

Změna klimatu pro Českou republiku podle Euro-CORDEX simulací

Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček, Aleš Farda,
Petr Skalák, Miroslav Trnka, Jan Meitner, Kamil Rajdl

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno



Klimatické modely

- Euro-CORDEX simulace
- 10 rozdílných RCM a 13 řídících GCM modelů
- Rozlišení 0.44° a 0.11°
- RCP 4.5, RCP 8.5 i RCP 2.6



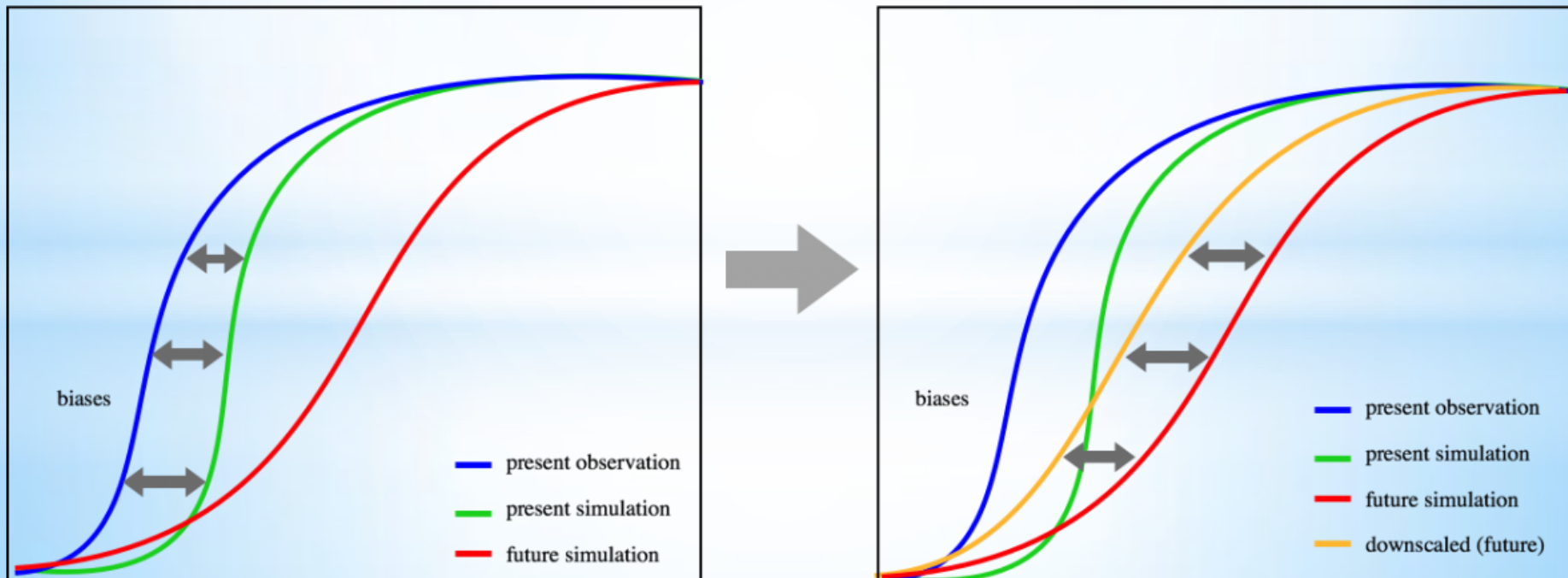
Klimatické modely

Vybráno 11 simulací: kombinace 5 řídicích GCM a 5 RCM, rozlišení 0.11°

RCM	Driving GCM	GCM ensemble member	Scenarios
ALADIN53	CNRM-CM5	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
CCLM4-8-17	CNRM-CM5	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
	EC-EARTH	r12i1p1	RCP4.5, RCP8.5
	MPI-ESM-LR	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
HIRHAM5	EC-EARTH	r3i1p1	RCP4.5, RCP8.5
RACMO22E	EC-EARTH	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
RCA4	CNRM-CM5	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
	EC-EARTH	r12i1p1	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
	HadGEM2-ES	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
	IPSL-CM5A-MR	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5
	MPI-ESM-LR	r1i1p1	RCP4.5, RCP8.5

Korekce klimatických modelů

- Klimatické modely obsahují BIAS a pro impaktové studie je lepší je korigovat
- Vlastní metoda korekce DAP-vychází z „quantile matching“ jak byla popsána Deque (2007)
- Korekce přímo do bodů stanic

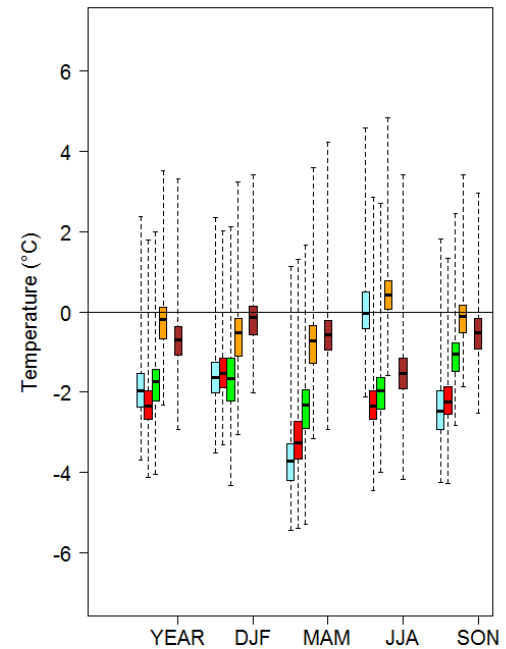
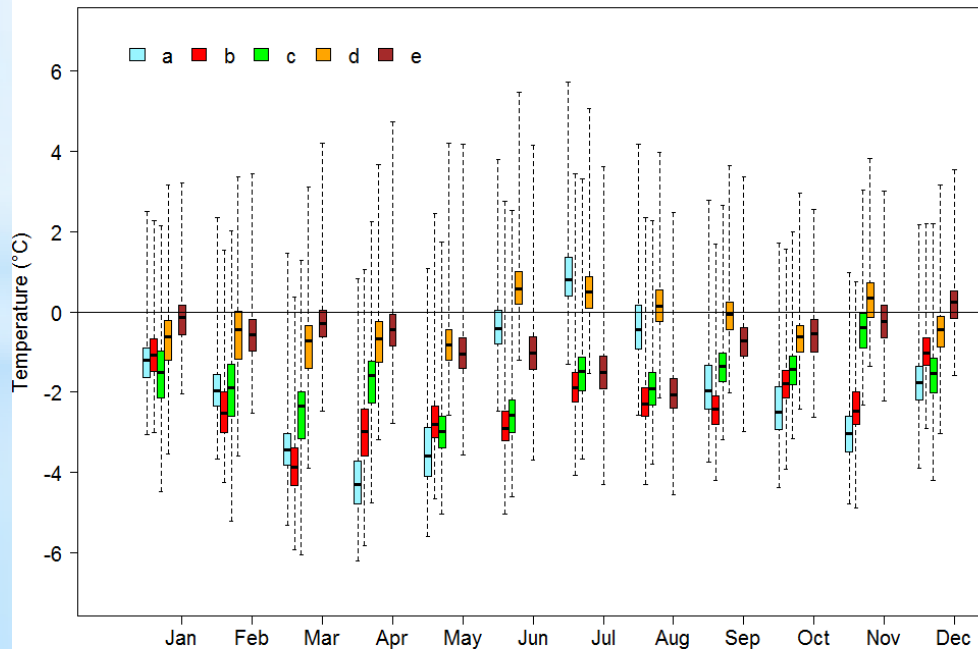


Korekce - teplota vzduchu

- Většina z vybraných modelů podhodnocuje teploty vzduchu na území ČR ve všech výškových pásmech. Rozdíly jsou i více než -2 °C

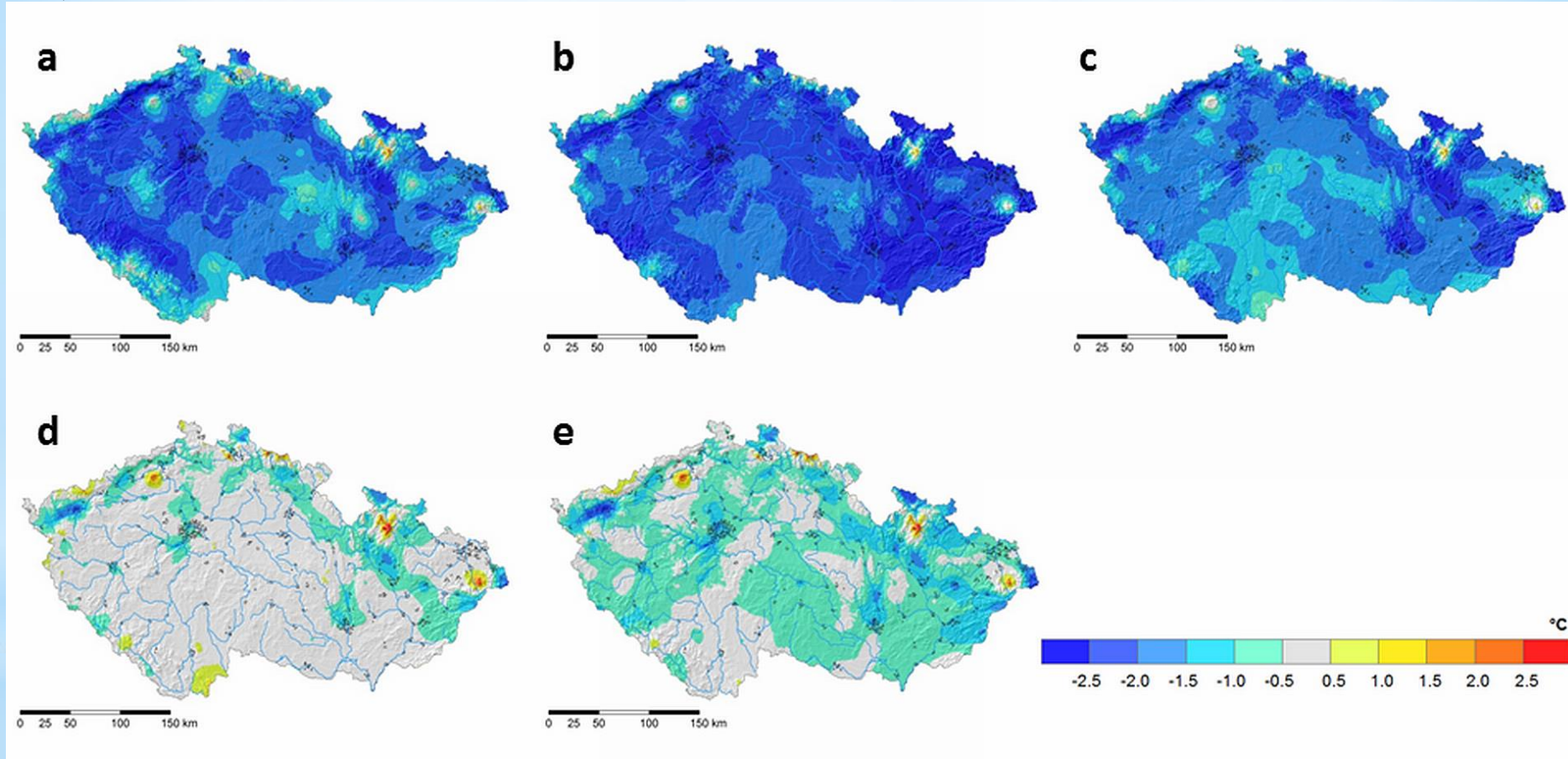
Altitude in m	CNRM-CM5 ALADIN	EC-EARTH RACMO	EC-EARTH RCA	HadGEM2-ES RCA	MPI-ESM-LR CCLM
0-300	-2	-2.46	-1.81	-0.3	-0.7
300-600	-1.92	-2.21	-1.76	-0.24	-0.66
600-900	-1.39	-1.92	-1.6	-0.06	-0.43
900-1200	-0.51	-1.42	-1.19	0.34	0.18
nad 1200	0.37	-0.4	-0.32	1.23	1.23
whole CZ	-1.83	-2.21	-1.74	-0.21	-0.62

Diference mezi nekorigovaným modelem a realitou: **a**: CNRM-CM5_ALADIN (1961-2005), **b**: EC-EARTH_RACMO (1961-2005), **c**: EC-EARTH_RCA (1970-2005), **d**: HadGEM2-ES_RCA (1970-2005), **e**: MPI-ESM-LR_CCLM (1961-2005)



