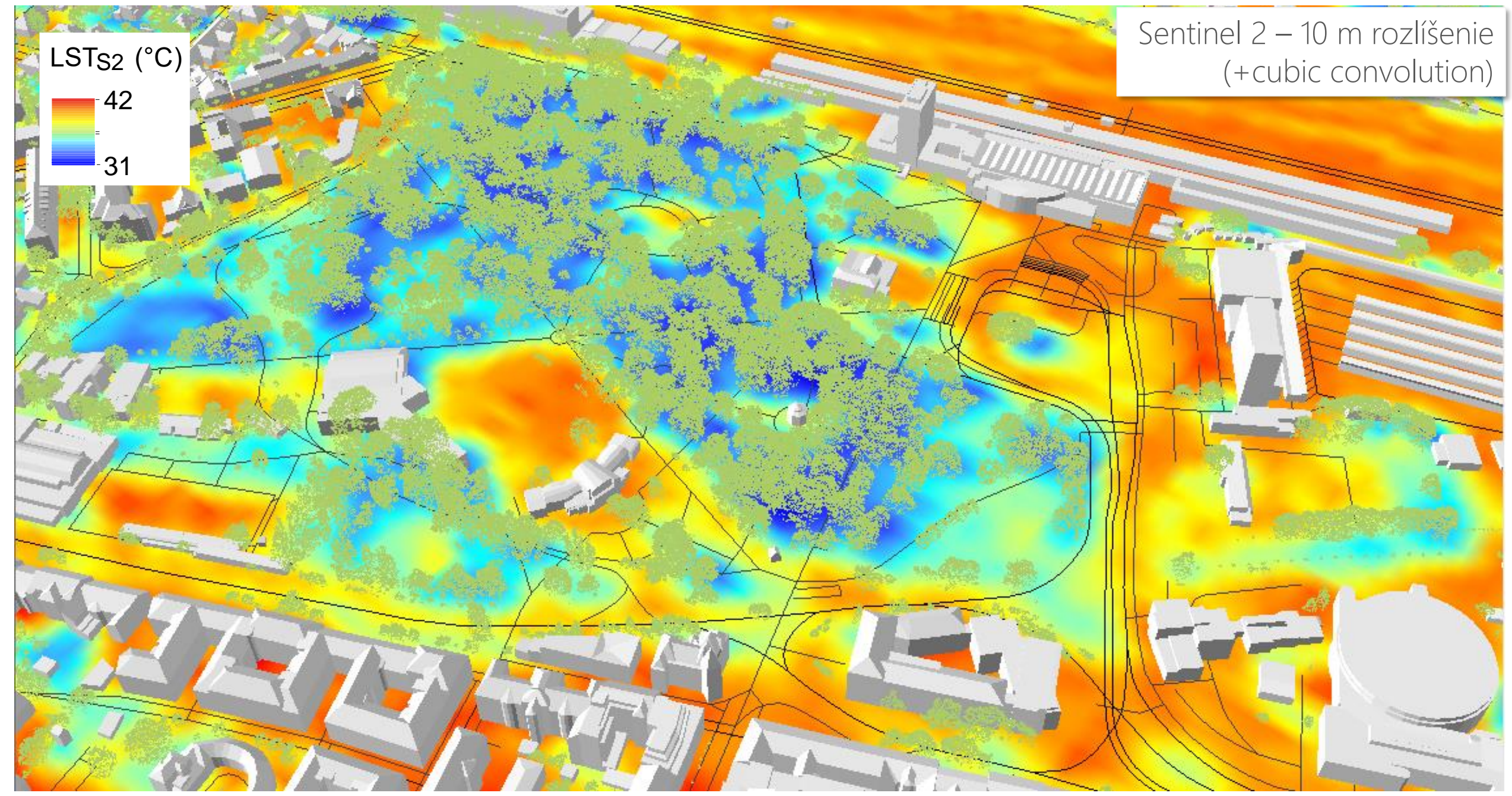
Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie
(+cubic convolution)



