



---

SLOVENSKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

---



# Extrémne počasie ako nová norma?

## Zmena klímy ako výzva aj pre poisťovníctvo

**Milan Onderka a Jozef Pecho**

Odbor Klimatologická služba,  
Odbor numerických predpovedných modelov a metód  
Slovenský hydrometeorologický ústav

2025



# Prejavy a príčiny zmeny klímy

Rok 2024 bol najteplejším rokom aspoň od roku 1850 (+1,55 ± 0,13 °C v porovnaní s predindustriálnym obdobím).

Dlhodobé antropogénne podmienené globálne otepľovanie sa v súčasnosti odhaduje na 1,34 –1,41 °C nad úrovňou referenčného obdobia 1850–1900.

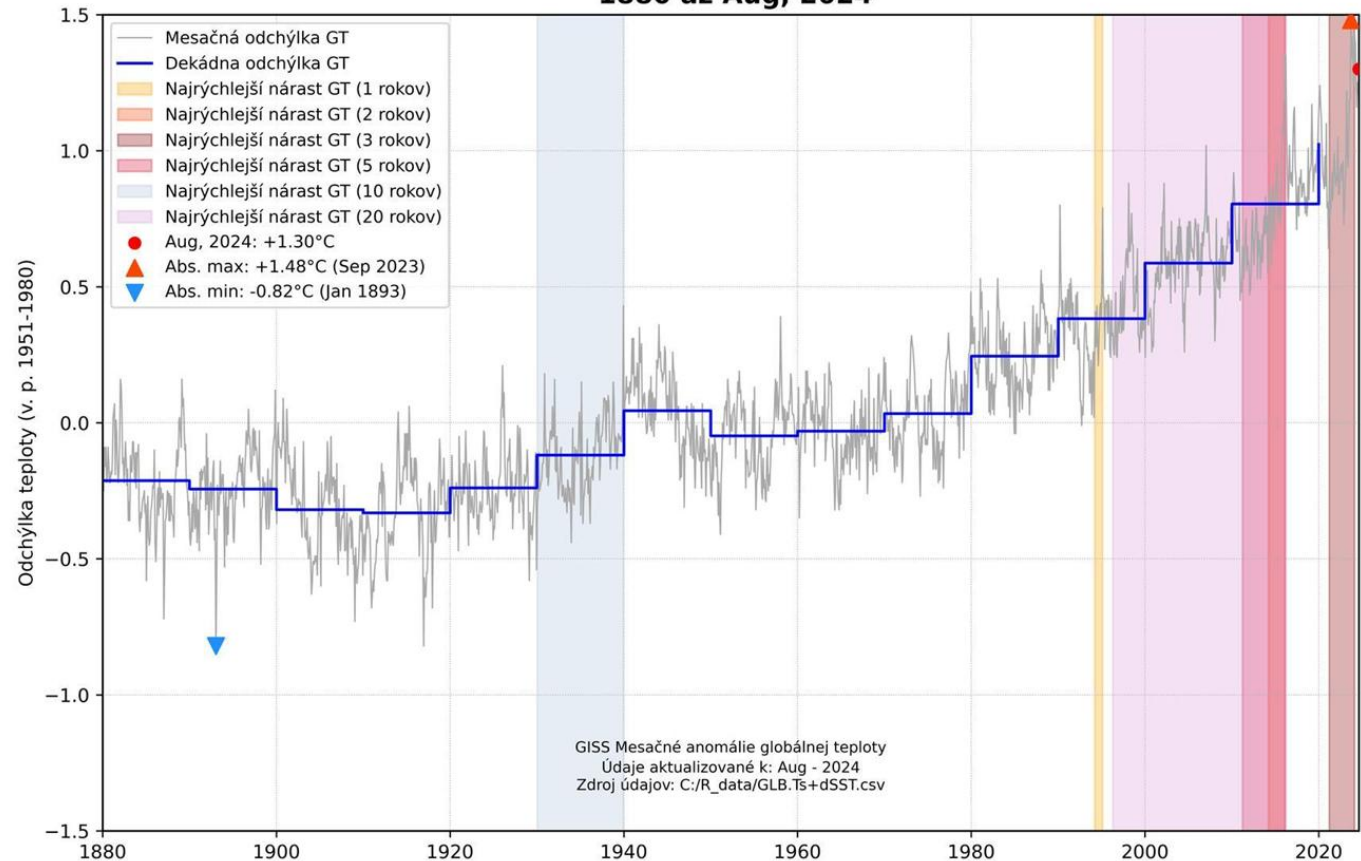
Rýchlu mieru oteplenia v priebehu posledných 70 rokov vykazujú aj všetky oceánske oblasti, a to až do hĺbky 2000 metrov.

Mnohé kontinentálne oblasti na severnej pologuli vykazujú oteplenie aj o viac ako **2,0 °C** (1880-2022).

Polárne oblasti na severnej pologuli (**Arktída** + Grónsko) sa od polovice 20. storočia otepľujú 2- až 3-násobne rýchlejším tempom ako zvyšok planéty.

Databázy globálnej teploty (NASA, NOAA, JMA, CRU, ECMWF-ERA) sú v odhade rastu teploty **časovo konzistentné**.

**Odchýlka globálnej priemernej teploty (oceány a pevniny) 1880 až Aug, 2024**



NASA GISTEMP  
Zdroj údajov: C:/R\_data/GLB.Ts+dSST.csv

# Prejavy a príčiny zmeny klímy

Rok 2024 bol najteplejším rokom aspoň od roku 1850 (**+1,55 ± 0,13 °C** v porovnaní s predindustriálnym obdobím).

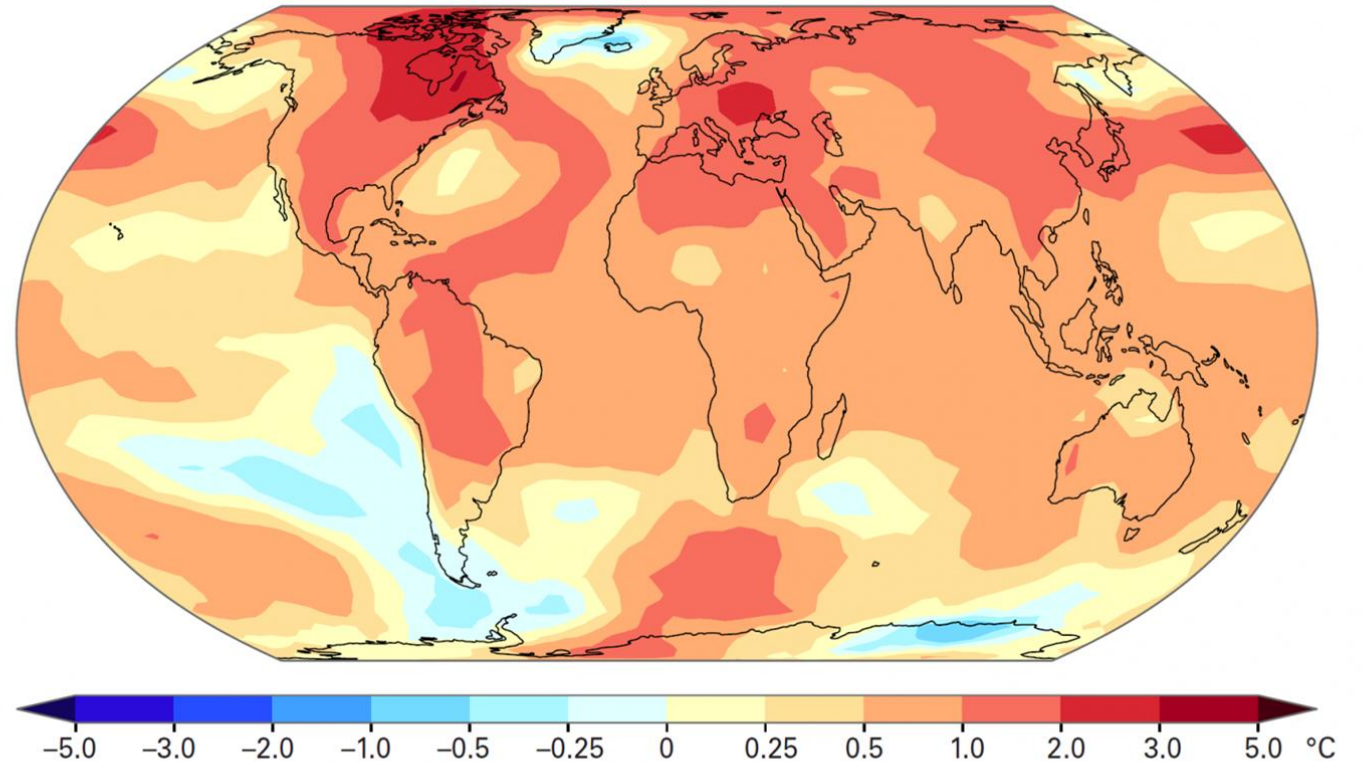
Dlhodobé antropogénne podmienené globálne otepľovanie sa v súčasnosti odhaduje na 1,34 –1,41 °C nad úrovňou referenčného obdobia 1850–1900.

Rýchlu mieru oteplenia v priebehu posledných 70 rokov vykazujú aj všetky oceánske oblasti, a to až do hĺbky 2000 metrov.

Mnohé kontinentálne oblasti na severnej pologuli vykazujú oteplenie aj o viac ako **2,0 °C** (1880–2022).

Polárne oblasti na severnej pologuli (**Arktída + Grónsko**) sa od polovice 20. storočia otepľujú 2- až 3-násobne rýchlejším tempom ako zvyšok planéty.

Databázy globálnej teploty (NASA, NOAA, JMA, CRU, ECMWF-ERA) sú v odhade rastu teploty **časovo konzistentné**.



# Prejavy a príčiny zmeny klímy

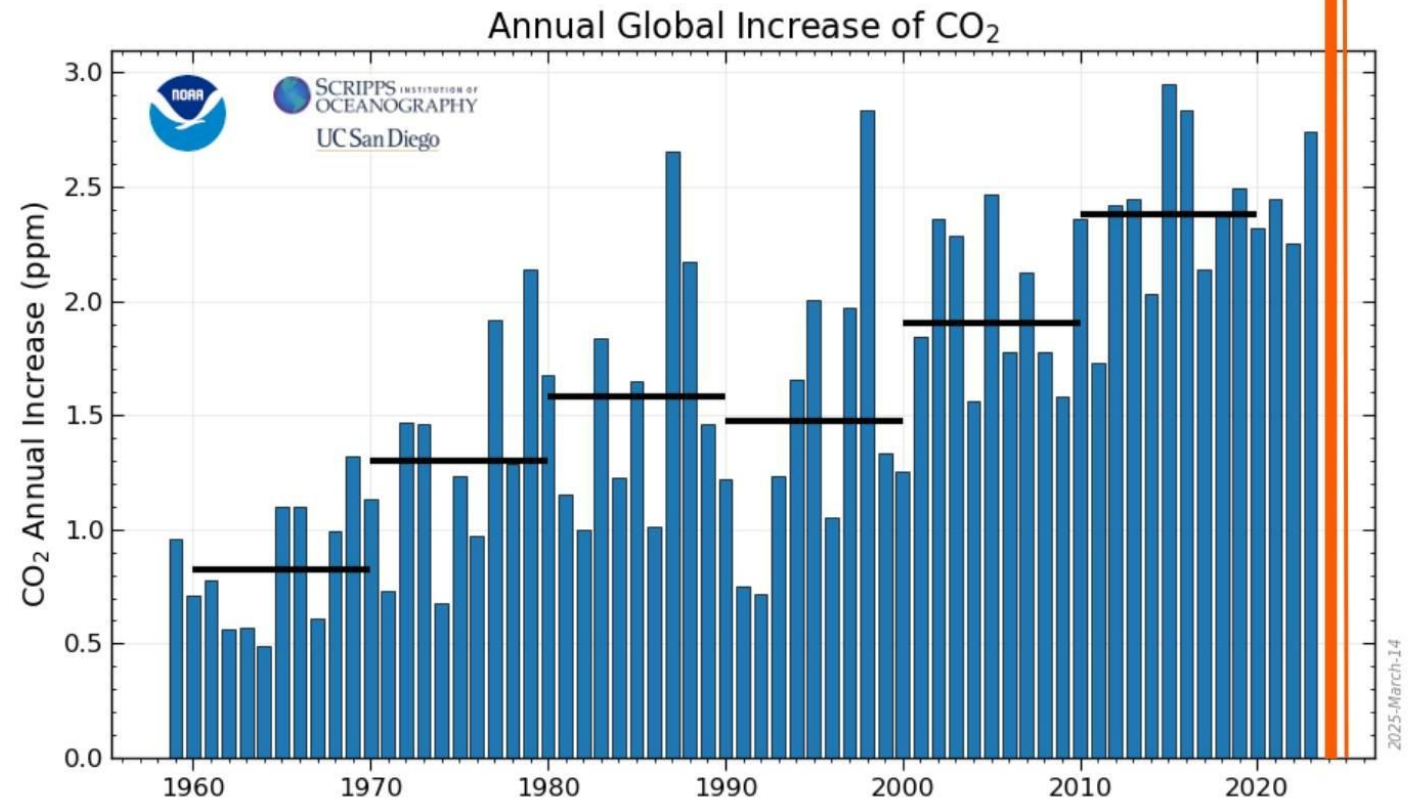
Zvyšujúca sa **globálna koncentrácia skleníkových plynov** je hlavnou príčinou klimatickej zmeny, pričom tento nárast je výsledkom nevyrovnanej bilancie medzi emisiami skleníkových plynov z ľudských (antropogénnych) zdrojov a ich pohlcovaním (záchytnom) biosférou a oceánmi.