Korekce - teplota vzduchu

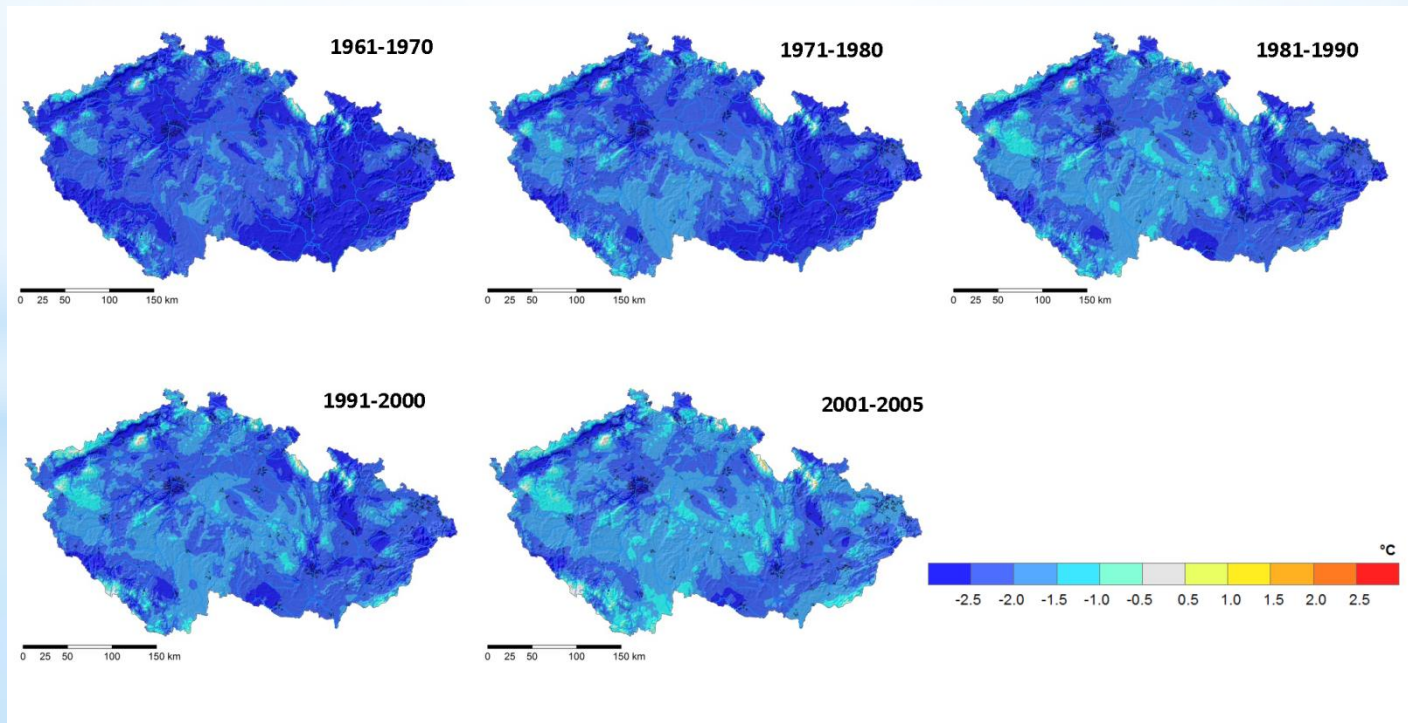
Diference mezi nekorigovaným modelem a realitou: *a: CNRM-CM5_ALADIN (1961-2005)*, *b: EC-EARTH_RACMO (1961-2005)*, *c: EC-EARTH_RCA (1970-2005)*, *d: HadGEM2-ES_RCA (1970-2005)*, *e: MPI-ESM-LR_CCLM (1961-2005)*



Korekce - teplota vzduchu

- Na příkladu EC-EARTH RACMO byla vyzkoušena stabilita biasu se změnou v čase.
- U modelů převládá vyšší trend než jsou skutečné hodnoty
- Bias je vyšší pro počátek shodného období

Decade	average	minimum	Maximum
1961-1970	-2.46	-4.18	0.38
1971-1980	-2.27	-4.11	0.66
1981-1990	-2.1	-3.89	0.84
1991-2000	-2.09	-3.8	0.97
2001-2005	-1.9	-3.69	1.28



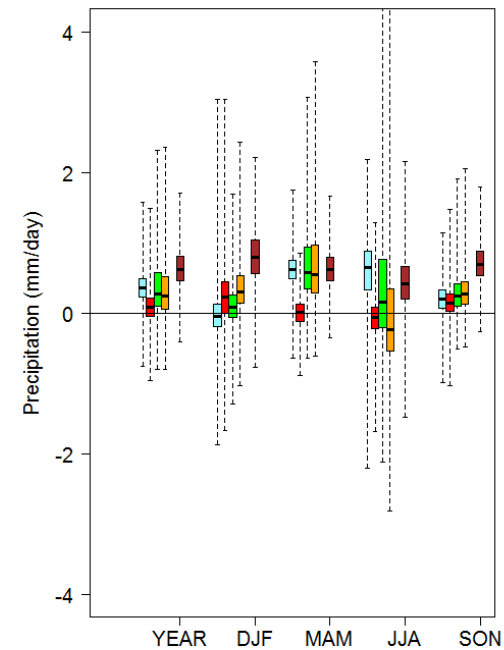
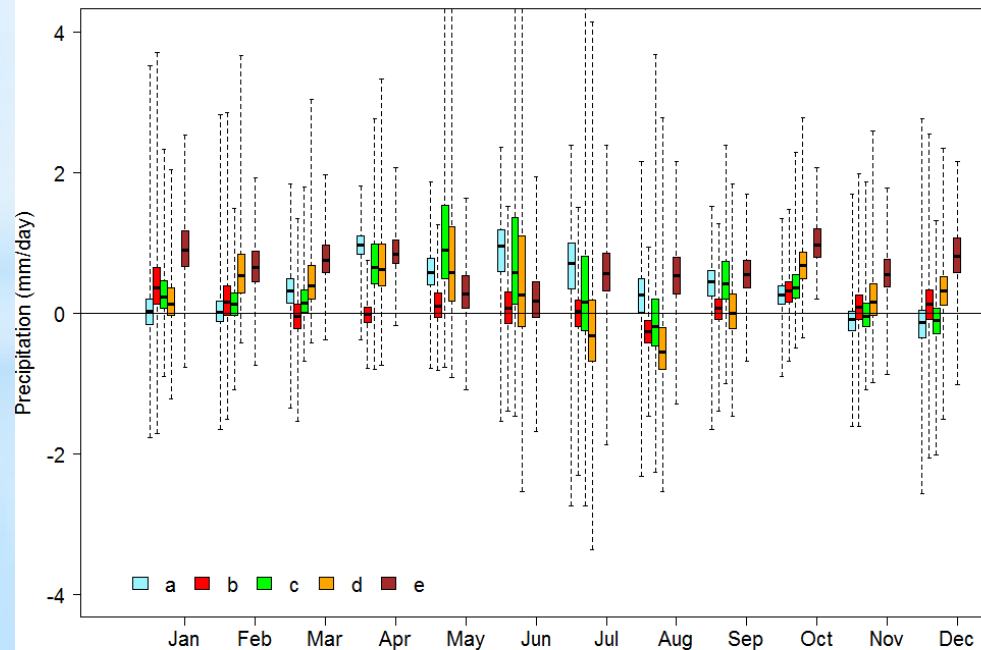
Korekce - srážky

- Většina z vybraných modelů nadhodnocuje srážky pro území ČR
- modely jsou obecně vlhčí (častěji prší)

jednotka: mm/den

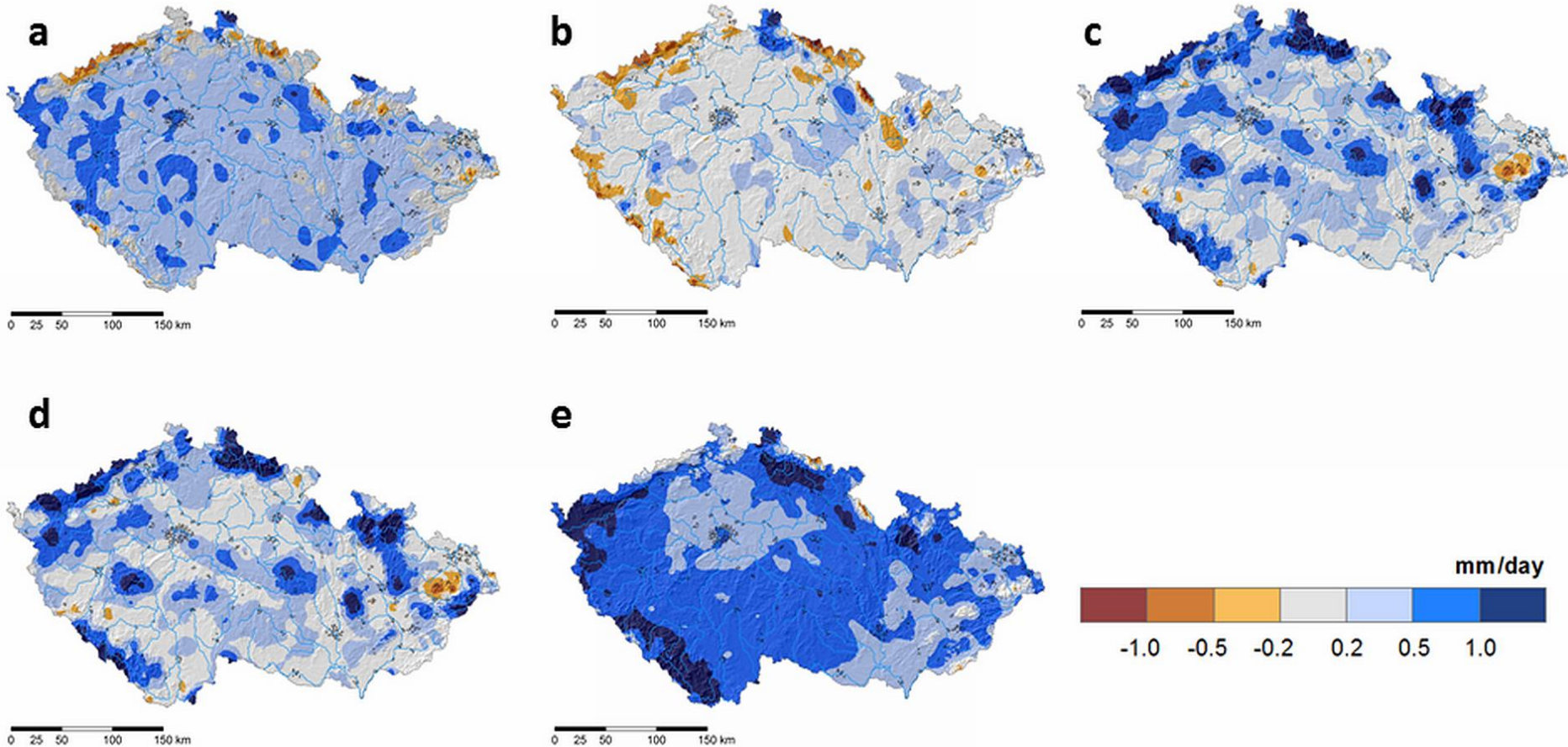
Altitude in m	CNRM-CM5 ALADIN	EC-EARTH RACMO	EC-EARTH RCA	HadGEM2-ES RCA	MPI-ESM-LR CCLM
0-300	0.41	0.11	0.18	0.12	0.51
300-600	0.36	0.07	0.33	0.29	0.68
600-900	0.22	-0.01	0.68	0.67	0.78
900-1200	0	-0.25	0.97	0.97	0.66
nad 1200	-0.1	-0.48	0.98	0.98	0.27
whole CZ	0.34	0.06	0.36	0.32	0.65

Diference mezi nekorigovaným modelem a realitou: **a**: CNRM-CM5_ALADIN (1961-2005), **b**: EC-EARTH_RACMO (1961-2005), **c**: EC-EARTH_RCA (1970-2005), **d**: HadGEM2-ES_RCA (1970-2005), **e**: MPI-ESM-LR_CCLM (1961-2005)