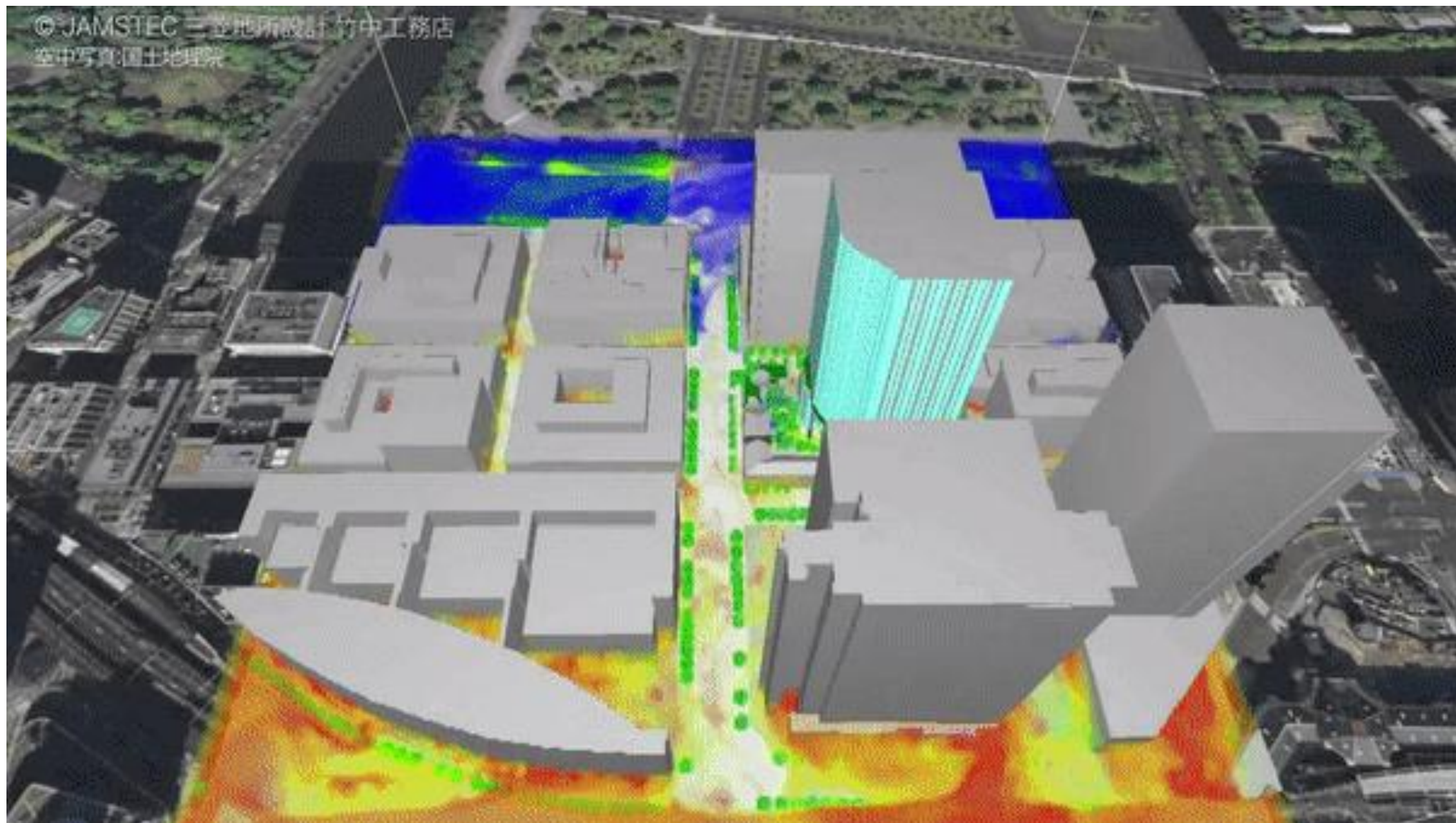
LSTs2 (°C)