Predbežné údaje za rok 2024 naznačujú, že koncentrácia CO<sub>2</sub> dosiahne alebo dokonca prekročí v tomto roku hodnotu **430 ppm**. Priemerná rýchlosť rastu globálnej koncentrácie CO<sub>2</sub> sa počas troch po sebe nasledujúcich desaťročíach (1985-1995, 1995-2005 a 2005-2015) zvýšila z 1,42 ppm/rok na 1,86 ppm/rok, ďalej až a na 2,06 ppm/rok, v poslednom období.

V prípade, že sa započíta radiačný účinok všetkých skleníkových plynov, celková koncentrácia v CO<sub>2</sub>eq dosahuje v súčasnosti hodnotu **500 ppm** (AGGI index podľa NOAA).

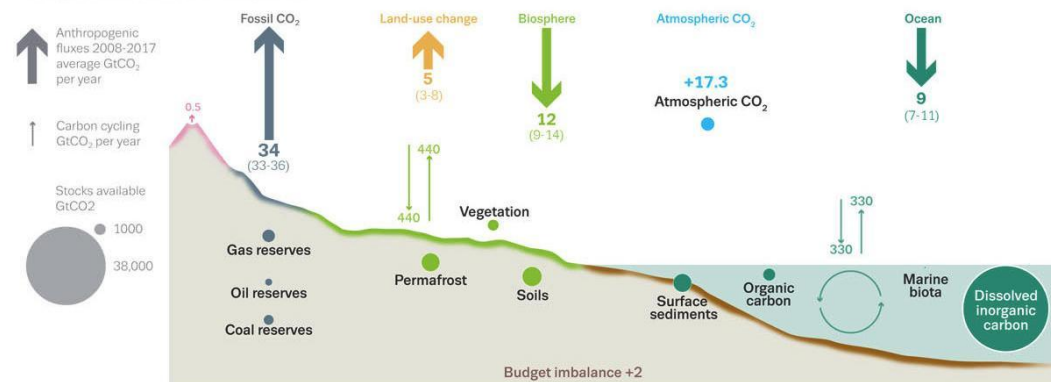
Podľa emisných scenárov RCPs, môže koncentrácia CO<sub>2</sub> do konca tohto storočia dosiahnuť hodnoty od 420 ppm (RCP2.6) do 950 ppm (RCP8.5); pre **CO<sub>2</sub>eq až 1250 ppm** (do roku 2100).

V pripravovanej 6. správe IPCC bude využitá nová generácia globálnych GCMs (CMIP6) kombinovaná s novou generáciou emisných scenárov **RCPs a SSPs** (klimatická citlivosť s lepšou parametrizáciou oblačnosti a silnejšej spätnej väzby zo strany uhlíkového cyklu bude pravdepodobne vyššia ako pri CMIP5 a CMIP3 modeloch; **~4-6 °C**).



## The rise in atmospheric CO<sub>2</sub> causes climate change

The global carbon cycle 2008-2017



# Nárast extrémnosti počasia v dôsledku zmeny klímy

## Reinsurance News

### Rising extreme weather and building practices could put insurance affordability at risk: Geneva Association

⚡ 14th May 2025 - Author: [Kassandra Jimenez-Sanchez](#) - Share

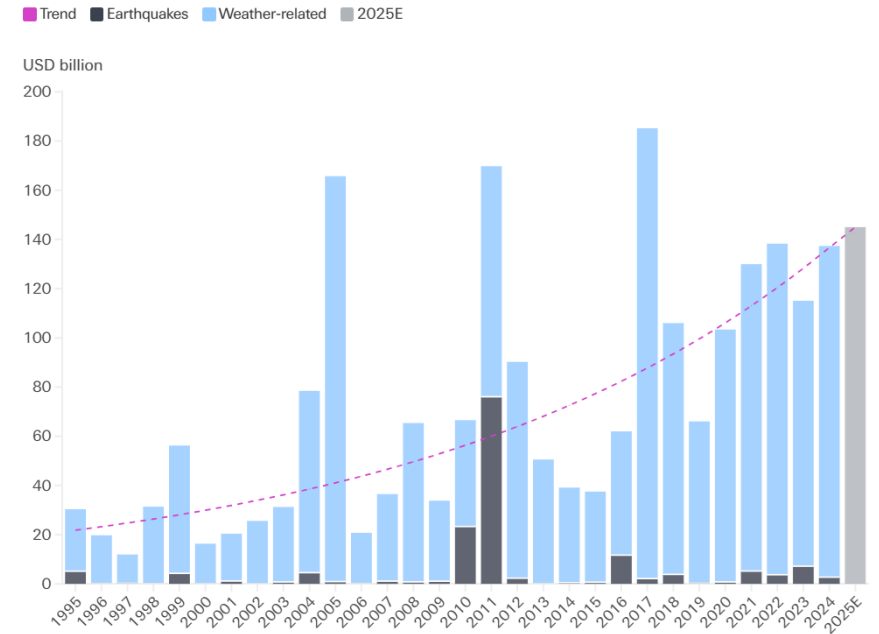
As extreme weather events and related losses increase around the world, the Geneva Association calls for action to safeguard the availability and affordability of home insurance, particularly in advanced economies.

In its recent report, 'Safeguarding Home Insurance: Reducing exposure and vulnerability to extreme weather', the Geneva Association examines the socioeconomic factors increasing exposure and vulnerability to extreme weather events.

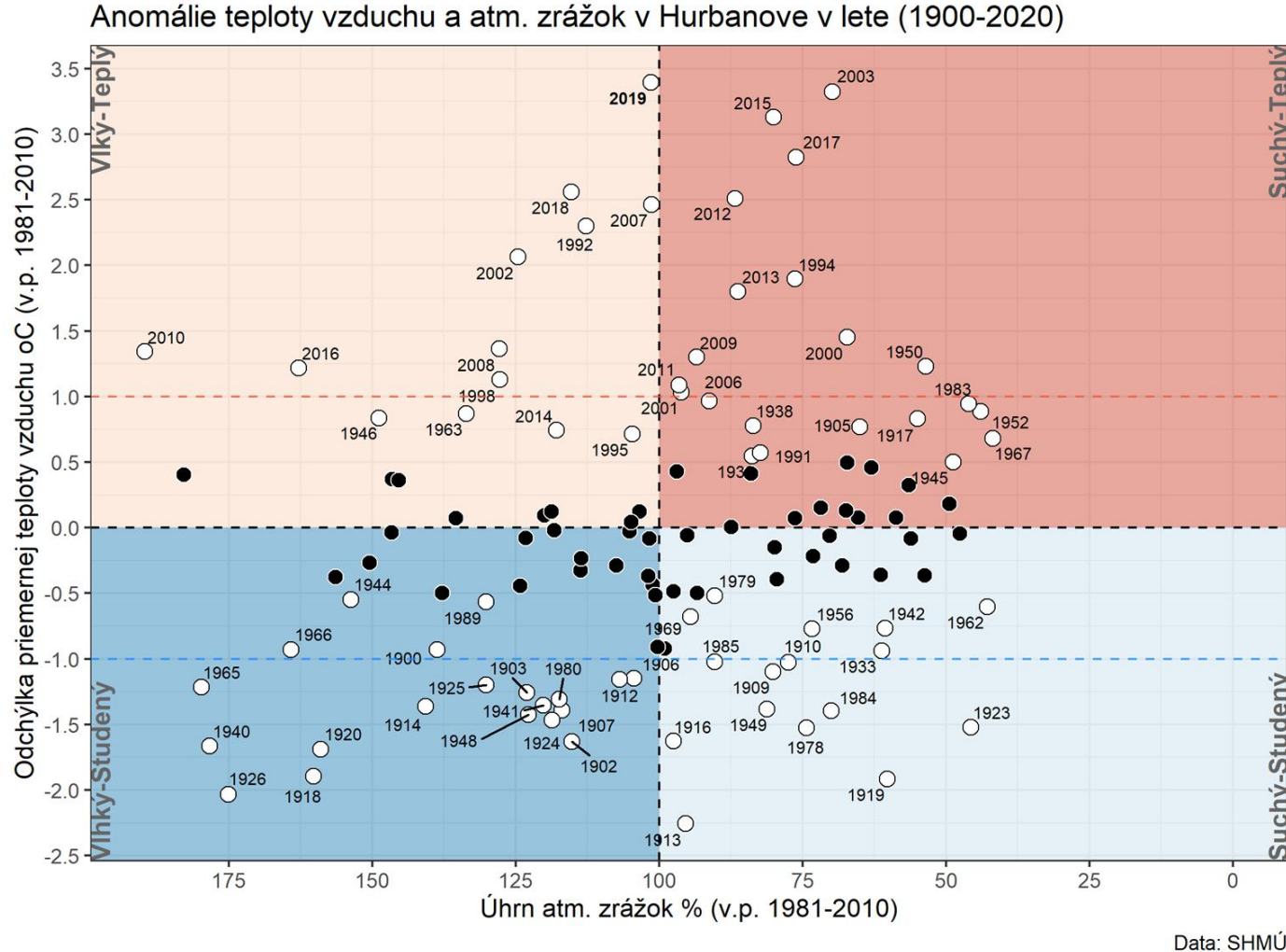
It also provides a practical roadmap for mitigating property risks and enhancing local resilience.



Figure 3: Growth in global natural catastrophe insured losses (USD bn, 2024 prices)