Korekce - srážky

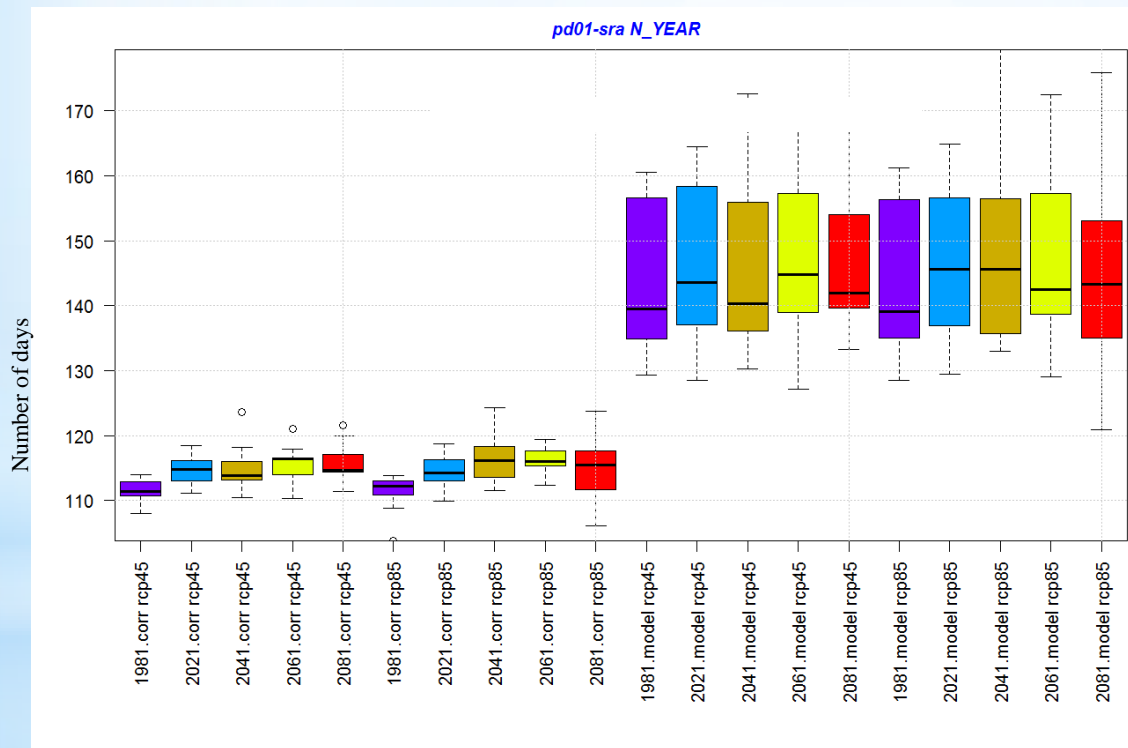
Diference mezi nekorigovaným modelem a realitou: *a: CNRM-CM5_ALADIN (1961-2005)*, *b: EC-EARTH_RACMO (1961-2005)*, *c: EC-EARTH_RCA (1970-2005)*, *d: HadGEM2-ES_RCA (1970-2005)*, *e: MPI-ESM-LR_CCLM (1961-2005)*



Jednotka: mm/den

Korekce - počty srážkových dnů

Boxplots pro všech 11 experimentů pro
Počet dní se srážkami 1.0 mm and vyššími



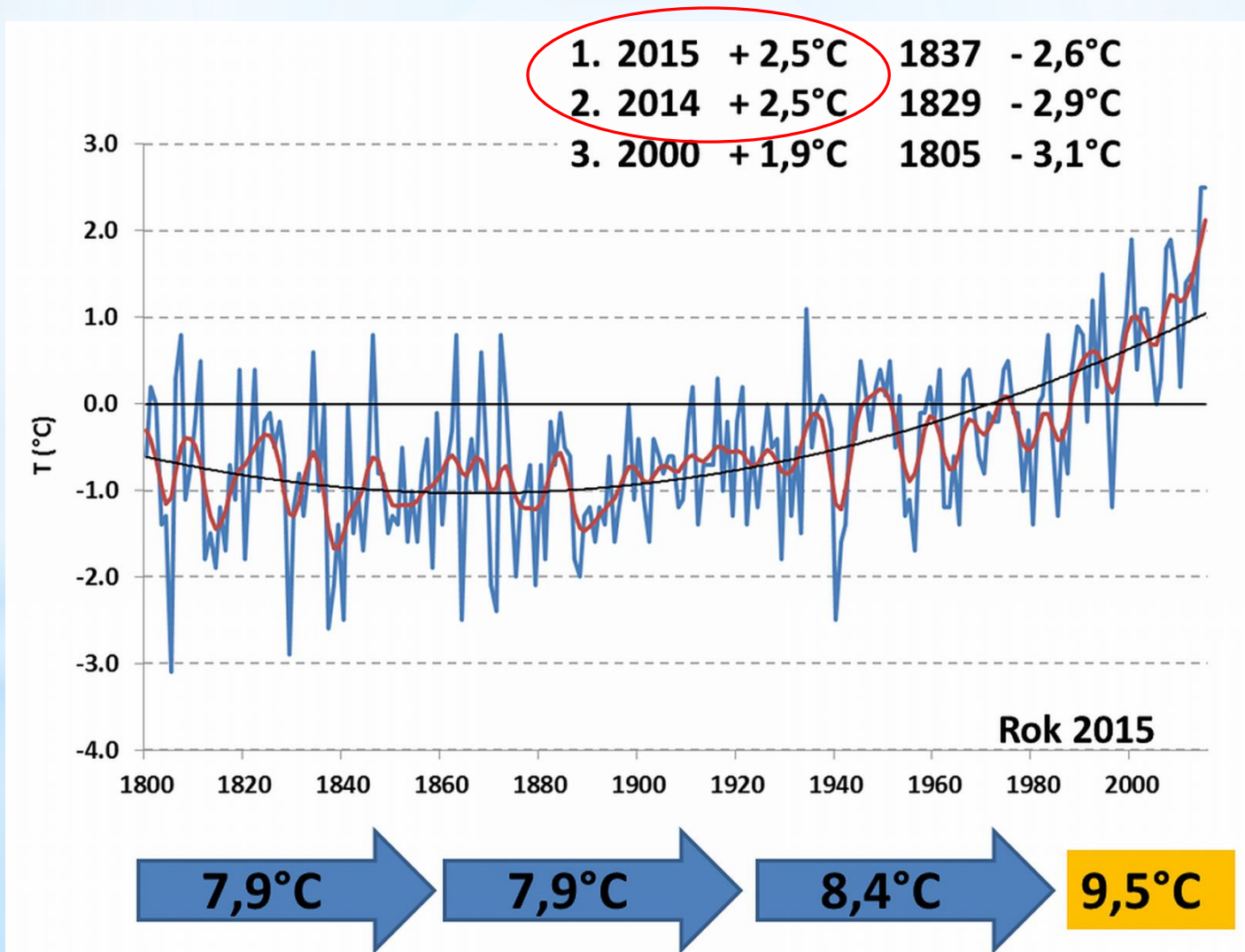
for 30 years (1981-2010)
and future 20 years periods
(beginning of the period is
given in the description)
and two scenarios RCP 4.5
and RCP 8.5

corr -bias corrected model
outputs,
model -original model
values),

Initially large differences among individual experiments become
more consistent after the bias correction.

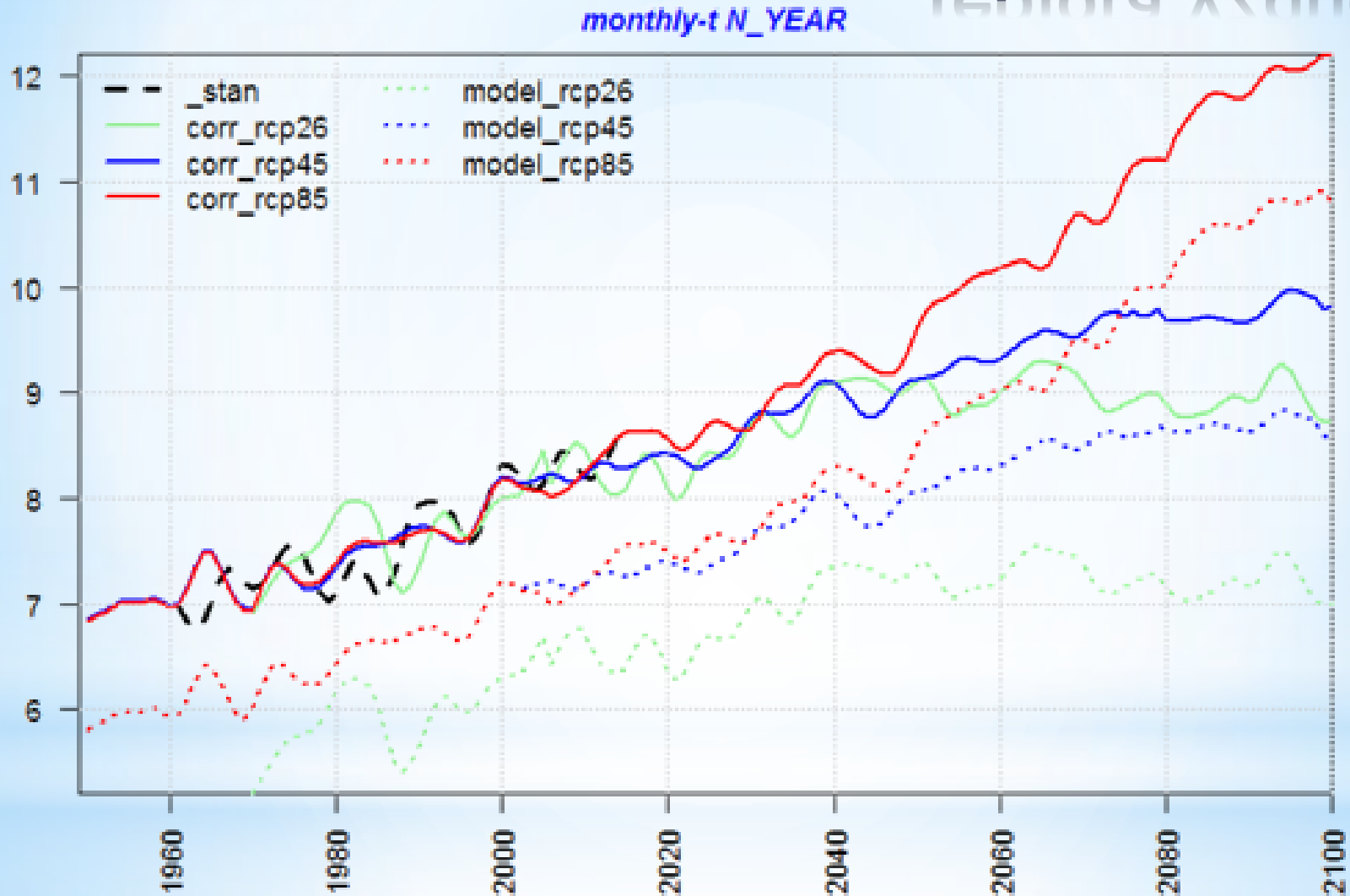
Výsledky - Teplota vzduchu

Klima České republiky je velice variabilní, ale je zde pozorovaný významný růst teplot vzduchu



Brázdil, R., Zahradníček, P., Pišoft, P., Štěpánek, P., Bělínová, M., Dobrovolný, P. (2012): Temperature and Precipitation fluctuations in the Czech Republic during the instrumental period. Theoretical and Applied Climatology. Volume 110, Issue 1-2, p. 17-34