Sentinel 2 – 10 m rozlíšenie
(+cubic convolution)



© JAMSTEC 三豊地所設計 竹中工務店
空中写真:国土地理院





Záver

1

Stav výskumu v mapovaní mestského tepelného ostrova

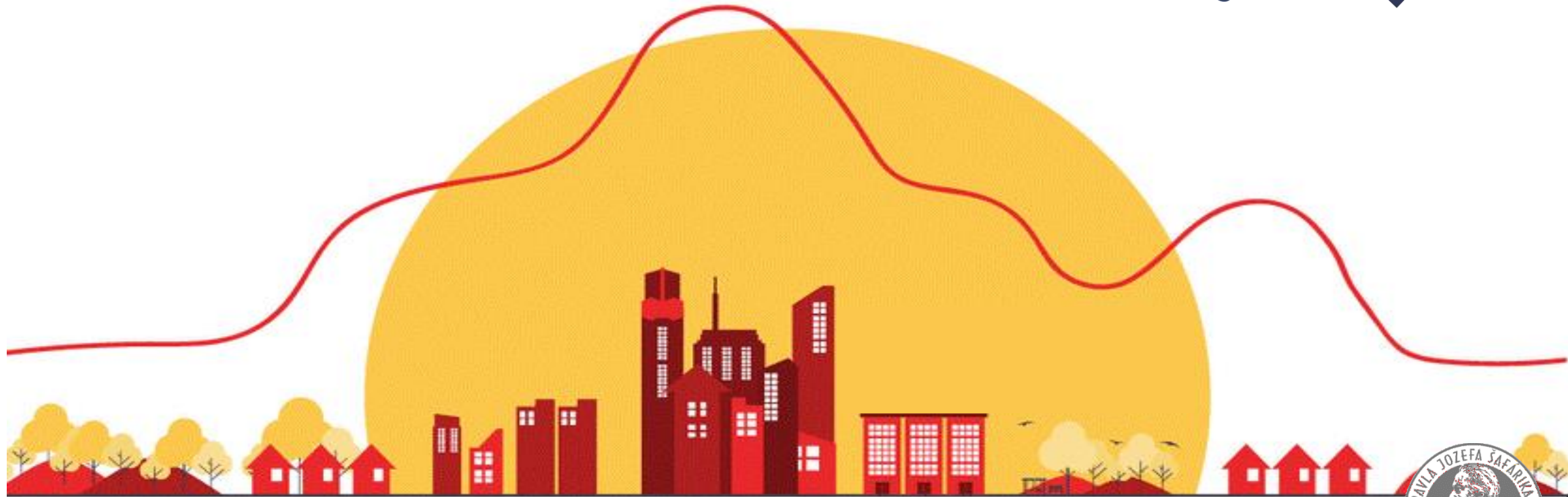
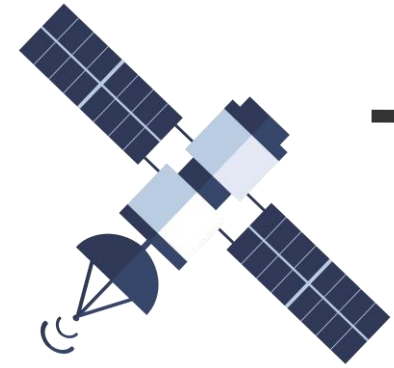
2

Zvyšujúca sa dostupnosť geopriestorových dát vysokého rozlíšenia a modelovacích prístupov poskytuje možnosti alternatívnych postupov výpočtu teploty povrchu v urbánnych oblastiach

3

Nájdenny vzťah medzi metrikami krajinej pokrývky - aplikovaný pre odvodenie teploty povrchu vo vyššom priestorovom rozlíšení (10 m) využitím satelitných dát zo satelitov Landsat 8 a Sentinel 2

Ďakujem za pozornosť



geografia.science.upjs.sk
ug@upjs.sk

Mgr. Katarína Onáčillová
katarina.onacillova@upjs.sk