# Nárast extrémnosti počasia v dôsledku zmeny klímy



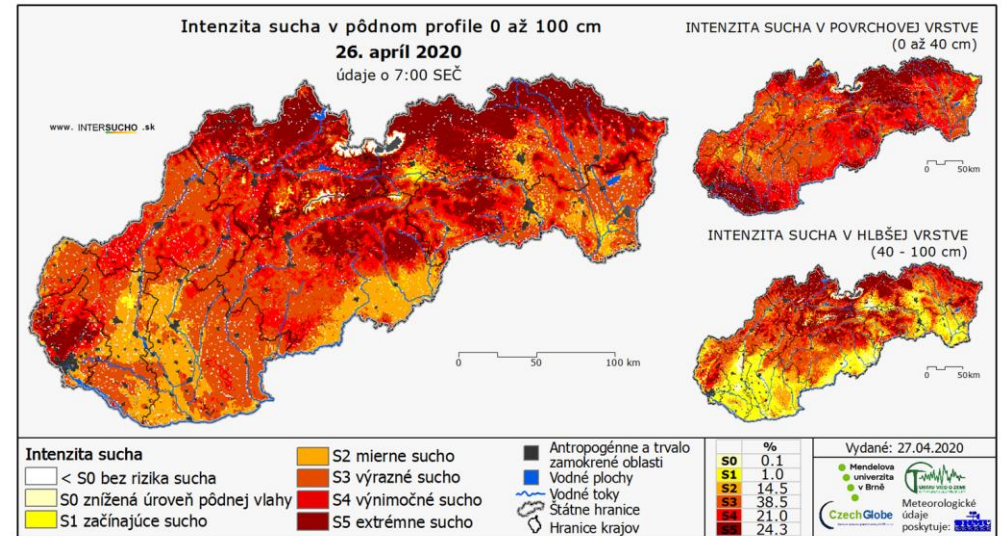
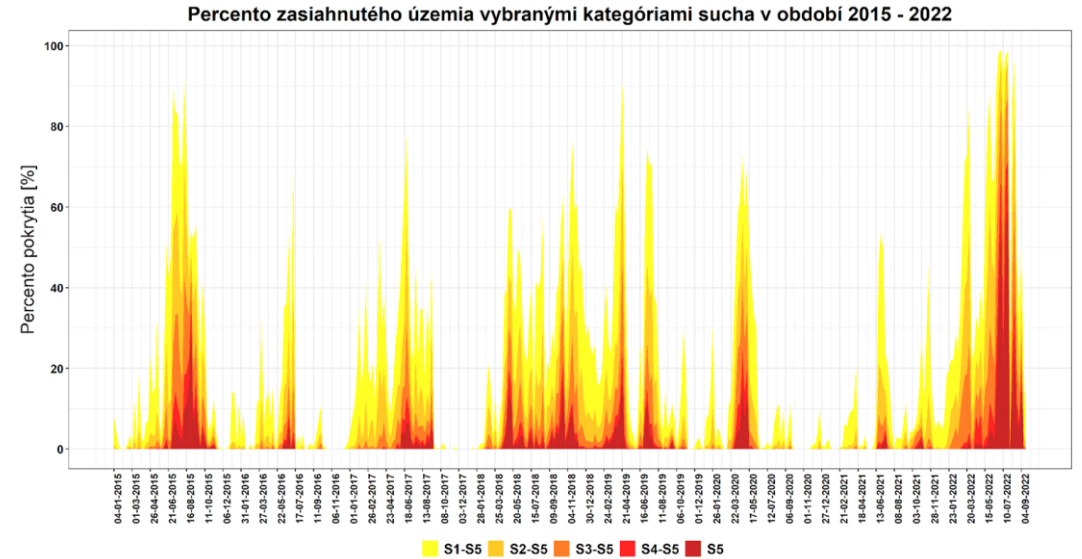
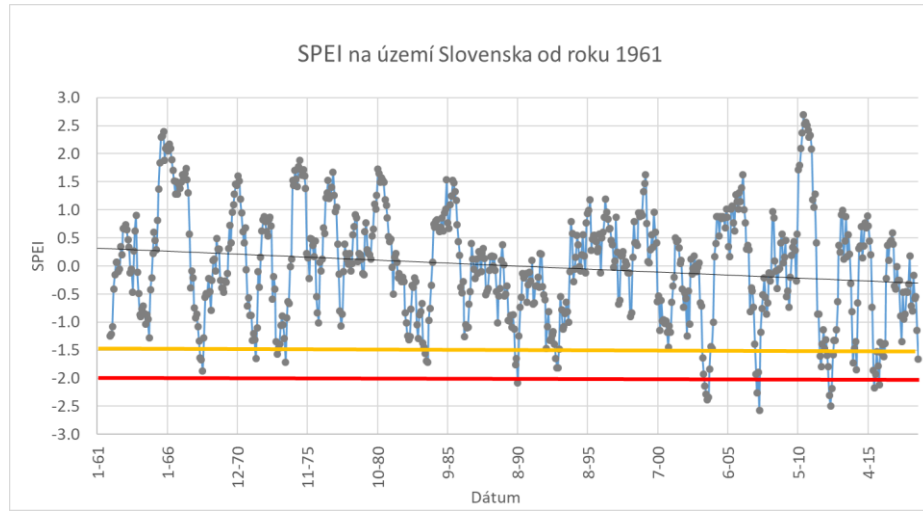
Rast sucha súvisí aj s **extremalizáciou niektorých zložiek hydrologického cyklu**. Prívalové krátkodobé zrážky sa ukazujú byť častejšie a intenzívnejšie (o približne 7-14 % na každý 1 °C oteplenia), zvýrazňujú sa aj extrémny denných a viacdenných úhrnov zrážok. V dôsledku vyššej teploty a vlhkosti vzduchu sa očakáva častejší výskyt silnejších a intenzívnejších konvekčných búrok.

Významne sa zvyšujú predovšetkým intenzity **5 až 180 minútového dažďa**, čo je možné zdôvodniť častejším výskytom krátkodobých **konvekčných** zrážok a naopak zriedkavejším výskytom dlhotrvajúcich (a plošne rozsiahlejších) zväčša **stratiformných** zrážok.

Zmeny v teplotných a zrážkových pomeroch v zime sa prejavujú v zmenách snehových pomerov. Tie sú demonštrované jednak v znížení počtu dní so snehovou pokrývkou a tiež v **poklese priemernej výšky snehovej pokrývky**.

Výskyt extrémnejšieho počasia, častejšieho sucha a mimoriadne teplých sezón už dnes **významne ovplyvňuje všetky sektory národného hospodárstva Slovenska** (s nevyhnutnou častejšou sanáciou škôd, odškodňovaním poistných nárokov, etd.).

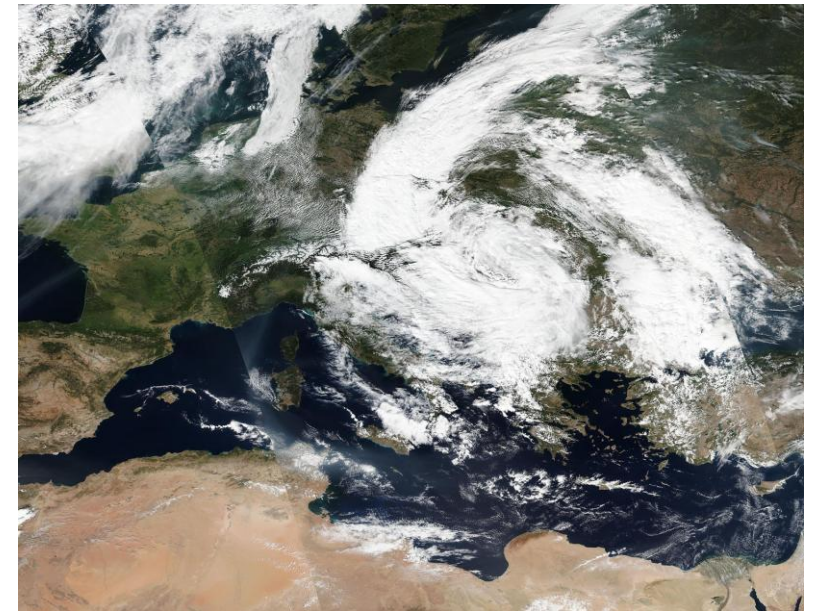
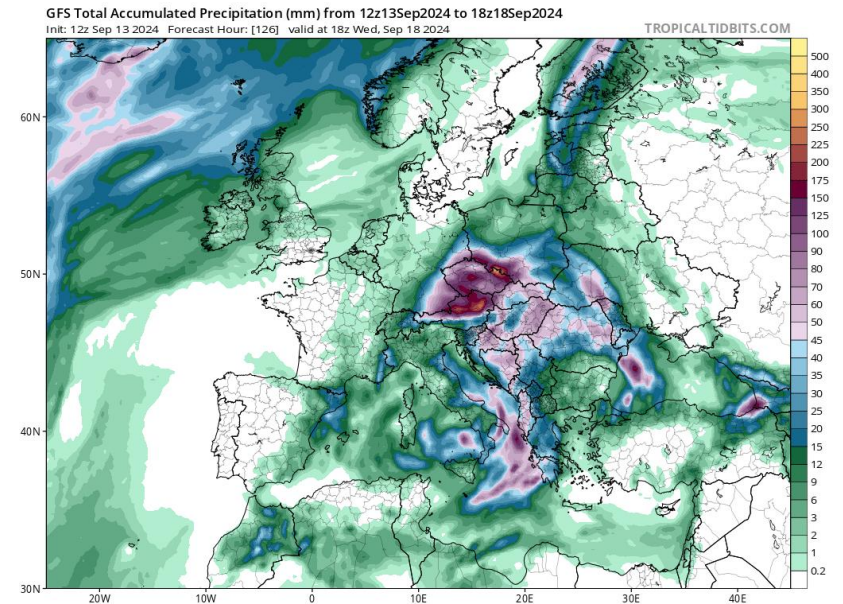
# Nárast extrémnosti počasia v dôsledku zmeny klímy



# Klimatické riziká: Extrémne javy (príklad)

## Cyklóna Boris (12.-16. september 2024):

- V septembri 2024 zasiahla strednú, východnú a južnú Európu mimoriadne silná **cyklóna Boris**, ktorá priniesla rekordné dažde a katastrofálne povodne. Najnovšia vedecká štúdia odhalila (*How climate change intensified storm Boris' extreme rainfall, revealed by near-real-time storylines, Athanase et al. 2024*), ako konkrétne klimatická zmena ovplyvnila túto extrémnu udalosť a aké dôsledky môžeme očakávať do budúcnosti.
- Vedci využili inovatívny prístup tzv. **"storyline simulácií"**, ktoré dokážu v takmer reálnom čase analyzovať, aký podiel na extrémnych poveternostných javoch má otepľovanie planéty. Štúdia ukázala, že cyklóna Boris priniesla približne **o 9 % viac zrážok** v dôsledku otepľovania spôsobeného ľudskou činnosťou.
- Oblasť s extrémnymi dažďami **presahujúcimi 100 mm bola o 18 % väčšia, než by bola bez klimatickej zmeny**.
- V simulácii budúcnosti s globálnym otepľovaním o 4 °C by sa táto oblasť mohla zväčšiť ešte o 14 %, čo by viedlo k ešte väčším rizikám povodní.
- Rekordné dažde: Cyklóna Boris priniesla v období 12.–16. septembra 2024 zrážky dosahujúce až 225 mm/deň, čo je o 50 mm viac, než by bolo možné bez klimatickej zmeny.
- Viac vlhkosti v atmosfére: Východné Stredomorie a Čierne more, kľúčové oblasti zdrojov vlhkosti pre túto búrku, sa otepľujú rýchlejšie, čo zvyšuje množstvo vodnej pary v atmosfére. Tento nárast vlhkosti bol o 15 % vyšší, než by zodpovedal štandardnému očakávaniu podľa Clausius-Clapeyronovej škály.



# Dôsledky zmeny klímy na sektory hospodárstva

- **Poľnohospodárstvo** - Zmeny klímy ovplyvňujú výnosy plodín, potrebu zavlažovania, a zvyšujú riziko sucha, škodcov a extrémnych udalostí.
- **Biodiverzita a ekosystémy** - Degradácia ekosystémov, strata biodiverzity a zmena ekosystémových služieb v dôsledku klimatických vplyvov.
- **Kultúrne dedičstvo** - Ohrozenie pamiatok a historických objektov klimatickými extrémami, ako sú záplavy a teplotné výkyvy.
- **Riadenie rizika katastrof, civilná ochrana a kritická infraštruktúra** - Zvýšené nároky na zvládanie klimatických katastrof a ochranu kritickej infraštruktúry.
- **Hospodárstvo a priemysel** - Ekonomické straty spojené s narastajúcou frekvenciou extrémnych udalostí a prerušením dodávateľských reťazcov.
- **Energia** - Vplyv na výrobu energie, najmä obnoviteľnej, a zmeny dopytu po energii v dôsledku teplotných zmien.
- **Financie** - Rastúce náklady na adaptáciu, poistenie a obnovu po extrémnych udalostiach.
- **Lesné hospodárstvo** - Riziká pre zdravie lesov spôsobené škodcami, požiarom a klimatickými extrémami.
- **Geologické prostredie a pôda** - Zvýšená erózia, degradácia pôdy a zmeny v geologickej stabilite.
- **Zdravie** - Dopady horúčav, chorôb prenášaných vektormi a znečistenia ovzdušia na verejné zdravie.
- **Hydrologický režim a manažment vodných zdrojov** - Nedostatok vody, zmeny v zrážkových režimoch a riziko povodní.
- **Informačné a komunikačné technológie (IKT)** - Potreba zvýšenej odolnosti IKT infraštruktúry voči extrémnym poveternostným podmienkam.
- **Územné plánovanie** - Adaptácia urbanistických plánov na riziká spojené s klimatickými zmenami.
- **Cestovný ruch** - Negatívny dopad na sezónny cestovný ruch, prírodné atrakcie a kultúrne pamiatky.
- **Doprava, infraštruktúra a budovy** - Riziká pre dopravnú sieť a stavebné objekty spôsobené extrémnymi poveternostnými javmi.
- **Cezhraničné, kaskádové a vznikajúce riziká** - Medzinárodné a prepojené dopady klimatických zmien, napr. na obchod a migráciu.