Teplota vzduchu



Červená čára - emisní scénář RCP 8.5, modrá - RCP 4.5, zelená - RCP 2.6

Teplota vzduchu

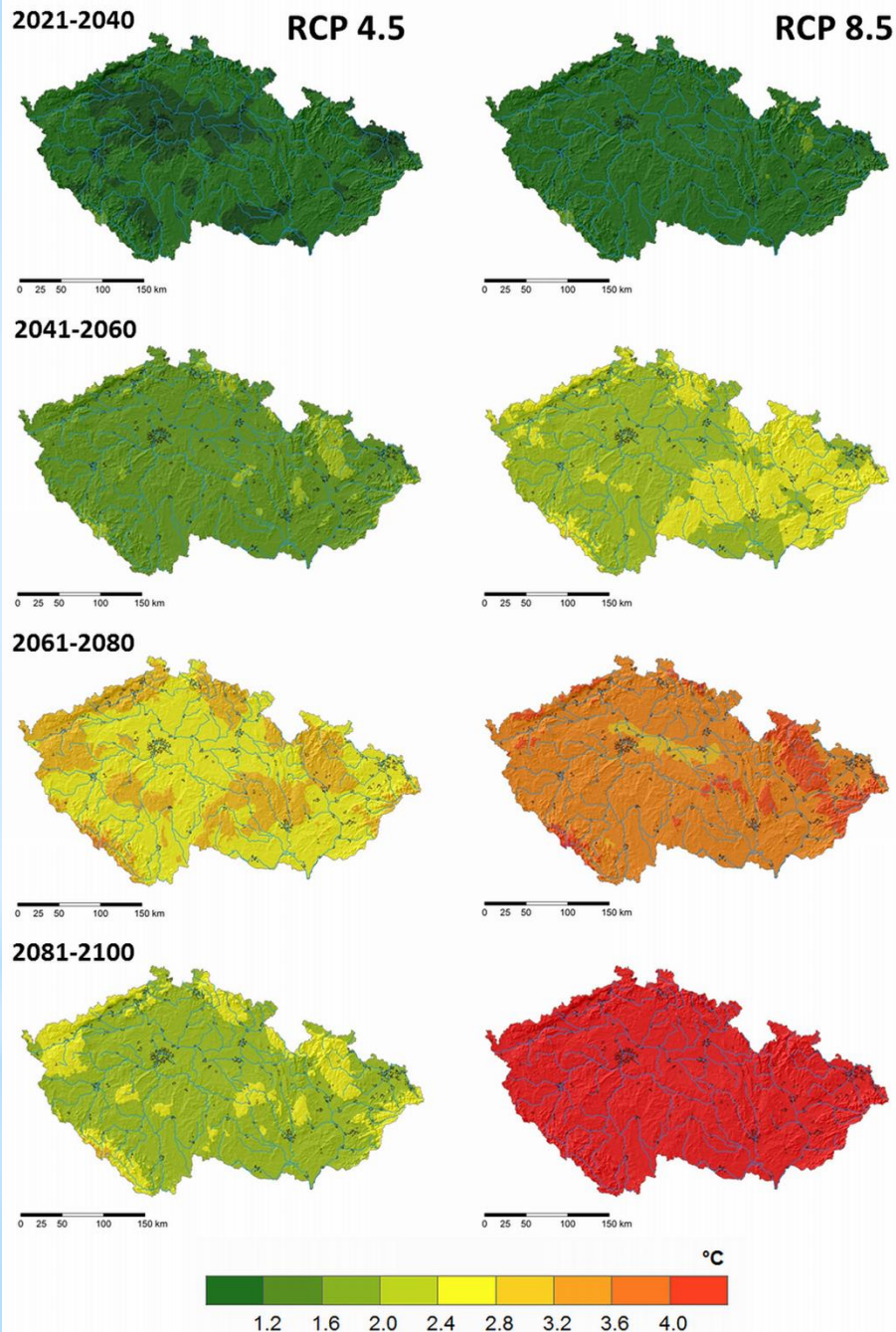
Změna teploty vzduchu
podle RCM MOHC HADGEM

RCP 4.5: emisní scénář
realistický, stabilizace
koncentrací CO₂

RCP 8.5: emisní scénář
alarmistický, vysoké
emise CO₂

Nárůst teplot vzduchu oproti
období 1981-2010:

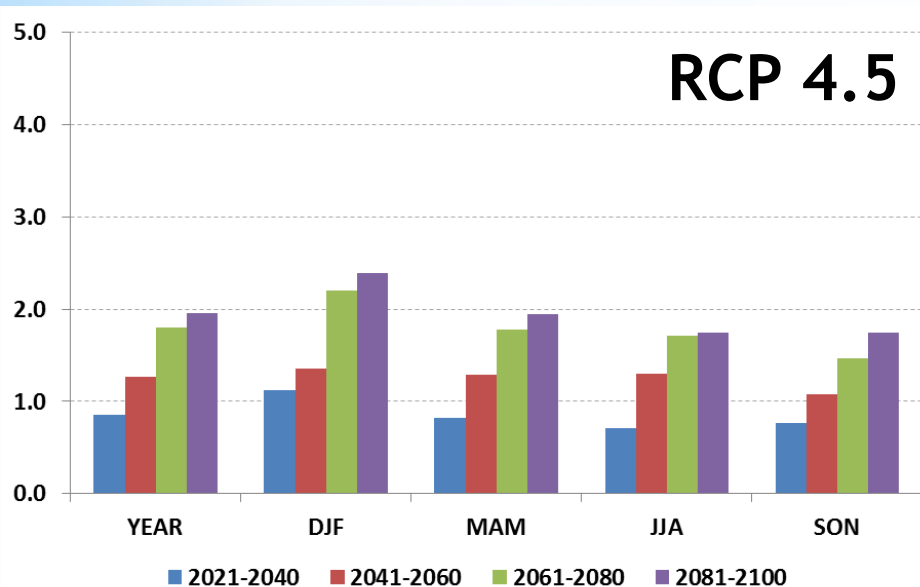
2021-2040: +1,24 do +1,43 °C
2041-2060: +1,43 do +2,36 °C
2081-2100: +2,30 do +5,01 °C



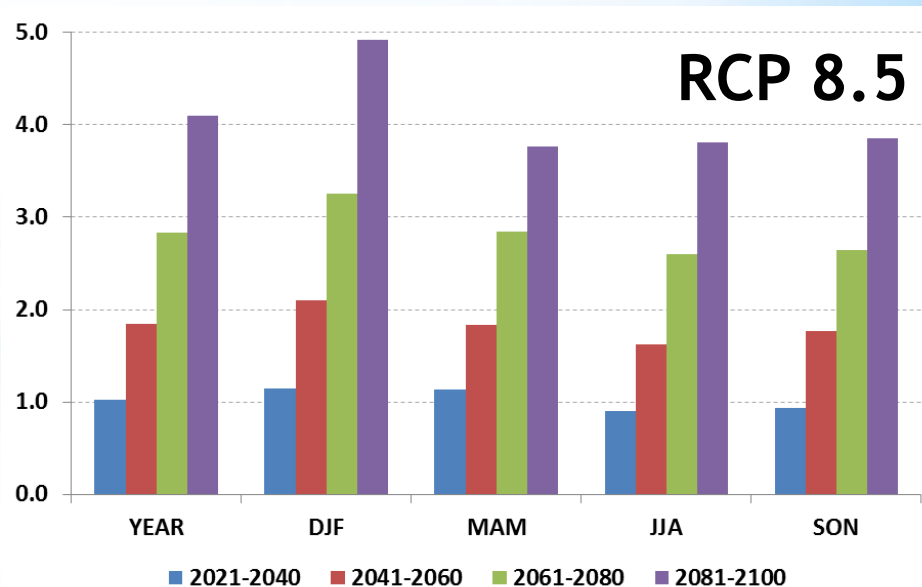
Teplota vzduchu - sezony

Emission scenario	Period	YEAR	DJF	MAM	JJA	SON
rcp45	2021-2040	0.9	1.1	0.8	0.7	0.8
rcp45	2041-2060	1.3	1.4	1.3	1.3	1.1
rcp45	2061-2080	1.8	2.2	1.8	1.7	1.5
rcp45	2081-2100	2.0	2.4	1.9	1.7	1.7
rcp85	2021-2040	1.0	1.1	1.1	0.9	0.9
rcp85	2041-2060	1.8	2.1	1.8	1.6	1.8
rcp85	2061-2080	2.8	3.3	2.8	2.6	2.6
rcp85	2081-2100	4.1	4.9	3.8	3.8	3.9