## Revízia a aktualizácia národnej stratégie adaptácie na zmenu klímy na Slovensku

Výstup 2.3: Hodnotenie klimatických rizík a zraniteľnosti Slovensko

### Primárne klimatické riziká pre poľnohospodárstvo na Slovensku:

1. **Stres zo sucha a nedostatok vody**
2. **Extrémne teploty a vlny horúčav**
3. **Erozívna degradácia**
4. **Zmeny v zrážkach a pôdnej vlhkosti**
5. **Nárast škodcov a chorôb**
6. **Fenologické zmeny a predĺženie vegetačného obdobia**
7. **Ekonomické dopady a potravinová bezpečnosť**
8. **Nízka adaptačná kapacita**



# Klimatické údaje ako základ pre udržateľné plánovanie

**Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ)** je kľúčovou rezortnou inštitúciou MŽP SR, ktorá zabezpečuje monitorovanie, výskum a analýzu meteorologických, klimatologických, hydrologických a environmentálnych údajov. Ústav je zodpovedný za sledovanie a hodnotenie stavu atmosféry, vody, a kvality ovzdušia, pričom údaje získava prostredníctvom rozsiahlej siete meteorologických, klimatologických staníc a účelových staníc.

## Synoptické stanice:

Slúžia na zber údajov o počasí v reálnom čase. Vykonávajú kontinuálne merania každú hodinu alebo častejšie. Na Slovensku je **približne 20 synoptických staníc**.

## Klimatologické stanice:

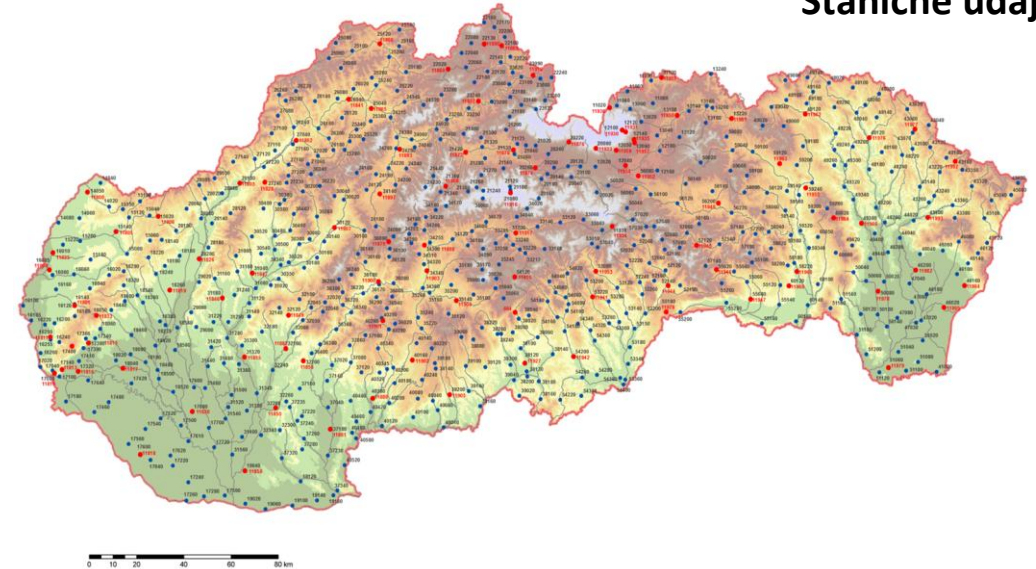
Monitorujú dlhodobé klimatické údaje a trendy. Údaje sa zaznamenávajú v hodinových, denných alebo mesačných intervaloch. Slovensko má **viac ako 100 klimatologických staníc**, ktoré poskytujú údaje o miestnych klimatických podmienkach.

## Zrážkomerné stanice:

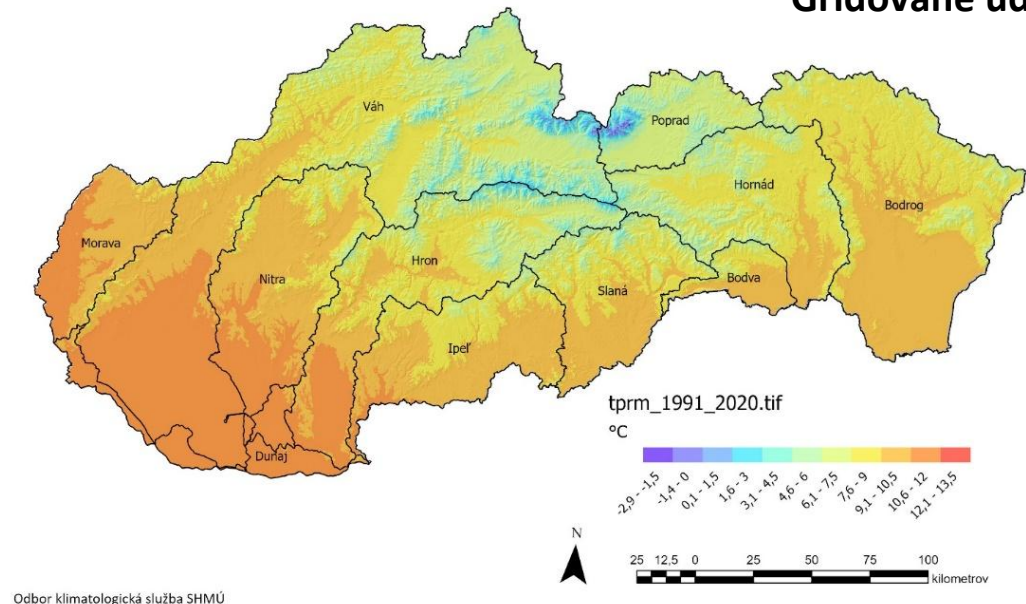
Zameriavajú sa na meranie atmosférických zrážok (dážď, sneh, krúpy). Dôležité sú pre monitorovanie povodní a vodného režimu. Na Slovensku je viac ako **700 zrážkomerných staníc**.

**OPEN DATA ---> 2025-2026?**

## Staničné údaje



## Gridované údaje



Odbor klimatologická služba SHMÚ

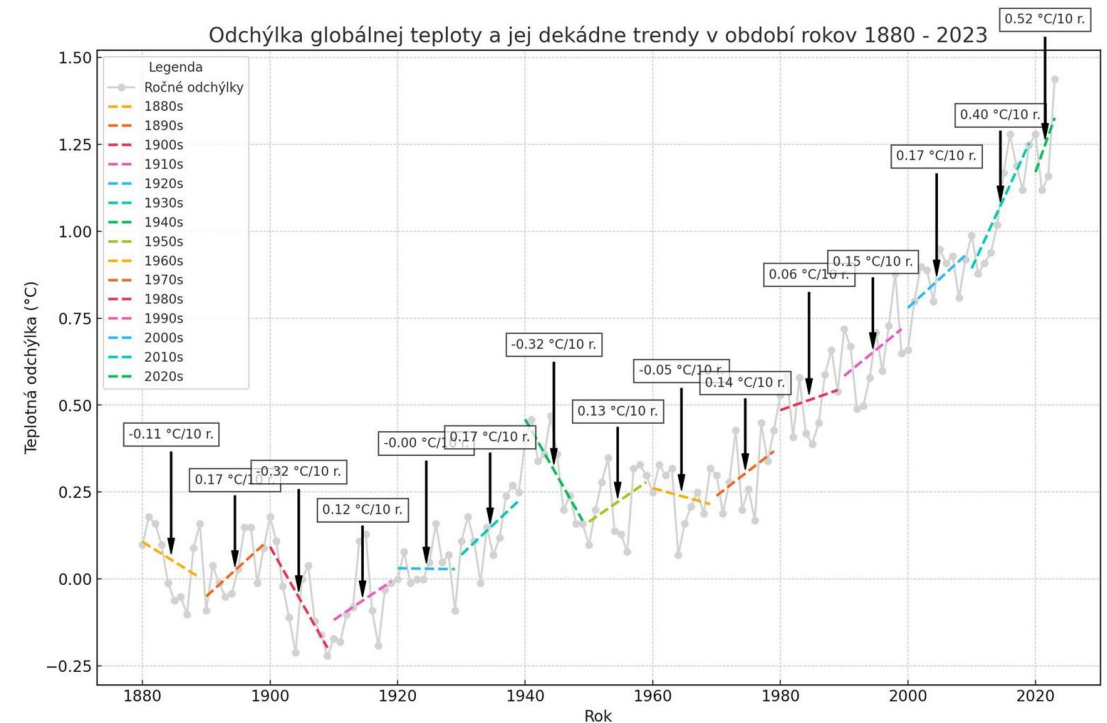
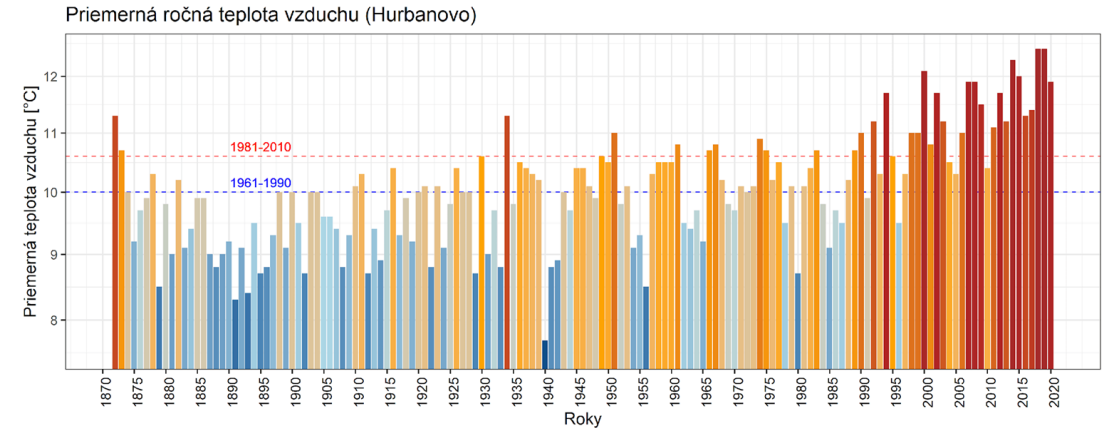
# Historické údaje ako základ pre analýzu zmien

## Teplota vzduchu:

- Priemerná ročná teplota na Slovensku **od roku 1881 stúpla o 2 °C**, čo predstavuje nárast o 0,15 °C za dekádu.
- V rokoch 2000–2020 bola priemerná rýchlosť oteplenia 0,0646 °C ročne, čo je dvojnásobok svetového priemeru.
- Počet letných dní ( $\geq 25$  °C) a tropických dní ( $\geq 30$  °C) výrazne vzrástol od konca 20. storočia.
- Najteplejšie **letu bolo zaznamenané v roku 2024** s priemernou teplotou 20,7 °C, čo prekonalo predchádzajúci rekord z roku 2022.
- Nárast teplôt je najvýraznejší v letných mesiacoch – napríklad augustové teploty vzrástli o viac ako 1,8 °C oproti predchádzajúcim referenčným obdobiam.
- Frekvencia **vín horúčav** sa výrazne zvýšila, pričom tropické teploty sa objavujú už koncom apríla a začiatkom mája.

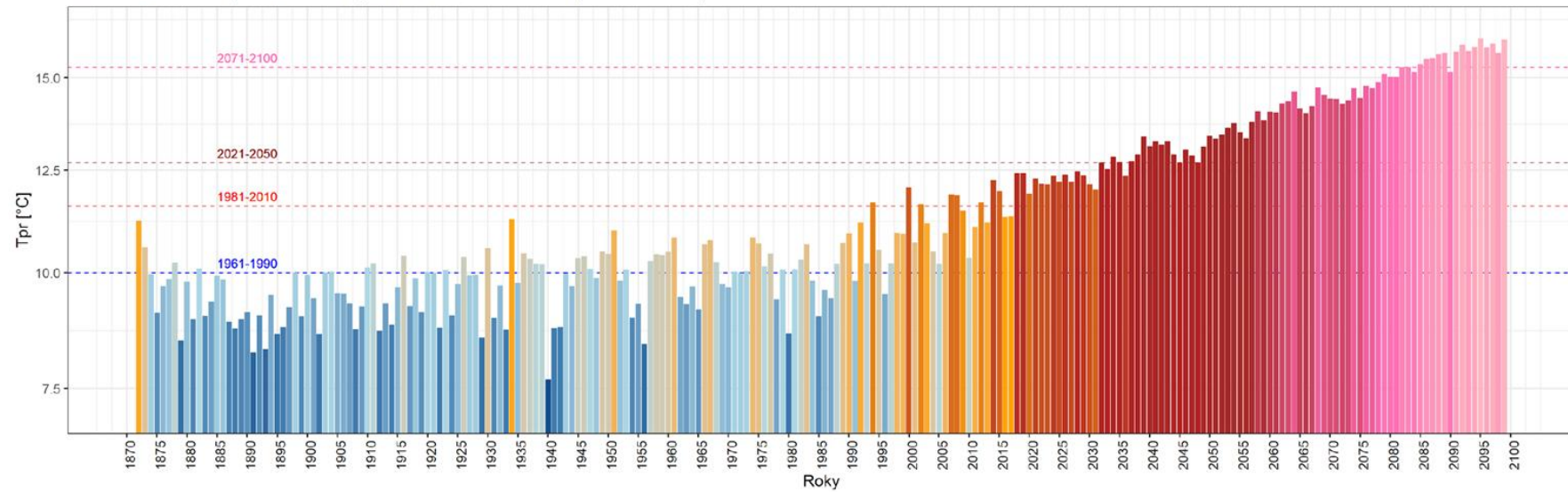
## Atmosférické zrážky:

- Zrážky vykazujú vysokú priestorovú a časovú variabilitu.
- Najvyšší nárast bol zaznamenaný **vo vyšších nadmorských výškach**.
- V lete 2024 bol zaznamenaný deficit zrážok, pričom zrážky v júli a auguste dosiahli len 15–40 % dlhodobého priemeru.
- Časté **extrémne búrky** v júni prispeli k lokálnym záplavám, ale zároveň k veľkým rozdielom v rozložení zrážok.
- Dlhodobo sa znižuje odtok v jarných a letných mesiacoch, čo súvisí s **nárastom sucha**.