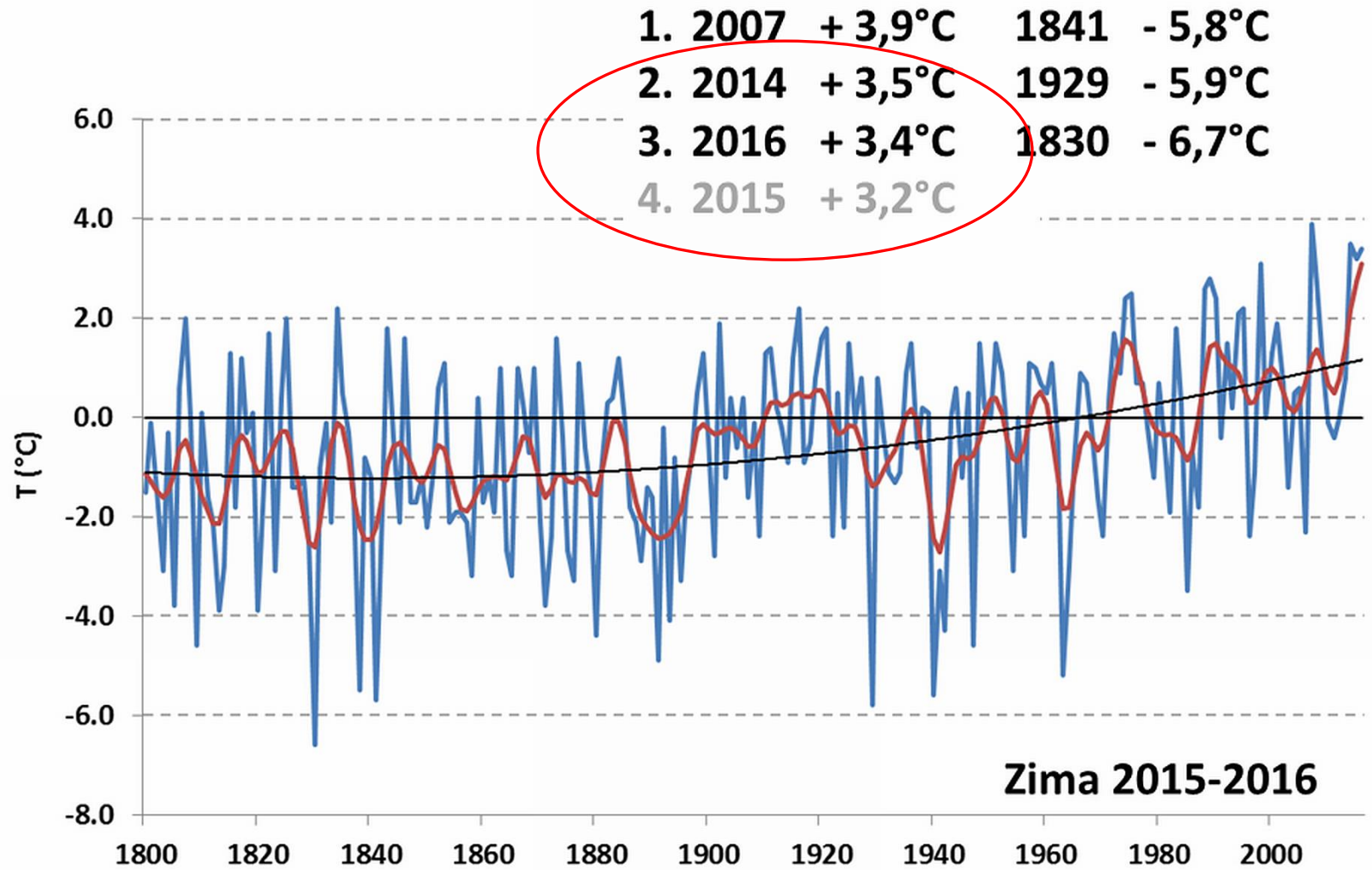
+1.5 +1.8 +1.5 +1.4 +1.3



+2.4 +2.9 +2.4 +2.2 +2.3



Teplota vzduchu - sezony



-2,4°C

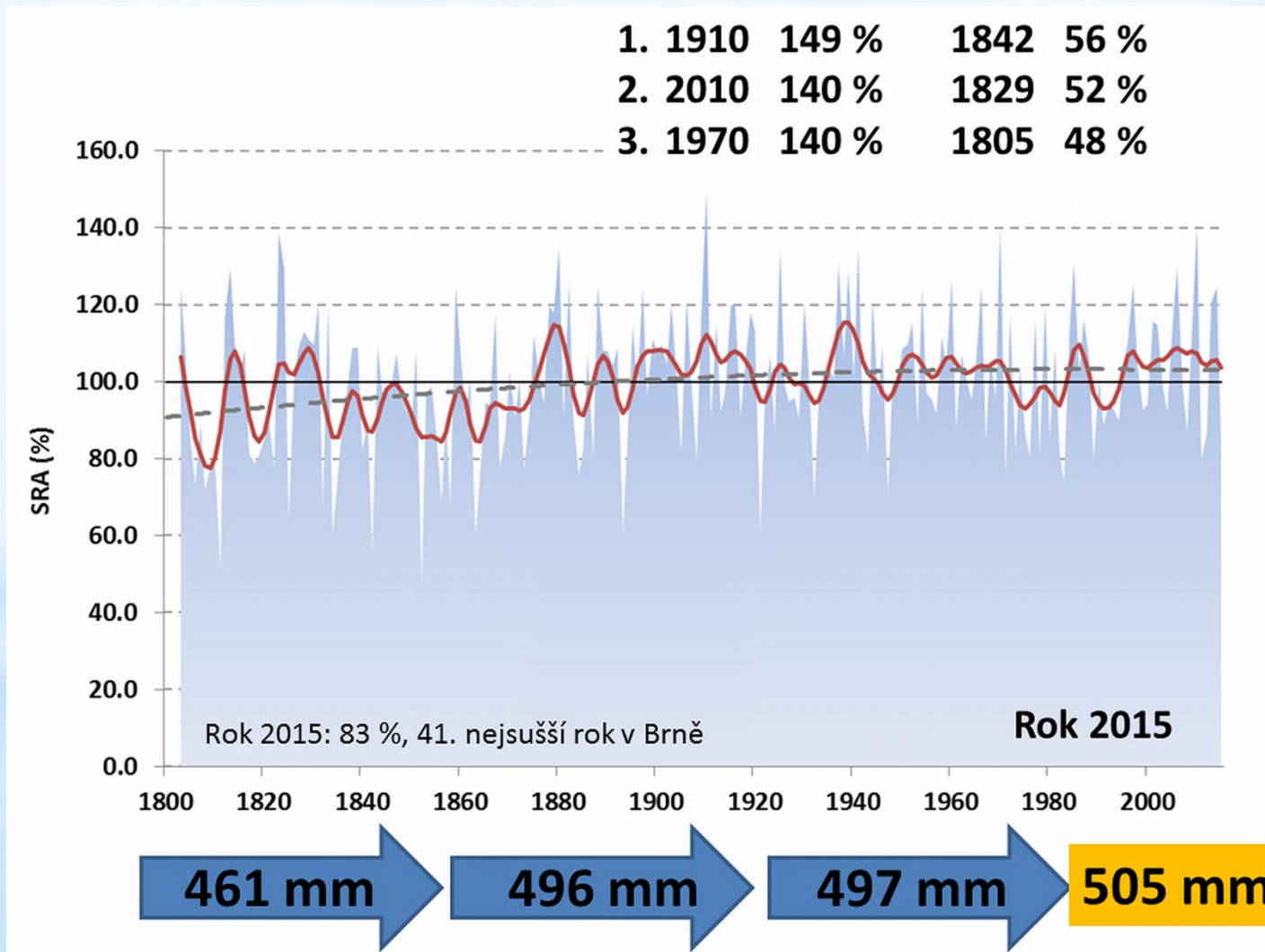
-2,0°C

-1,6°C

-0,5°C

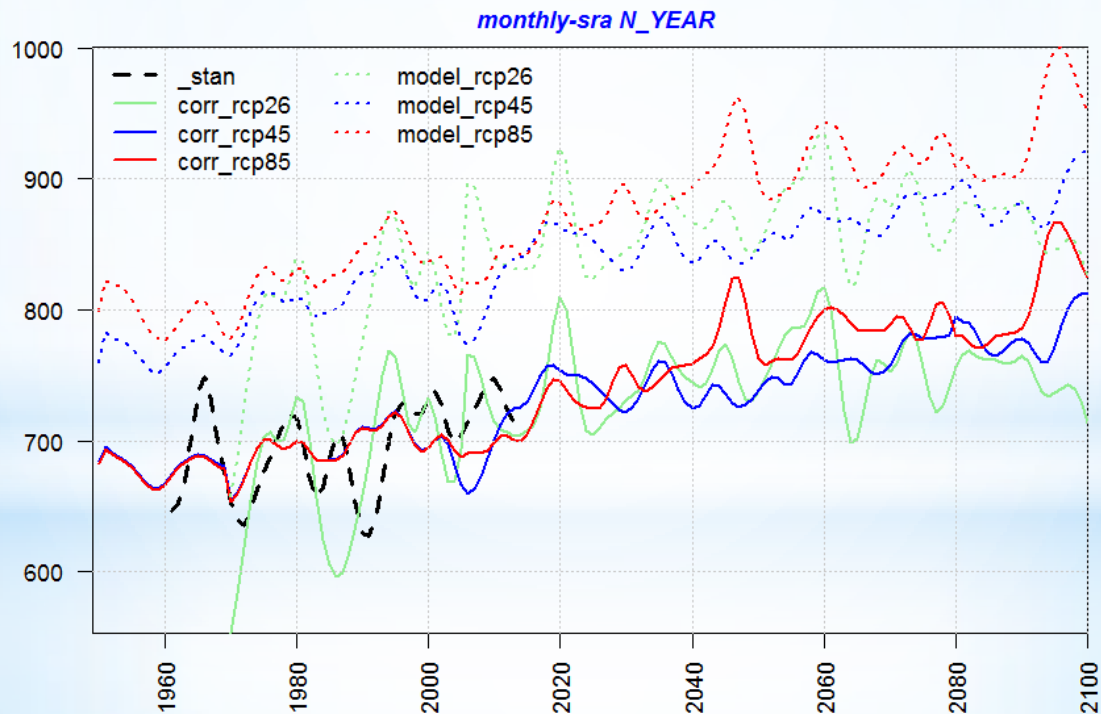
Srážky

Variabilita je výrazně pozorována u srážek, není zde ale statisticky významný růst v ročních sumách srážek, ale pozor roste extremita



Brázdil, R., Zahradníček, P., Pišoft, P., Štěpánek, P., Bělínová, M., Dobrovolný, P. (2012): Temperature and Precipitation fluctuations in the Czech Republic during the instrumental period. Theoretical and Applied Climatology. Volume 110, Issue 1-2, p. 17-34

Emission scenario	Period	YEAR	DJF	MAM	JJA	SON
rcp45	2021-2040	106.6	109.3	105.9	105.0	107.4
rcp45	2041-2060	107.0	110.5	111.5	100.9	108.7
rcp45	2061-2080	110.3	115.9	115.1	104.4	109.5
rcp45	2081-2100	112.7	114.0	119.3	107.5	112.4
rcp85	2021-2040	106.5	110.6	109.3	103.4	106.2
rcp85	2041-2060	112.2	120.4	115.4	105.8	112.3
rcp85	2061-2080	113.7	126.1	118.7	104.3	113.8
rcp85	2081-2100	116.3	135.1	123.5	102.4	115.9



Červená čára - emisní scénář RCP 8.5, modrá - RCP 4.5, zelená - RCP 2.6

- Množství ročních srážek se příliš nezmění - rozdíly mezi modely
- Změní se charakter srážek - stoupne množství intenzivních srážek (bouřky) a zároveň se zvýší počet za sebou jdoucích dnů bez srážek
- Změna zimních srážek - méně sněhového skupenství, implikace pro množství podzemní vodou
- Díky zvýšené teplotě a nevýrazné změně v množství srážek bude větší výpar a tedy větší tendence k suchu
- Díky zmenšenému množství sněhové pokrývky a rychlejšímu nástupu vegetačního období začnou rostliny dříve spotřebovávat půdní vláhu na jaře a v létě extrémní tepla - další vysušování

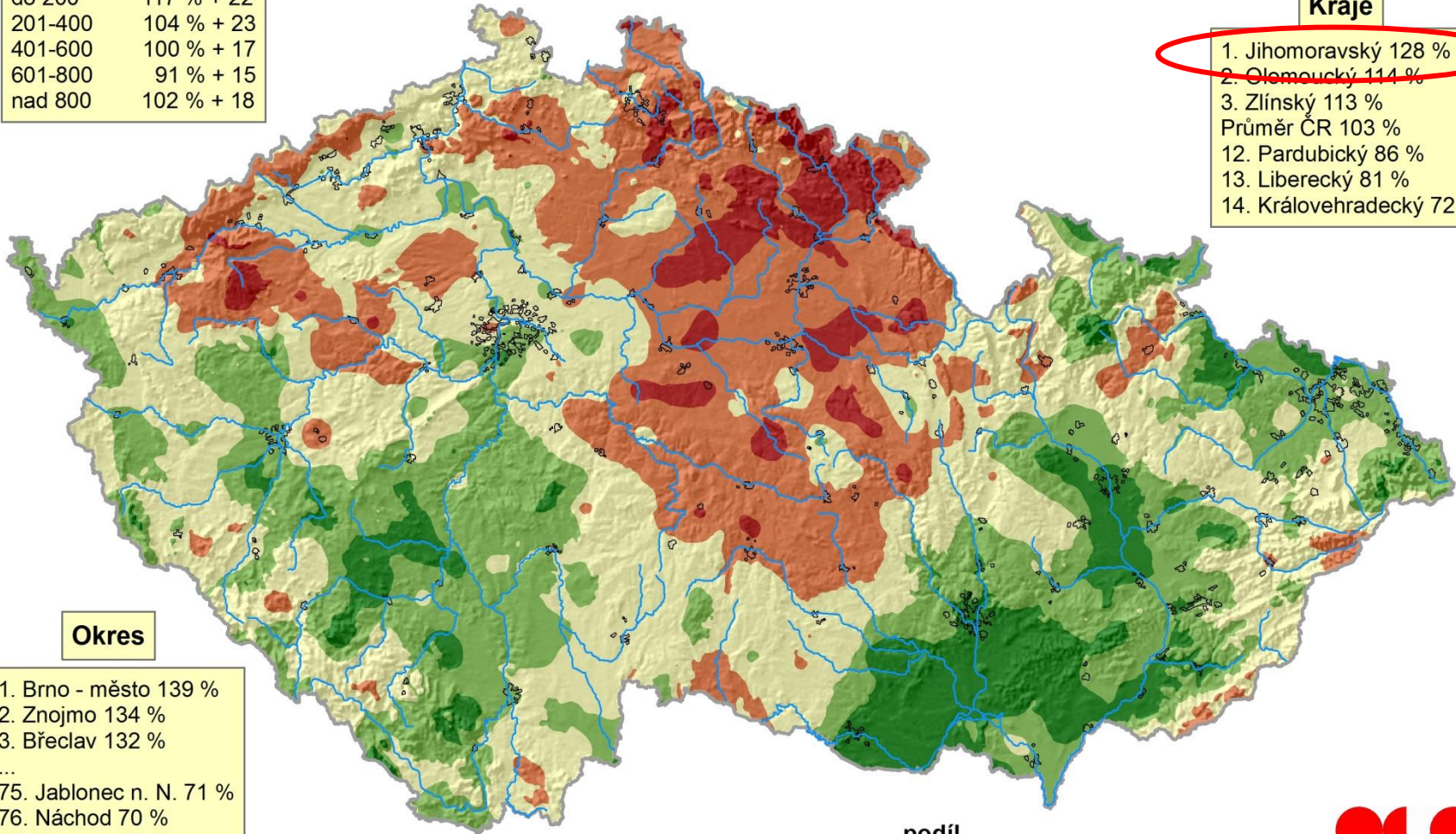
Podíl srážkového úhrnu za zimu 2015-2016 vzhledem k dlouhodobému průměru 1961-2000

nadmořská výška

m.n.m	AVG+STD
do 200	117 % + 22
201-400	104 % + 23
401-600	100 % + 17
601-800	91 % + 15
nad 800	102 % + 18

Kraje

1. Jihomoravský 128 %
 2. Olomoucký 114 %
 3. Zlínský 113 %
- Průměr ČR 103 %
12. Pardubický 86 %
 13. Liberecký 81 %
 14. Královehradecký 72 %

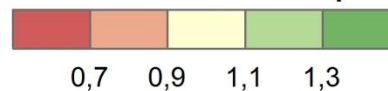


Okres

1. Brno - město 139 %
 2. Znojmo 134 %
 3. Břeclav 132 %
- ...
75. Jablonec n. N. 71 %
 76. Náchod 70 %
 77. Trutnov 68 %