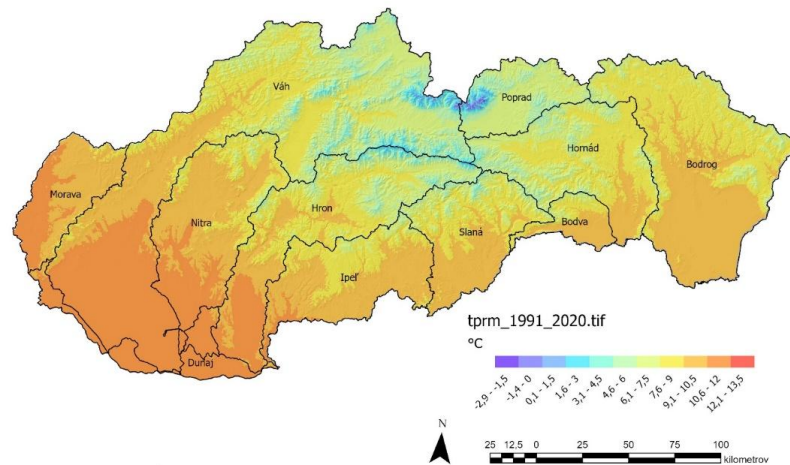


# Klimatické projekcie: Pohľad do budúcnosti

Priemerná ročná teplota vzduchu (Hurbanovo; 1872 - 2100 podľa RCP8.5)

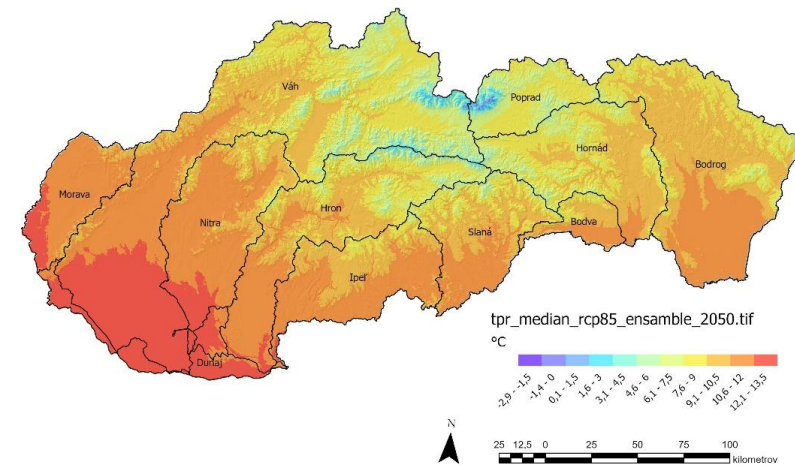


Dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu [°C] na Slovensku za obdobie rokov 1991-2020



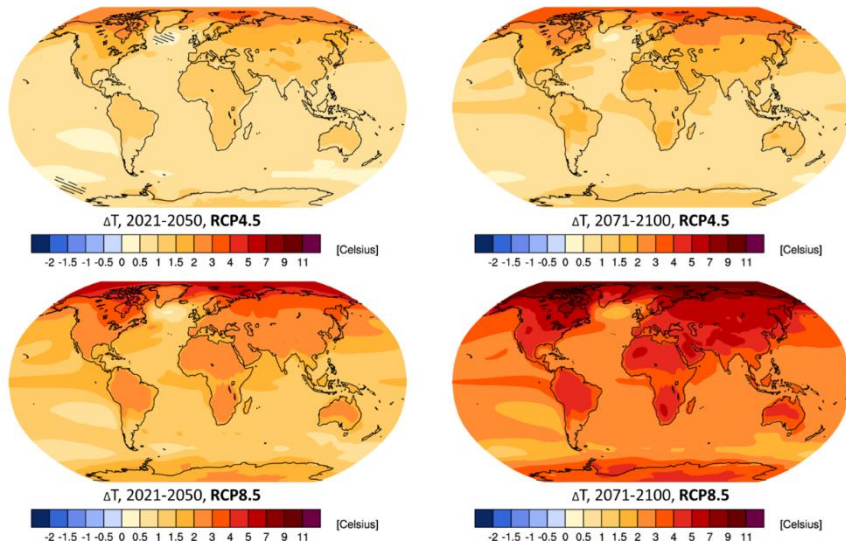
Odbor klimatologická služba SHMÚ

Dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu [°C] na Slovensku pre RCP8.5 a horizont 2050



Odbor klimatologická služba SHMÚ

# Klimatické projekcie: Pohľad do budúcnosti



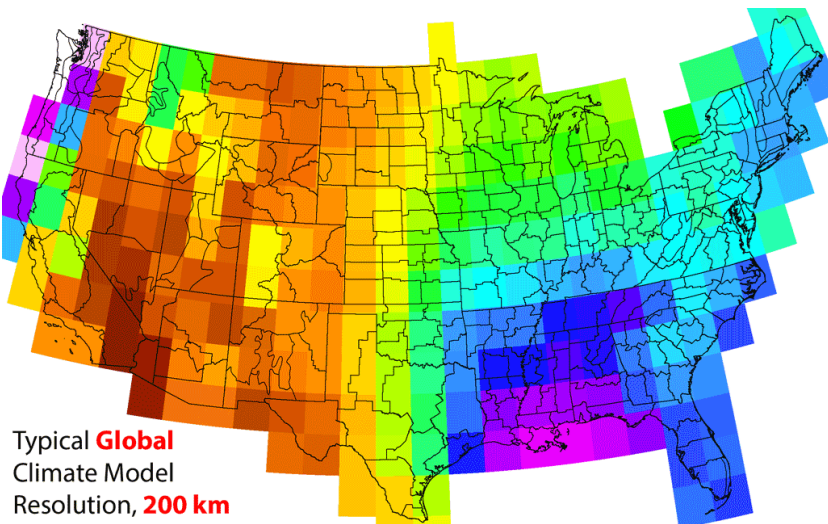
**GCMs** ("general circulation model" alebo "global climate model") predstavujú matematické modely globálneho klimatického systému, sú založené na riešení pohybových a termodynamických rovníc, ktoré popisujú procesy v klimatickom systéme, pomocou metód numerickej matematiky. Numerické riešenie rovníc prebieha v sieti tzv. **gridových (uzlových) bodov** a v rôznych vertikálnych hladinách – vzájomná horizontálna vzdialenosť uzlových bodov určuje horizontálne rozlíšenie modelu.

GCMs simulujú pomerne spoľahlivo veľkorozmerná poľa klimatologických veličín vo voľnej atmosfére. Kvôli malému horizontálnemu rozlíšeniu však **nie sú schopné dobre zachytiť lokálne črty klímy.**

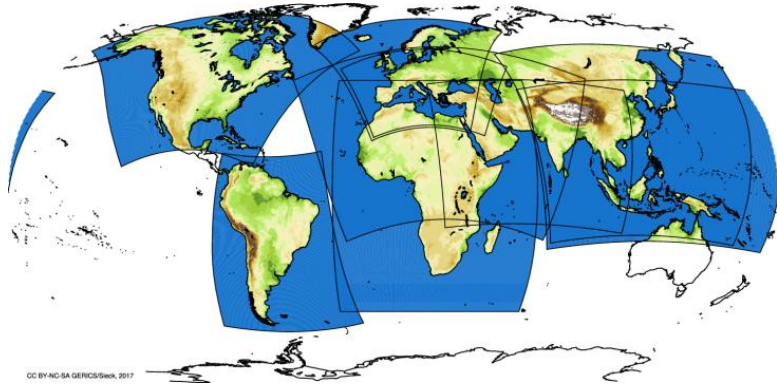
- **dynamický downscaling**
- **štatistický downscaling**

Regionálne klimatické modely **RCMs** predstavujú jednu z najpoužívanějších metód zmenšovanie mierky výstupov GCMs (využitím **dynamického downscalingu**). Modelová simulácia v tomto prípade neprebieha na celom glóbose, ale na obmedzenej oblasti, zato s väčším priestorovým i časovým rozlíšením.

**Dostupnosť**  **COPERNICUS/C3S**  
**(CMIP5 & CMIP6, EURO-CORDEX, ERA5)**



# Klimatické projekcie a scenáre



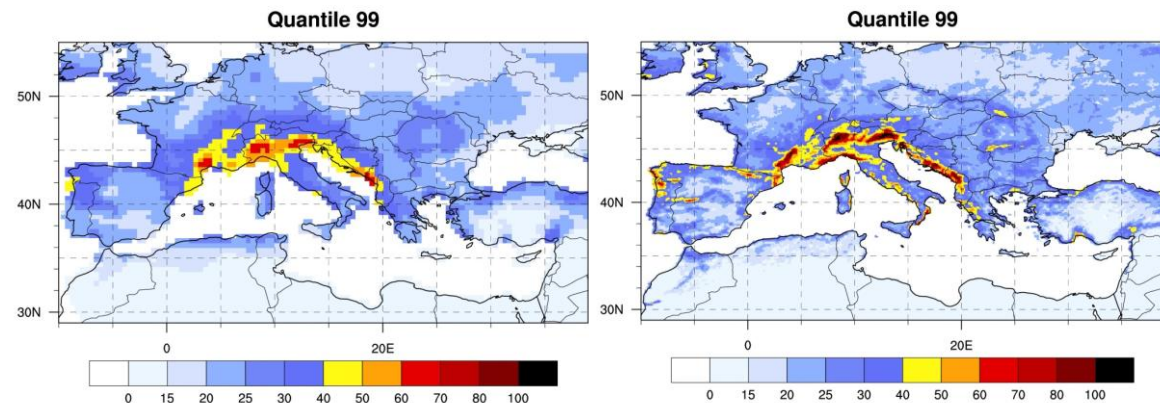
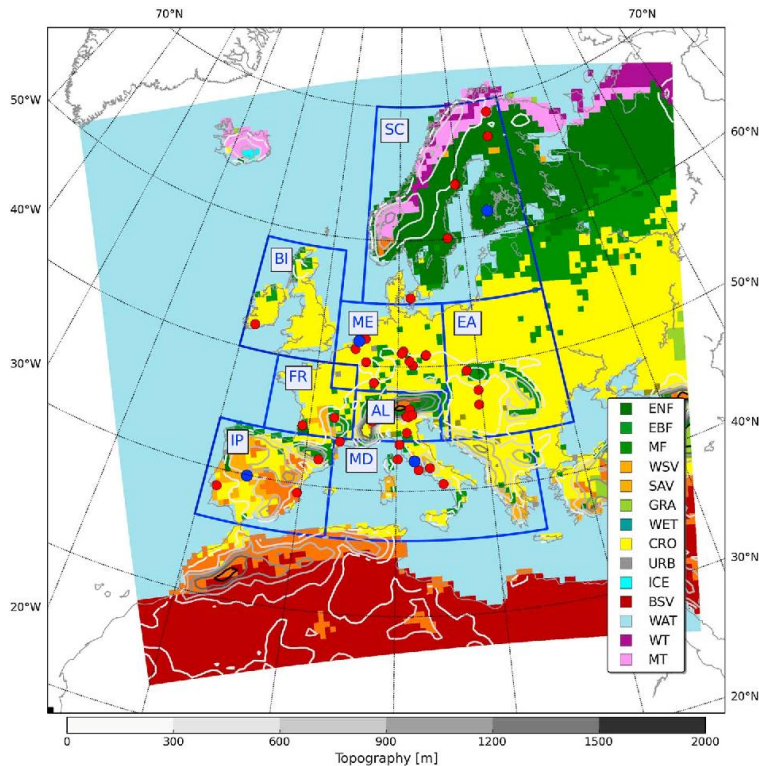
Projekt **CORDEX** (<http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/>) je momentálne najvýznamnejšou výskumnou iniciatívou v oblasti globálneho/regionálneho modelovania, časť projektu zaoberajúca sa oblasťou Európy sa nazýva **EURO-CORDEX** ([www.euro-cordex.net](http://www.euro-cordex.net)) – čaká sa na update!