0 25 50 100 150 km

podíl



Srážky

Podíl množství nového sněhu za zimu 2015-2016
vzhledem k dlouhodobému průměru 1961-2000

nadmořská výška

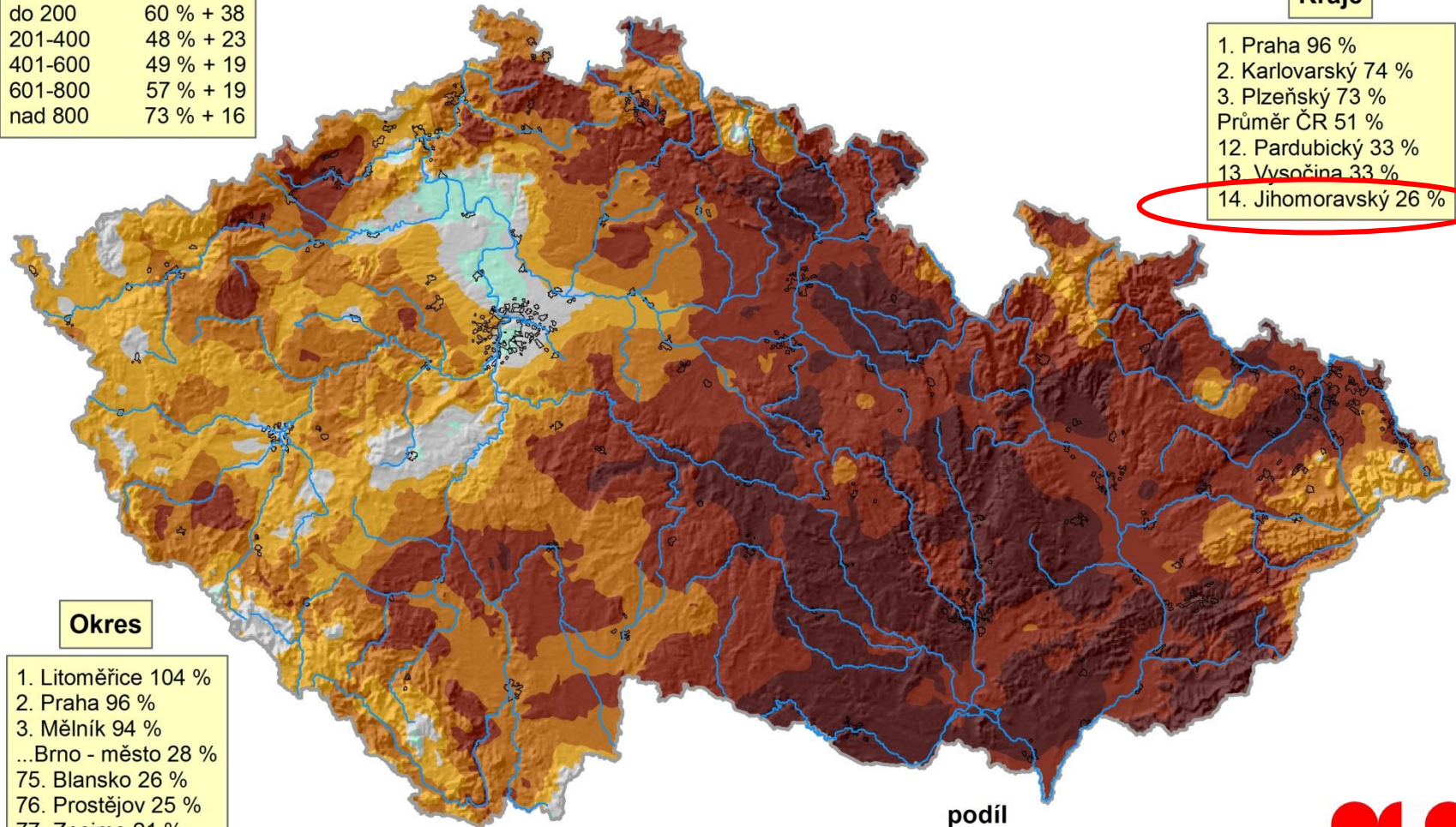
m.n.m	AVG+STD
do 200	60 % + 38
201-400	48 % + 23
401-600	49 % + 19
601-800	57 % + 19
nad 800	73 % + 16

Kraje

1. Praha 96 %
2. Karlovarský 74 %
3. Plzeňský 73 %
- Průměr ČR 51 %
12. Pardubický 33 %
13. Vysočina 33 %
14. Jihomoravský 26 %

Okres

1. Litoměřice 104 %
2. Praha 96 %
3. Mělník 94 %
- ...Brno - město 28 %
75. Blansko 26 %
76. Prostějov 25 %
77. Znojmo 21 %

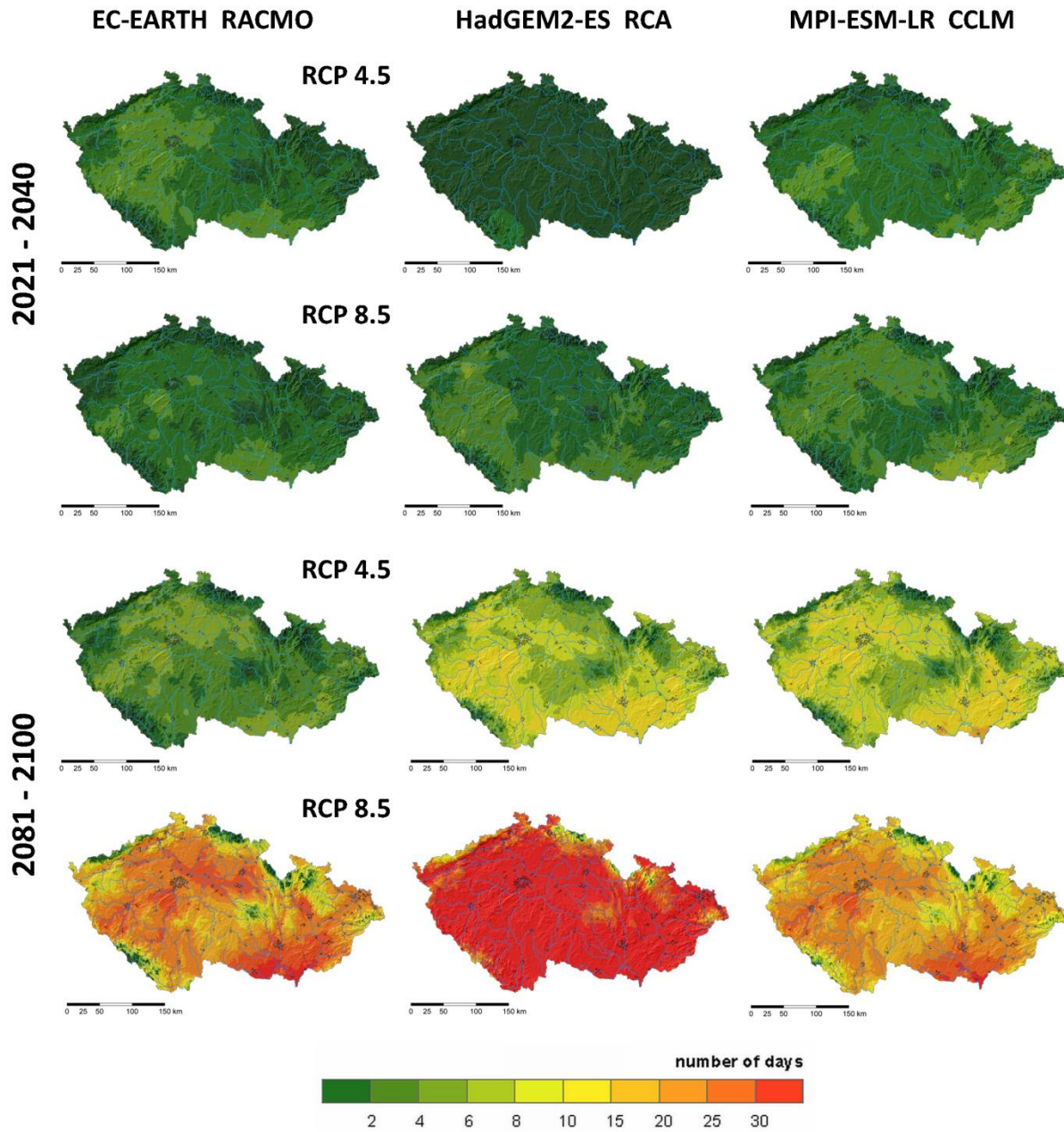


podíl



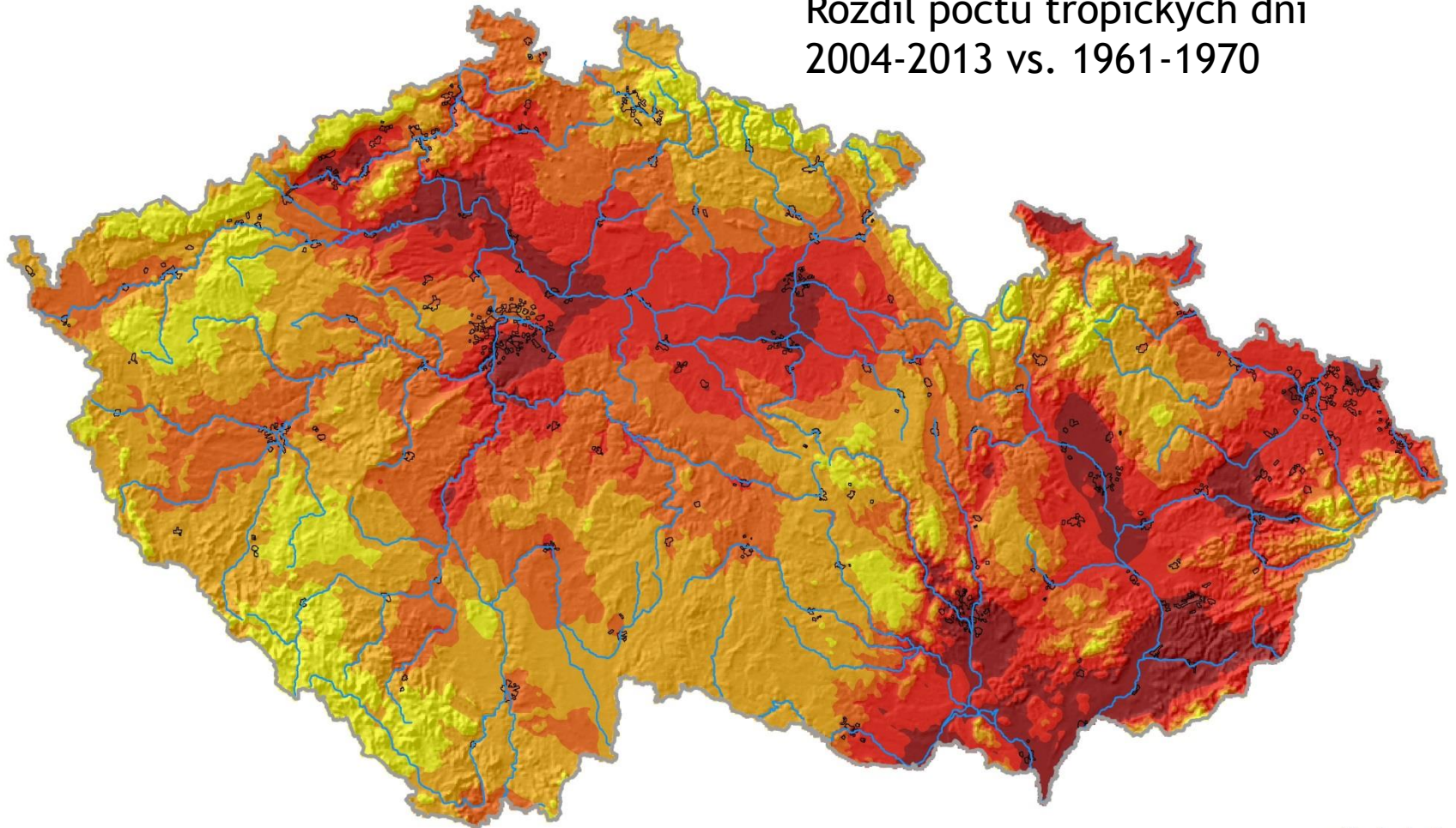
0 25 50 100 150 km

Indexy extremity - počet tropických dní (maximální teplota >30 °C)



Indexy extremity - počet tropických dní (maximální teplota >30 °C)