RCMs EURO-CORDEX sú riadené globálnou reanalýzou **ERA-Interim** (ERA5; RCPs -> SSPs emisné scenáre).

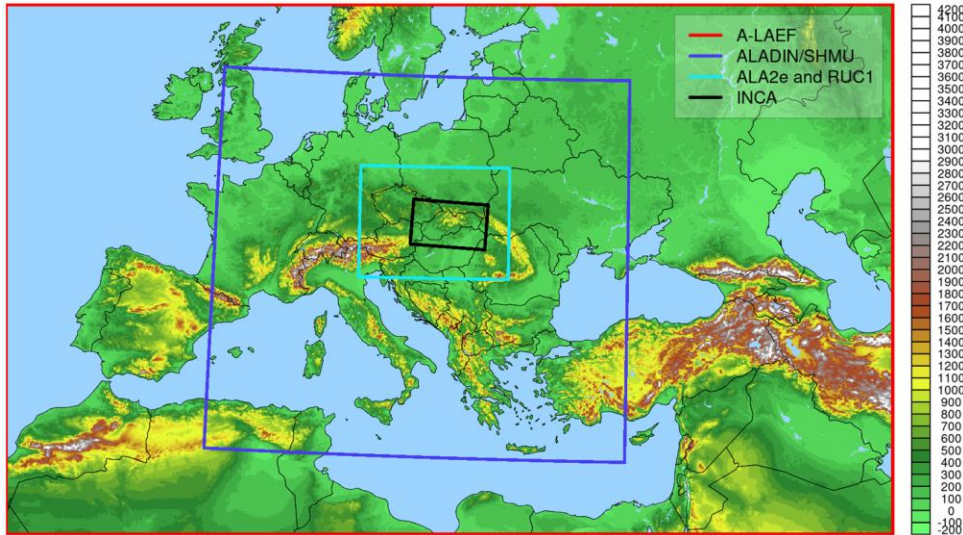
Pre prípravu scenárov bolo využitých 15 RCMs EURO-CORDEX s rozlíšením 12 × 12 km, pre obdobie 2030 – 2100 (hist. behy pre 1951 – 2006).

Pre korekciu odchýlok simulácií scenárov boli použité metódy bias-correction (kvantilové mapovanie „Qmap“ + gama distribúcia [?] napr. pre denné úhrny zrážok).

Vybrané metódy pre BC využitím Qmap: <https://github.com/saedoquililongo/climQMBC>



# Regionálny klimatický model ALADIN-CLIMATE



ALADIN (ALARO) systems at SHMU				
CSC	A-LAEF	ALADIN/SHMU	ALA2e	RUC1/ALA1
status	operational (common RC LACE)	operational		test mode
code version	CY40T1bf07+	CY46T1bf07	CY43T2bf11	CY46T1bf07
physics	ALARO-1vB (multi-physics + surface SPPT)		ALARO-1vB	
dx	4.8 km	4.5 km	2.0 km	1.0 km
points	1250 x 750	625 x 576	512 x 384	1024 x 768
vertical levels	60	63	87	87
time step	180 s	180 s	90 s	30 s
forecast ranges + frequency	72/-/72/- hourly	78/72/72/60 hourly	72/-/72/- hourly	hourly, up to +12h or 48h (ALA1)
coupling model	ECMWF ENS (c903@cy48t2), 6h (time-lagged)	ARPEGE (long- & short cut off), 3h	ECMWF, 3h (time-lagged)	ARPEGE (time-lagged), 1h, SCC
surface data assimilation	ensemble surface data assimilation (ESDA) by CANARI	CANARI	A-LAEF CNTRL init downscaling	CANARI
upper-air data assimilation	spectral blending by DFI	Blending by DFI + 3D-Var		3D-Var
initialization	none	none	DFI	DFI
HPC	Atos Sequana XH2000 AMD (ECMWF)	NEC HPC – 240 nodes, 6230 Intel Xeon Gold Scalable Processors (Cascade Lake), Omni-Path, Linux		
nodes	85	40	40	40

Model **ALADIN** začal byť vyvíjaný začiatkom 90. rokov minulého storočia ako nástroj pre dynamickú adaptáciu (downscaling) globálneho predpovedného modelu ARPÉGE (prevádzkovaný v Météo-France).

Po roku 2000 sa objavila snaha využiť model ALADIN aj pre dlhodobé integrácie pre potreby klimatického modelovania.

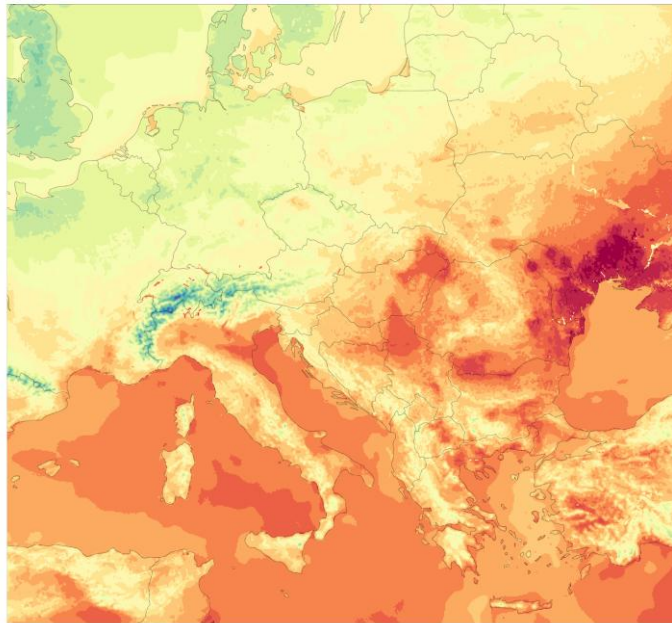
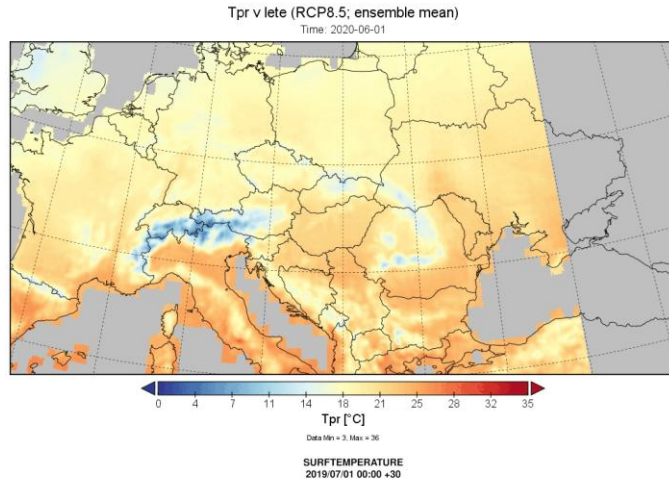
Český hydrometeorologický ústav, ktorý prevádzkuje a vyvíja verziu **ALADIN-CLIMATE/CZ** pre územie Českej republiky dlhodobo pracoval s integráciou údajov pre priestorové rozlíšenie približne 25 × 25 km (pre obdobie 1961-2100), v súčasnosti sa už testujú aj behy s jemnejším priestorovým rozlíšením (<10 km).

Riadiaci globálny klimatický model **ARPÉGE-CLIM** má v rámci Európy priestorové horizontálne rozlíšenie väčšinou okolo 50 × 50 km, na protiľahlej strane glóbusu potom 300 × 300 km.

RCM **ALADIN-CLIMATE/CZ** preukázal schopnosť simulovať klimatické charakteristiky v dostatočnej kvalite s rozlíšením 10-25 km, čo je v podmienkach strednej Európy obzvlášť dôležité.

Aktualizované **regionálne scenáre pre Slovensko** s pravdepodobným výhľadom zmien v časových horizontoch okolo roku 2030, 2050 a 2100 sú základnými podkladmi pre prípravu štúdií o dopadoch zmien klímy na vybrané sektory národného hospodárstva.

# Regionálny klimatický model ALADIN-CLIMATE



Účelom je príprava fyzikálne konzistentných a validovaných časových radov a priestorových polí (regionálny aspekt) vybraných meteorologických prvkov a ich charakteristík pre časové obdobie **2030 – 2100** (resp. 2035, 2050, 2080):

- 1) **Priemerná teplota vzduchu** (sezónne a ročné priemery).
- 2) Extrémne teploty vzduchu (Tmax & Tmin) + špecifické hodnoty (LD, TP, MD, etc.).
- 3) Vlny horúčav (leto) a vlny chladu (zima) pre zvolené kritéria (podľa WMO).

- 1) **Vlhkosť vzduchu a jej charakteristiky** (výskyt dusna).
- 2) Bioklimatologické indexy (Heat Index & UTCI index).

- 1) **Priemerné zrážkové pomery** (sezónne a ročné úhrny zrážok).
- 2) Tuhé vs. tekuté zrážky / Konvektívne vs. stratiformné zrážky (**RCM ALADIN**).
- 3) Snehová pokrývka a zmeny jej režimu (**RCM ALADIN**).

- 1) **Extrémny zrážok** (max. 24 hrs/48 hrs/120 hrs).
- 2) Extrémne krátkodobé zrážky – intenzity (IDF krivky) a návrhové hodnoty int. RR.

- 1) **Suché & bezzrážkové periódy** (podľa zvolených kritérií).
- 2) Potenciálna a reálna evapotranspirácia (**RCM ALADIN**).
- 3) Sucho podľa vybraných indexov (SPEI, SPI, etc.).
- 4) Pôdne sucho (**RCM ALADIN** s využitím submodelu SURFEX).

**Zdroje klim. simulácií:** EURO-CORDEX (Copernicus C3S; 2023)  
oper. RCM **ALADIN** (ALARO-1 & CNRM ESM2-1; 2023 – 2024).

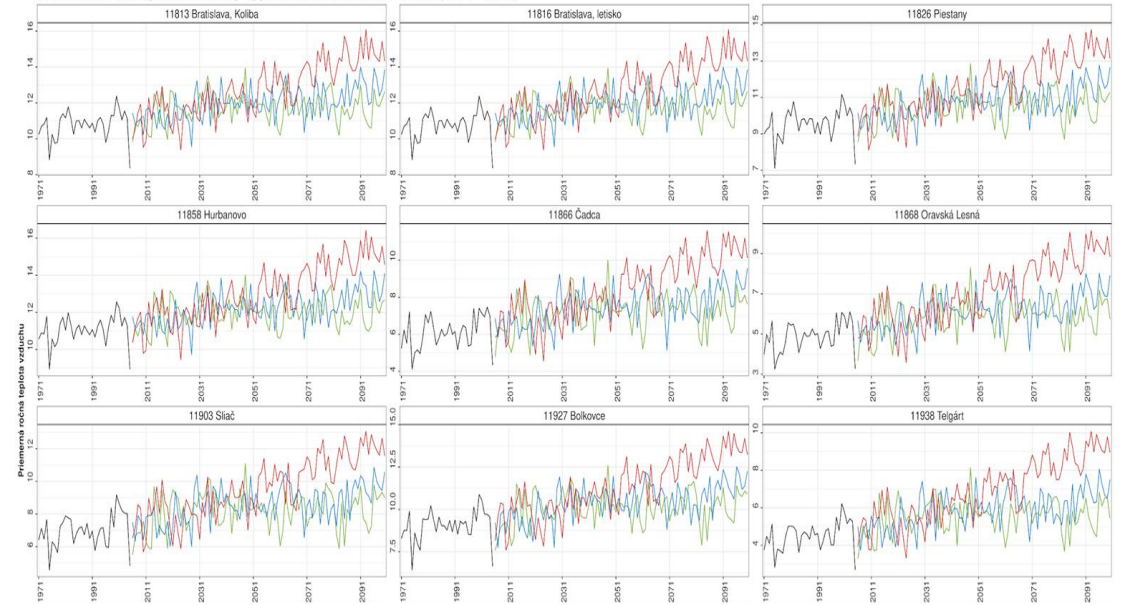
**Validácia:** klim. simulácie vs. in-situ merania (regionálne: gridované polia pre T & RR).