Rozdíl počtu tropických dní
2004-2013 vs. 1961-1970



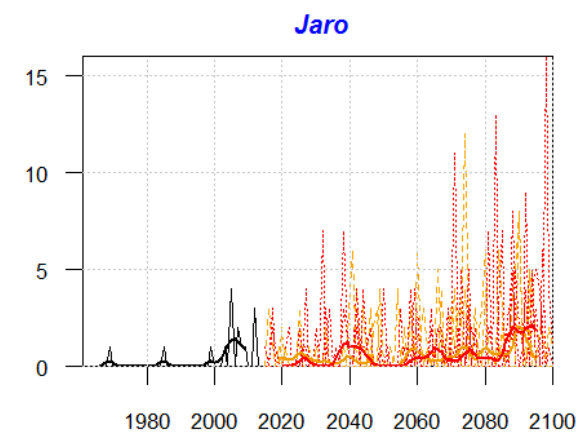
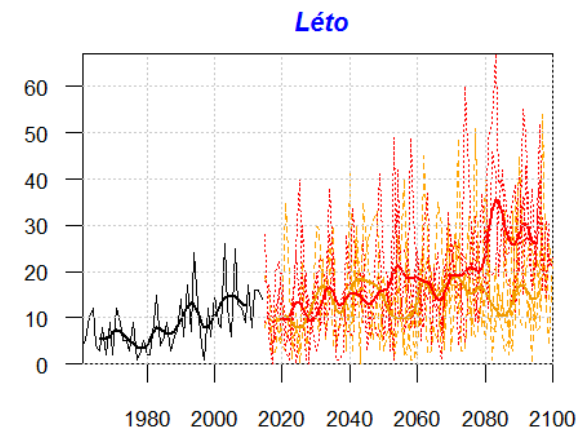
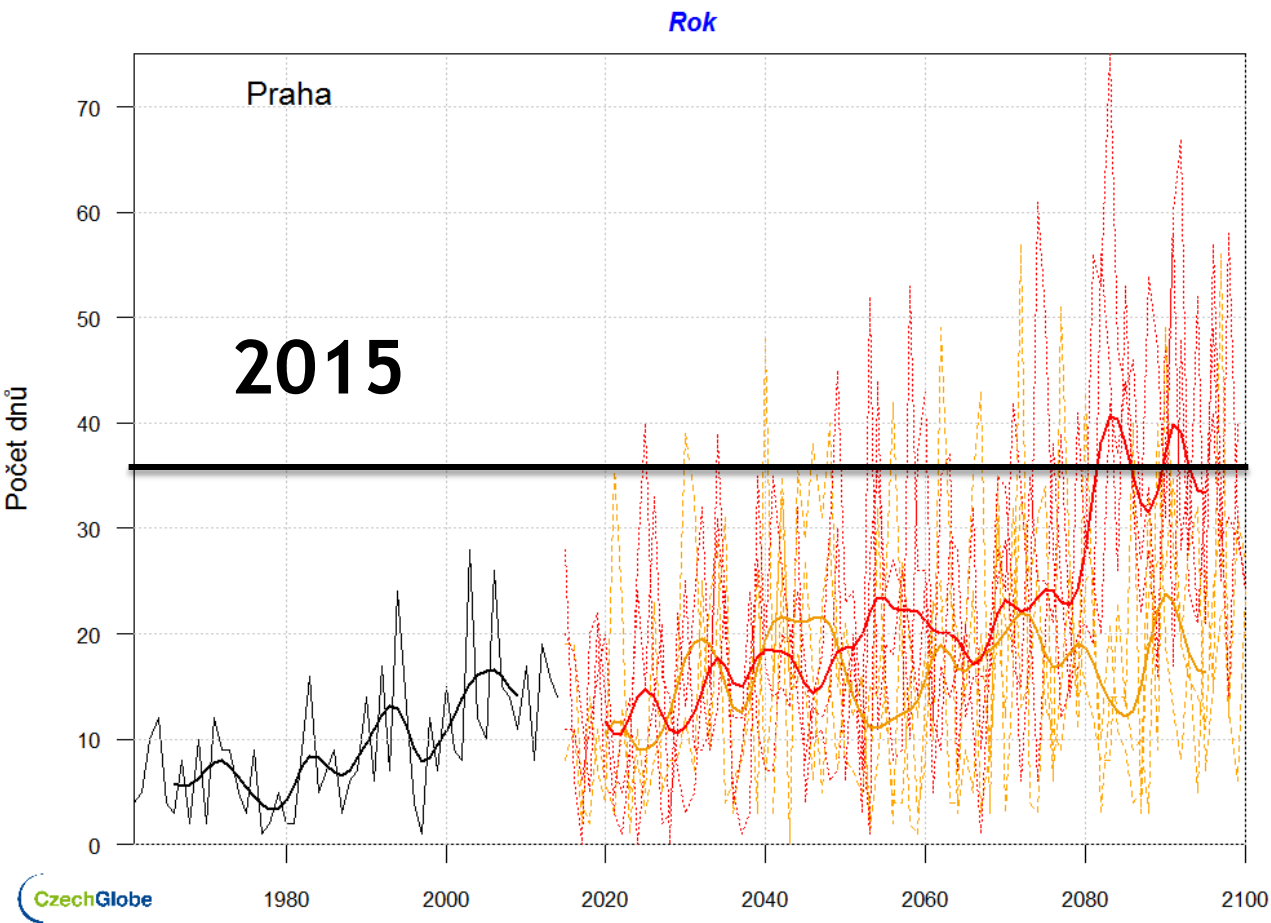
0 25 50 100 150 km



počet dní

2 4 6 8

Indexy extremity - počet tropických dní (maximální teplota >30 °C)



Urban Heat Island

- Special climate research in terms of urban agglomerations
- Adaptation to climate change in cities - higher temperatures, heat waves, tropical nights, less able to retain water
- <http://urbanadapt.cz/en>

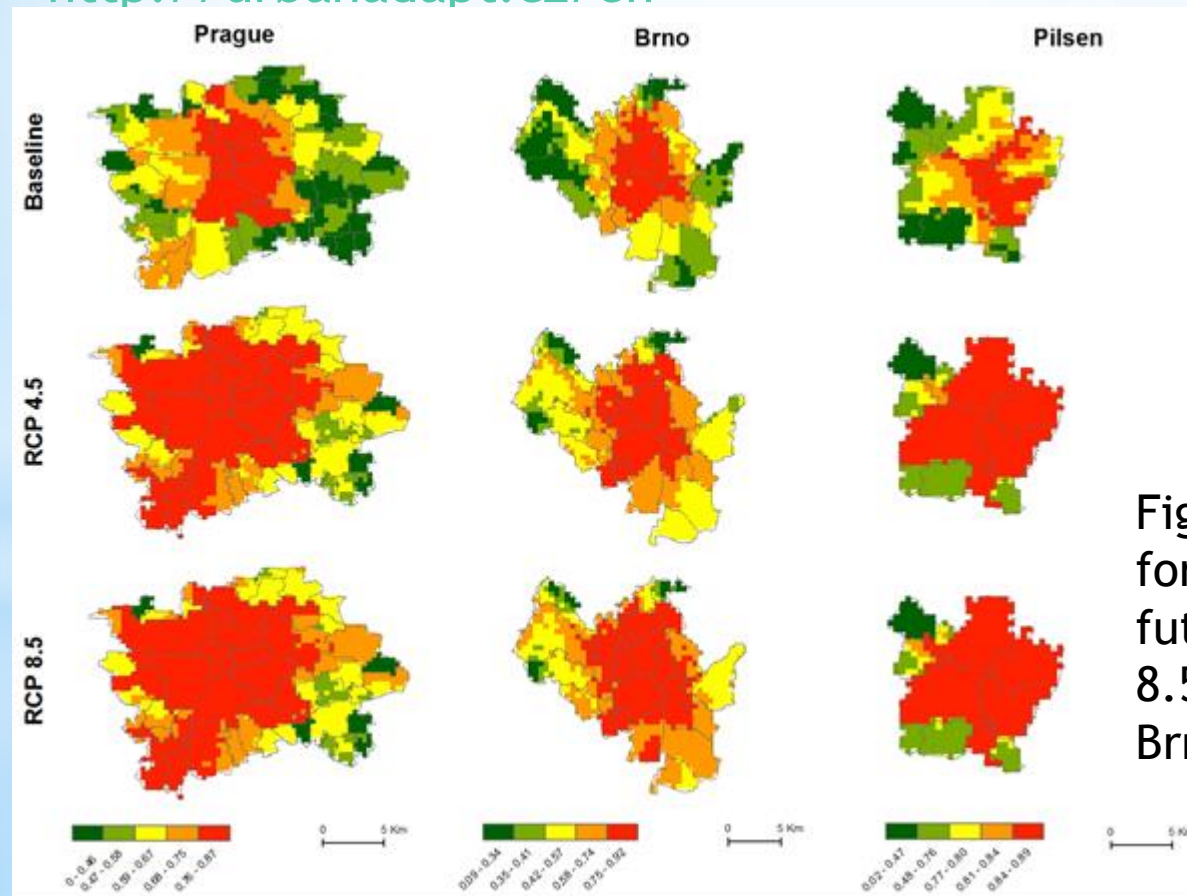
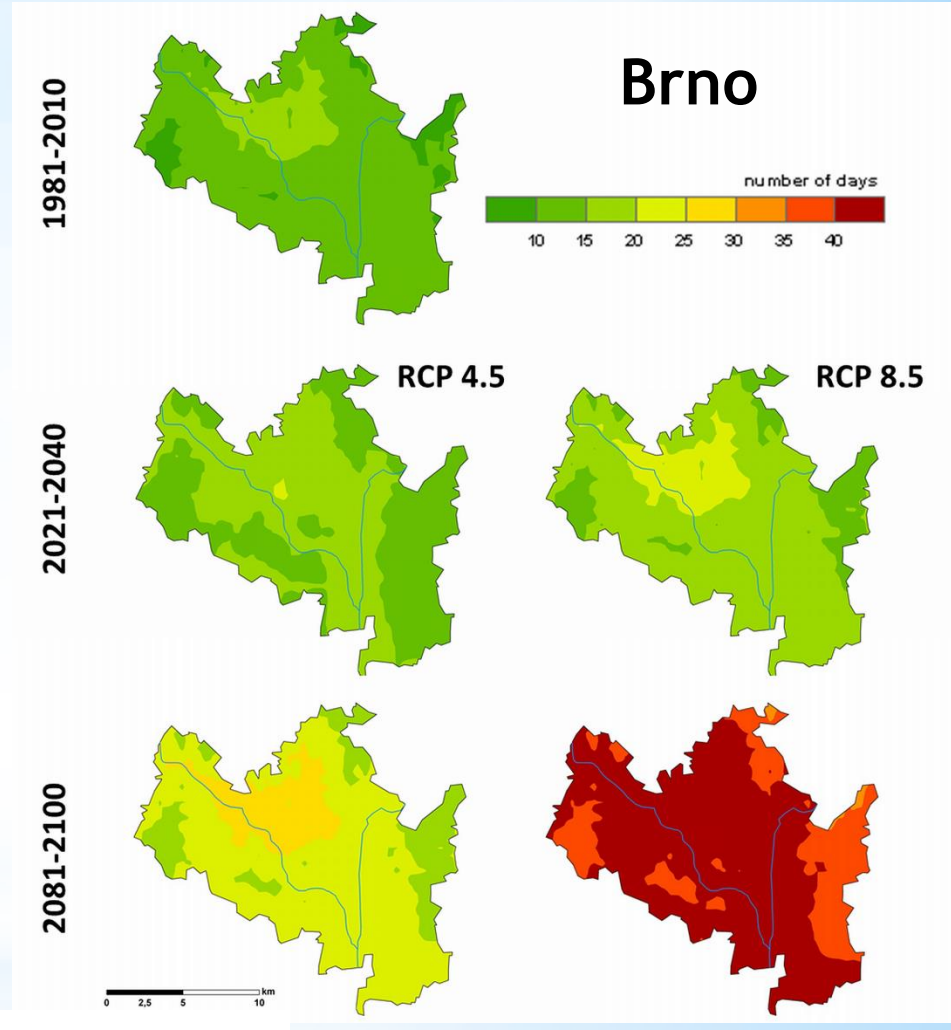
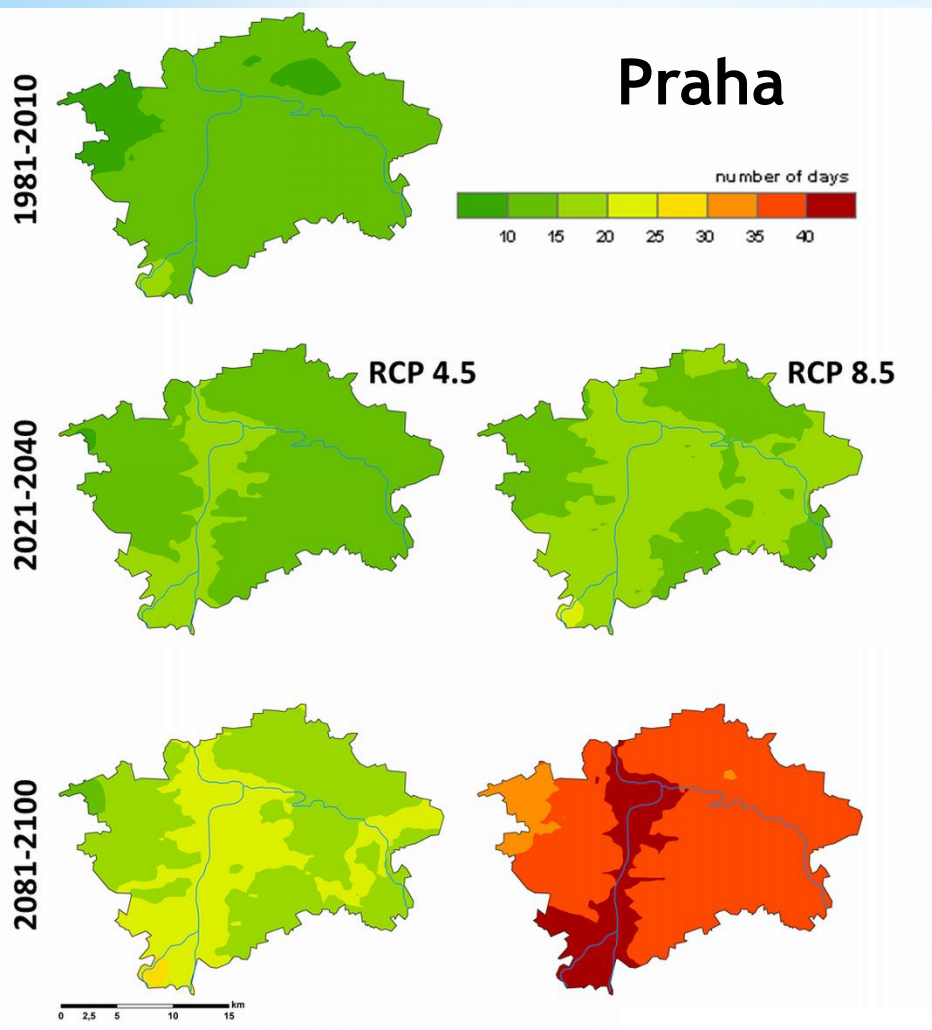