# Klimatické projekcie pre územie Slovenska

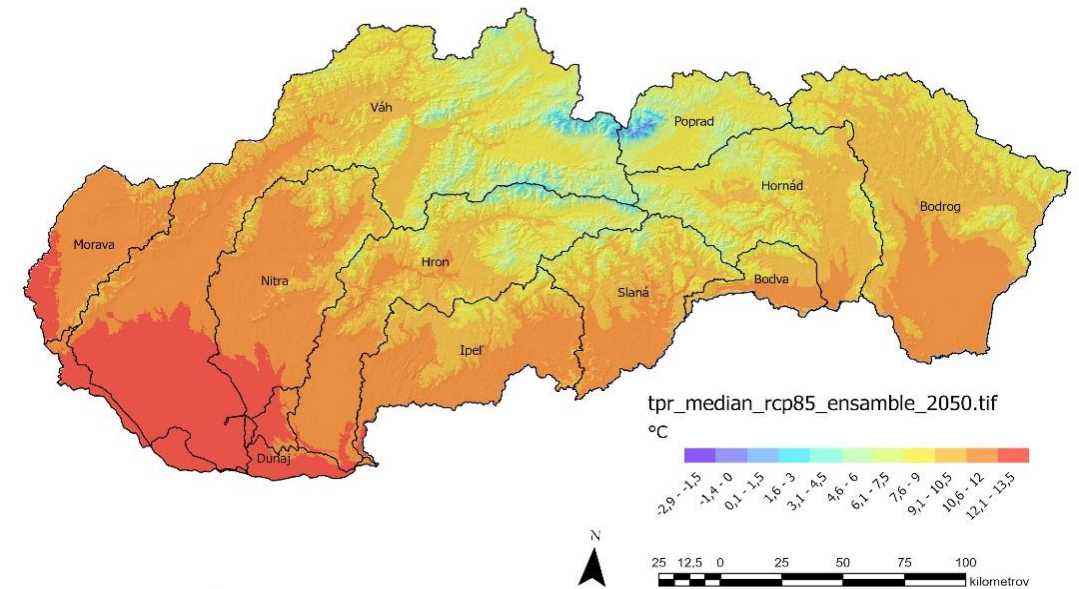
## Teplota vzduchu:

- Budúci rozsah klimatických zmien do roku 2100 bude závisieť od emisií skleníkových plynov a ich koncentrácie v atmosfére, pričom scenáre RCP (napr. RCP4.5 a RCP8.5) a SSP poskytujú rôzne projekcie.
- Slovensku sa do roku 2100 očakáva **nárast priemernej ročnej teploty** o 1,3 °C až 3,2 °C v strednom scenári (RCP4.5) a až **o 6 °C** v scenári vysokých emisií (RCP8.5).
- Do roku 2030 sa očakáva zvýšenie teploty o 0,7–0,9 °C, do roku 2050 o 2–3 °C a do roku 2100 až o 3,5–6 °C.
- **Tropické dni** ( $\geq 30\text{ °C}$ ) výrazne pribudnú: Bratislava by mohla zaznamenať až 30,5 tropických dní ročne do roku 2100 v rámci RCP8.5, čo je nárast o 18 dní oproti referenčnému obdobiu 1991–2020.
- Predpokladá sa pokles počtu mrazových a ľadových dní a častejšie, **intenzívnejšie a dlhšie vlny horúčav**, ktoré by sa mohli objavovať už v máji a trvať až do septembra.
- Do roku 2100 sa očakáva výrazné otepľovanie v zime (+2,5–5 °C) a v lete (+1,5–4 °C), pričom jeseň bude vykazovať pomalšie otepľovanie.
- Nárast teploty by mal byť sprevádzaný **intenzívnejšími extrémami**, ako sú dni so silným dažďom alebo suché obdobia, čo podčiarkuje potrebu adaptácie v riadení vodných zdrojov a povodní.
- Zmena teploty a zrážok bude mať významné dopady na regióny a mestá, pričom južné a nížinné oblasti budú postihnuté výraznejším nárastom teplôt a počtu tropických dní.

Priemerná ročná teplota vzduchu [°C] podľa RCMs EURO-CORDEX (1971 - 2100)



Dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu [°C] na Slovensku pre RCP8.5 a horizont 2050

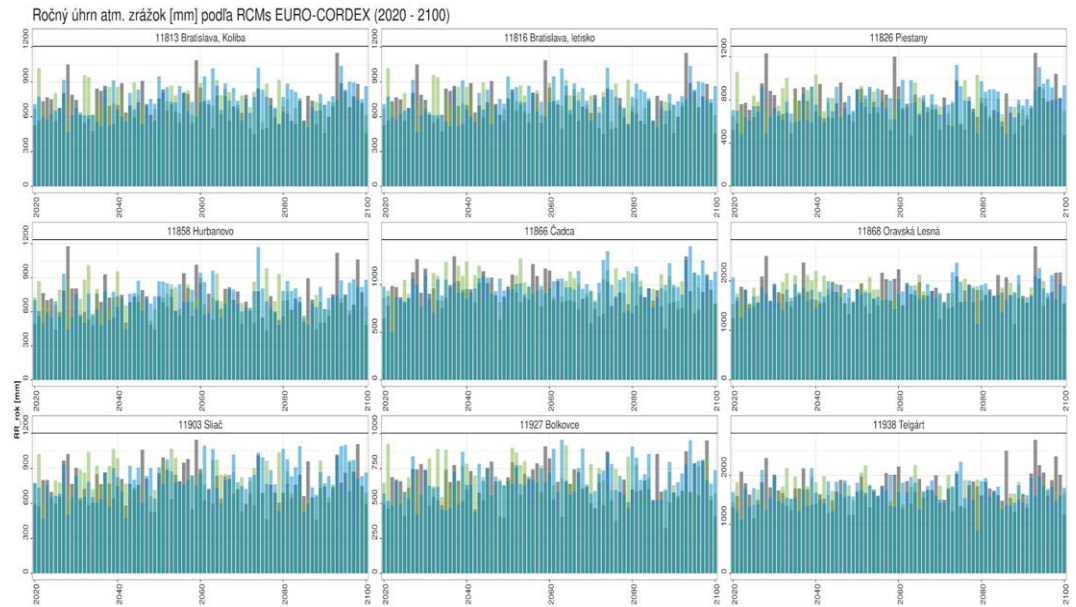


Odbor klimatologická služba SHMÚ

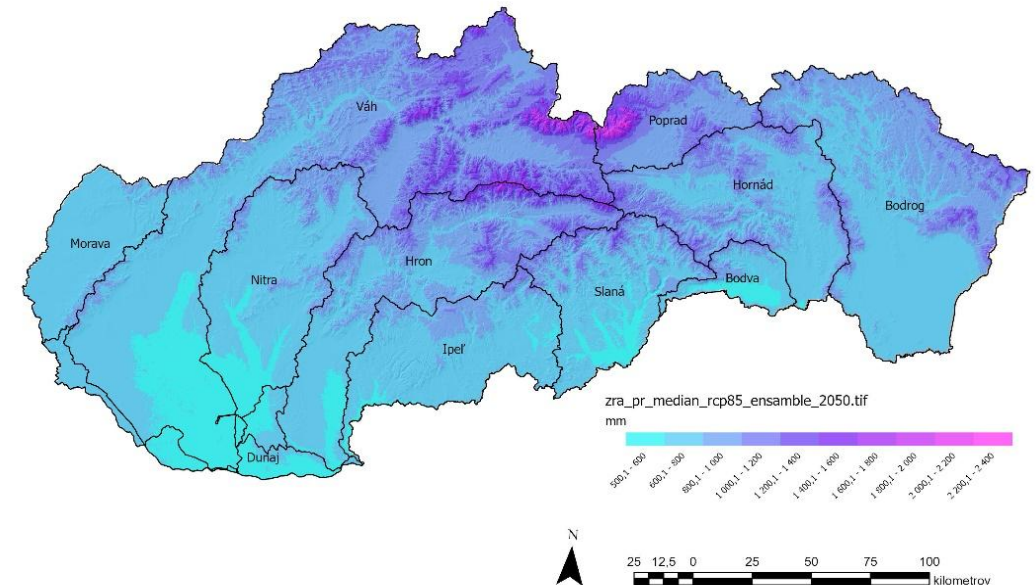
# Klimatické projekcie pre územie Slovenska

## Atmosférické zrážky a extrémny:

- Očakáva sa **nárast ročných zrážok o 10–15 %** do roku 2100, s vyššími nárastmi v zime a na severe, zatiaľ čo letné zrážky môžu klesnúť.
- Krátkodobé intenzívne dažde sa zvýšia, čo spôsobí vyššie riziko povodní. Letné suchá budú častejšie, najmä na juhu, s poklesom letného **odtoku až o takmer 70 %**. Intenzívne dažde sa zvýšia najmä v Žiline a Nitre, kde sa ich počet môže takmer zdvojnásobiť v scenári vysokých emisií (RCP8.5).
- Zimný a jarný odtok pravdepodobne vzrastie, čo však môže byť kompenzované letným nedostatkom vody.
- Potenciálne **zvýšenie sucha a nedostatku vody** v nižších nadmorských výškach však ohrozí úrodu a zvýši nároky na zavlažovanie.
- **Nárast intenzity búrok a krupobitia o 40–150 %**, nárazy vetra môžu byť o 20–80 % častejšie a silnejšie.
- K intenzívnejšej erózii pôdy prispievajú častejšie prívalové dažde a zvýšená veterná erózia v suchých obdobiach.
- Do roku 2075 sa očakáva **deficit vody v nižších oblastiach 200–400 mm ročne**, čo zvýhodní suchu odolné rastliny, no ohrozí lesy v nižších a stredných polohách.
- Adaptačné stratégie budú musieť zahŕňať lepšie hospodárenie s vodou, aktualizované poľnohospodárske postupy a nové metódy ochrany proti erózii.



Priemerné mediánové sumy zrážok [mm] na Slovensku podľa scenára RCP8.5 pre horizont 2050



# Častejší výskyt extrémnejších zrážok?

Meteorologické zprávy – 73 – 2020

## Are rainfall extremes becoming non-stationary due to global warming? A case-study from Slovakia

Spôsobuje globálne otepľovanie nestacionaritu extrémov zrážok?  
Príklad zo Slovenska

### Milan Onderka

Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences,  
Department of Atmospheric Physics  
Dúbravská cesta 9, Bratislava, SK-814 38, Slovakia  
✉ milan.underka@savba.sk

### Jozef Pecho

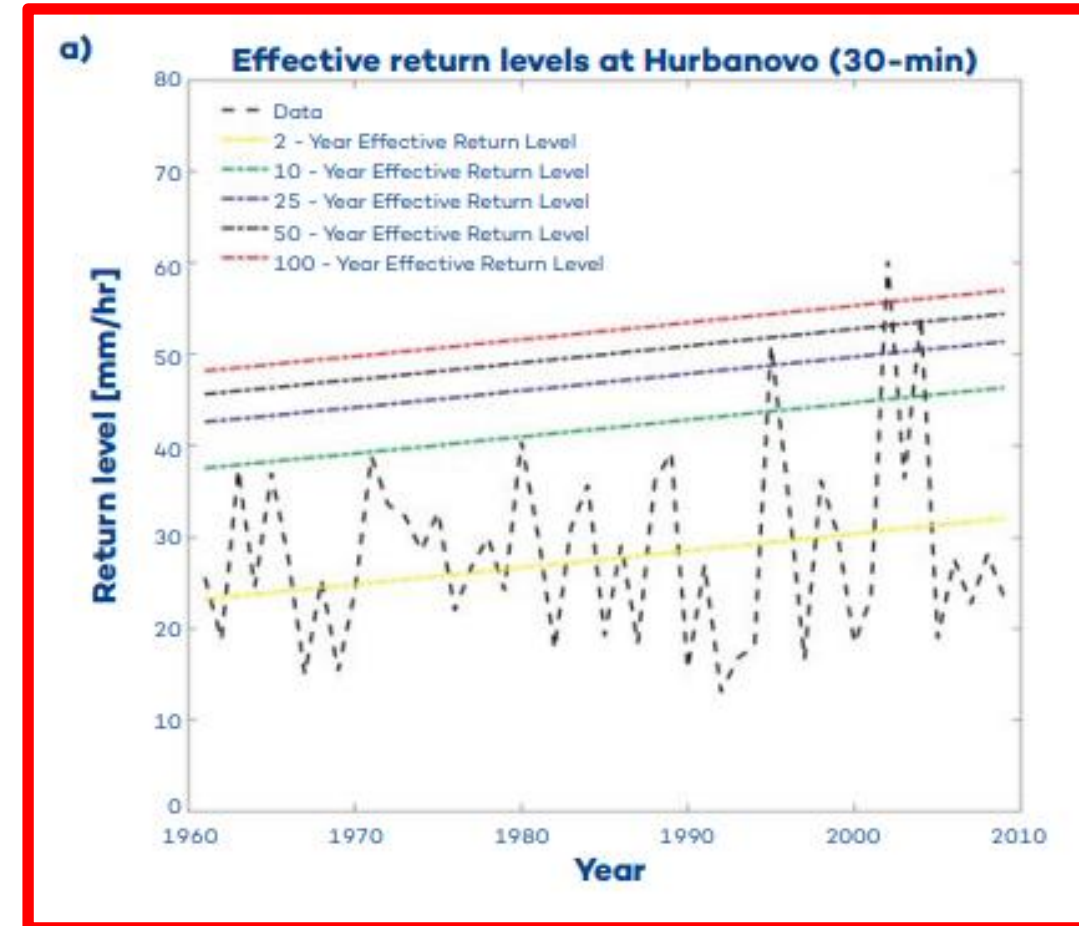
Slovak Hydrometeorological Institute,  
Jeséniova 17, Bratislava, SK-833 15, Slovakia;  
Faculty of Mathematics, Physics and Informatics,  
Comenius University, Bratislava, SK-842 48, Slovakia