Figure: Heatwaves impacts for baseline (1981-2010) and future scenarios RCP 4.5, RCP 8.5 (2021 -2040) in Prague, Brno and Pilsen

Indexy extremity - počet tropických dní (maximální teplota >30 °C)

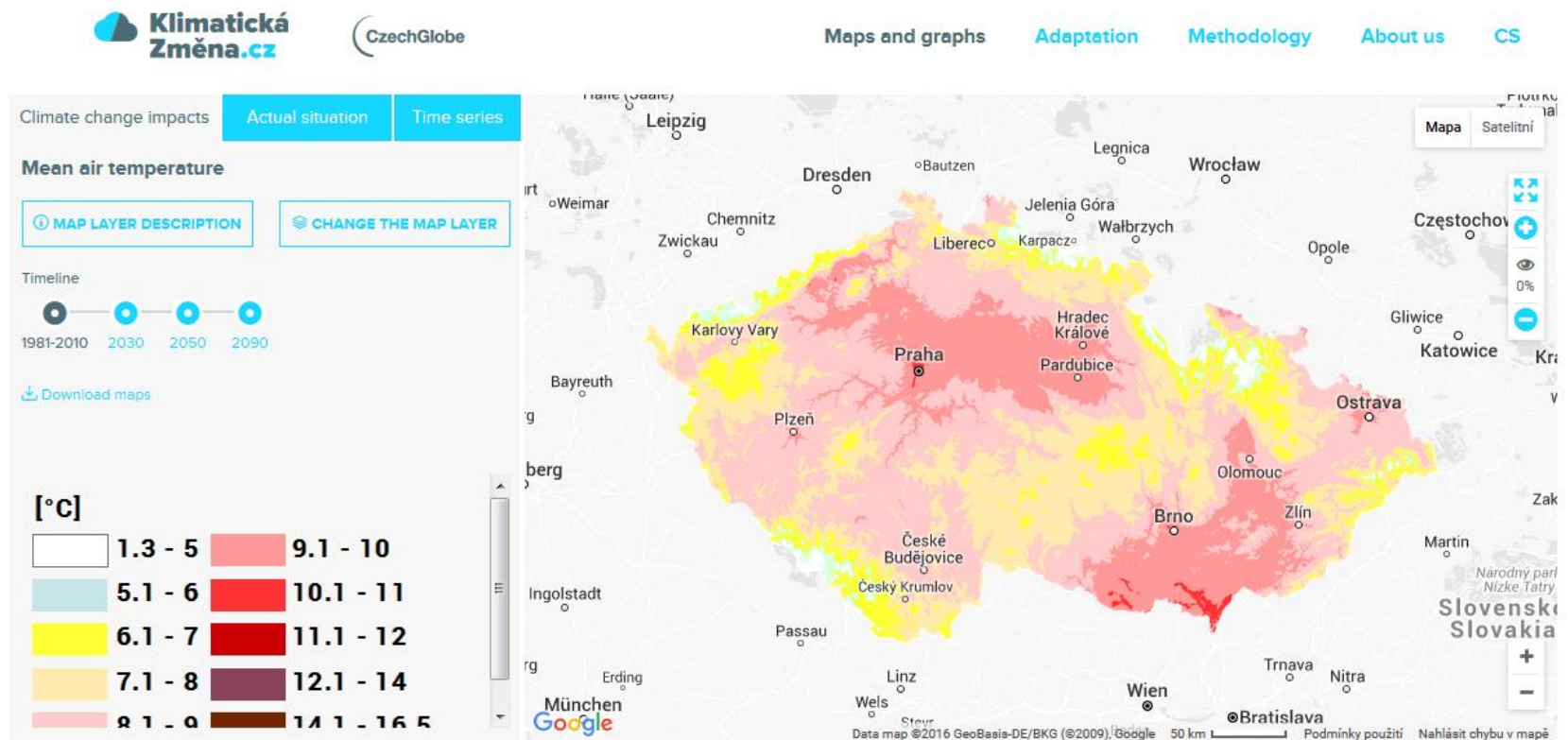


UrbanAdapt
Adaptace měst na změnu klimatu

Průměr z 3 RCM modelů pro dva emisní scénáře, 2021-2040 a 2081-2100

Climate change as maps portal

- <http://www.klimatickazmena.cz/en/>
- Map layers in the google maps - the possibility of zooming
- Climate, agriculture and hydrology map layers
- Adaptation strategy



Climate change as maps portal

- Current conditions: 1981 - 2010
- Future conditions: based on the newest GCM and RCM (EURO-CORDEX) models

Climate change impacts **Actual situation** Time series

Mean air temperature

prediction 2030 low emission - HadGEM

[MAP LAYER DESCRIPTION](#) [CHANGE THE MAP LAYER](#)

Timeline

1981-2010 2030 2050 2090

Emission CO₂

low high

GCM: HadGEM

[Download maps](#)

[°C]

1.3 - 5	9.1 - 10
5.1 - 6	10.1 - 11
6.1 - 7	11.1 - 12
7.1 - 8	12.1 - 14
8.1 - 9	14.1 - 16.5

Choose a new map layer

Agriculture

- Effective time of growing season
- Number of days with high potential productivity
- The length of growing season
- More map layers...

Water regime

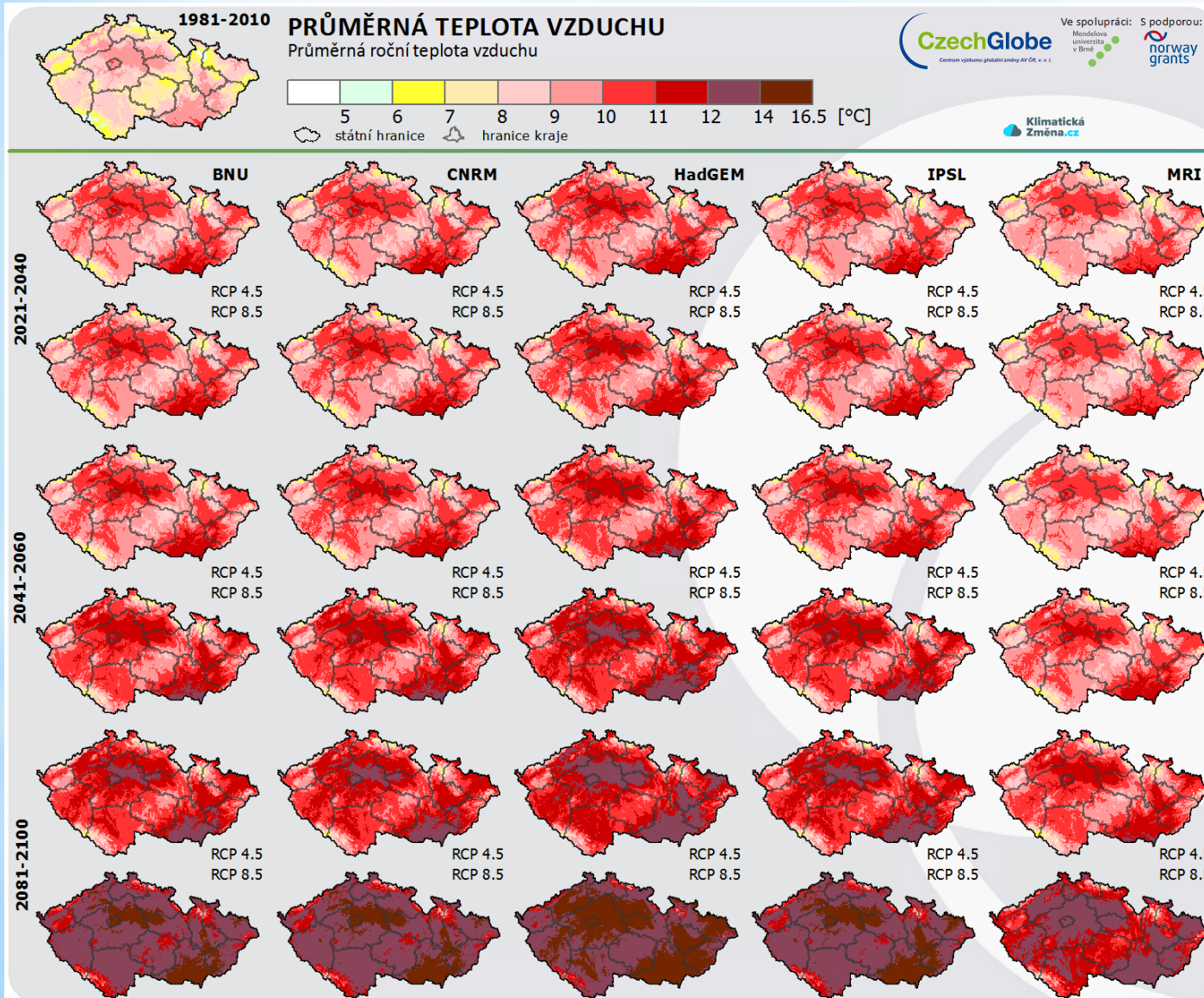
- Changes in a landscape water regime (year)
- Drought stress in topsoil (year)
- Insufficient soil moisture in a topsoil (year)
- More map layers...

Extremes and climate

- Mean air temperature
- Mean annual precipitation
- Number of summer days
- More map layers...

Climate change as maps portal

- the choice of downloading maps



- Pro potřeby impaktivních studií, analýzu extrémů z modelů, atp., je potřeba provést bias korekci
 - podhodnocení teploty vzduchu o 2.5°C
 - srážkové úhrny jsou nadhodnoceny o 0.65 mm/den
- V porovnání s předešlými modely (projekty ENSEMBLES, CECILIA, modely ALADIN, RegCM, scénář SRES A1B) jsou simulované teploty v půlce 21. století obdobné, na konci století je predikovaná teplota v rozmezí dnešního RCP 8.5 ($2.8\text{-}4.1^{\circ}\text{C}$)
- Zvýšení teploty vzduchu k 2050 o 1°C , na konci století o 2.0°C (RCP 4.5), resp. 4.1°C (RCP 8.5)
- Srážky: navýšení od 7% (2021-2040) do 13% (konec 21. století) pro RCP 4.5, a od 6% do 16% pro RCP 8.5. Největší změna v zimě, navýšení o 35 % ke konci století, nejmenší změna v létě
- Navýšení teploty vzduchu a změna srážkového režimu - častější výskyt a vyšší intenzita sucha



Děkuji za pozornost



**Klimatická
Změna.cz**

UrbanAdapt

Adaptace měst na změnu klimatu