**KEYWORDS:** precipitation extremes – design values – nonstationarity

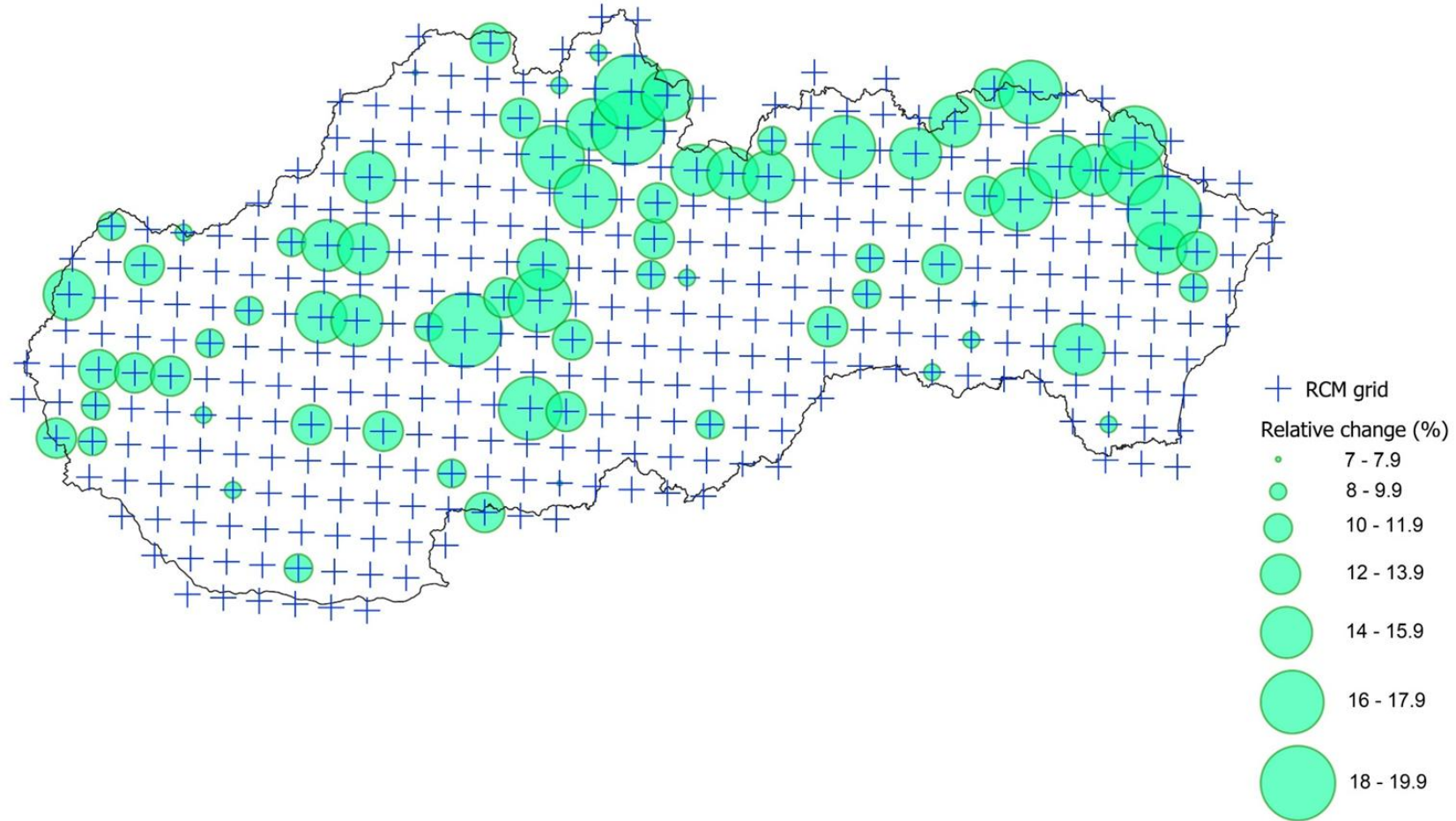
**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** extrémny zrážkové – hodnoty návrhové – nestacionarita

### 1. Introduction

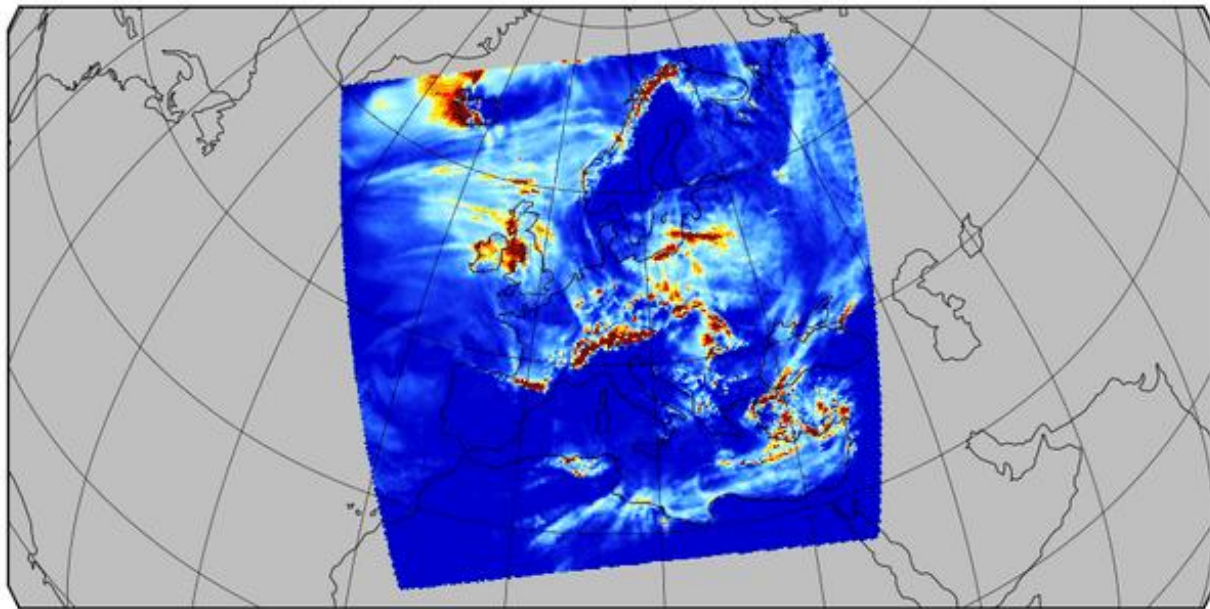
The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2012) stressed the fact that continuation of the observed Earth warming would change the frequency, severity and spatial pattern of climatic extremes (IPCC 2012). A substantial



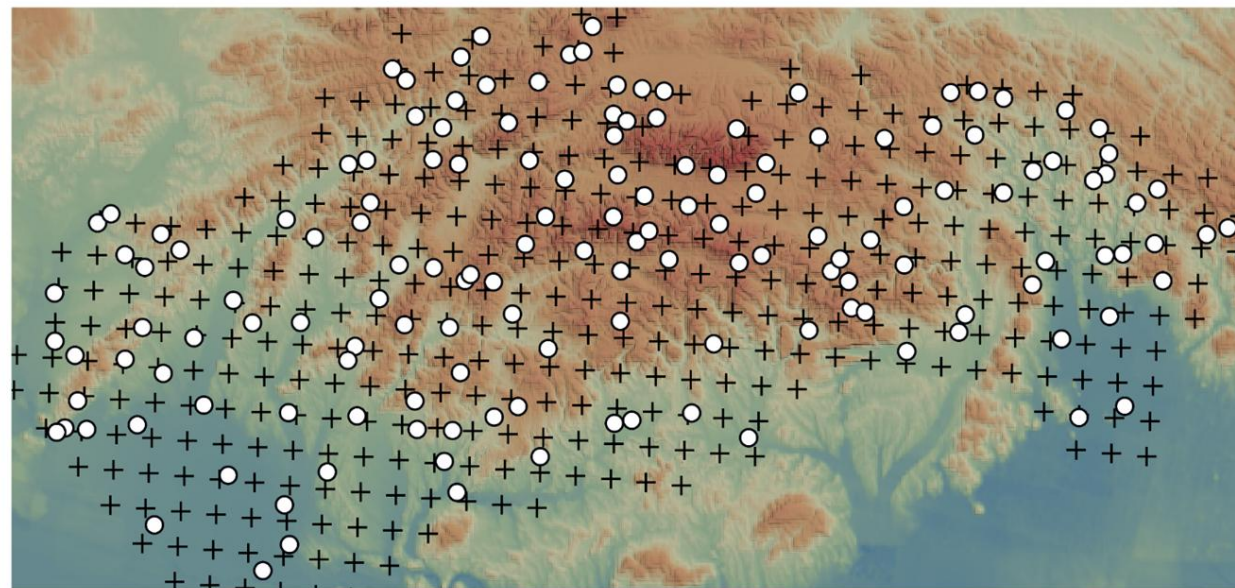
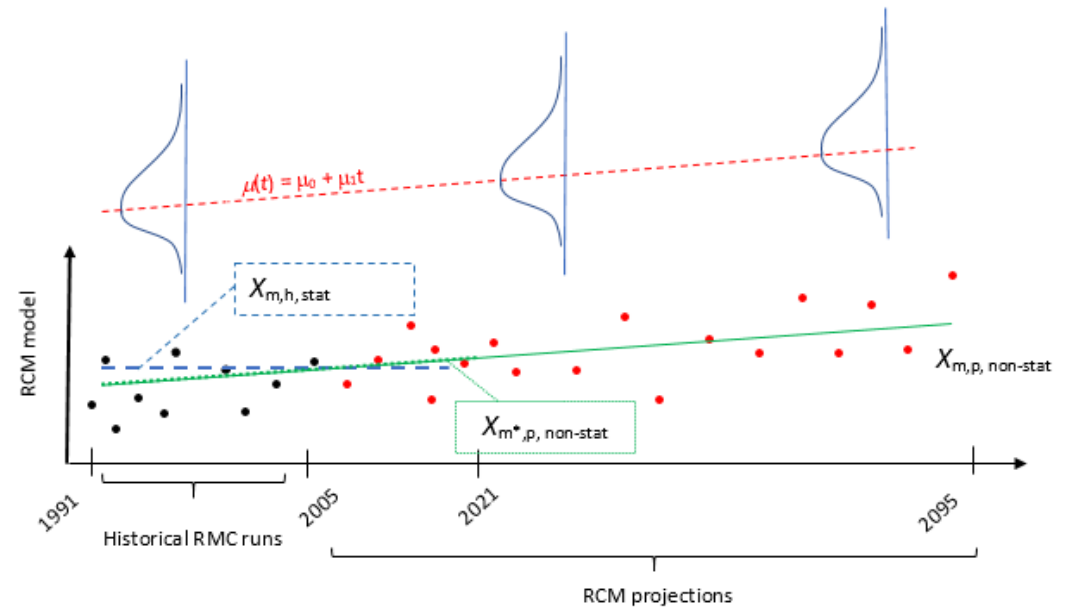
# Častejší výskyt extrémnejších zrážok?



### Precipitation

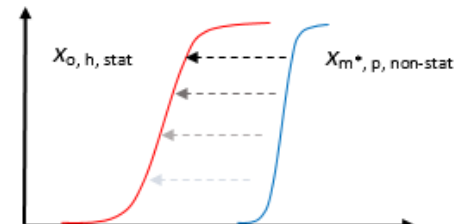
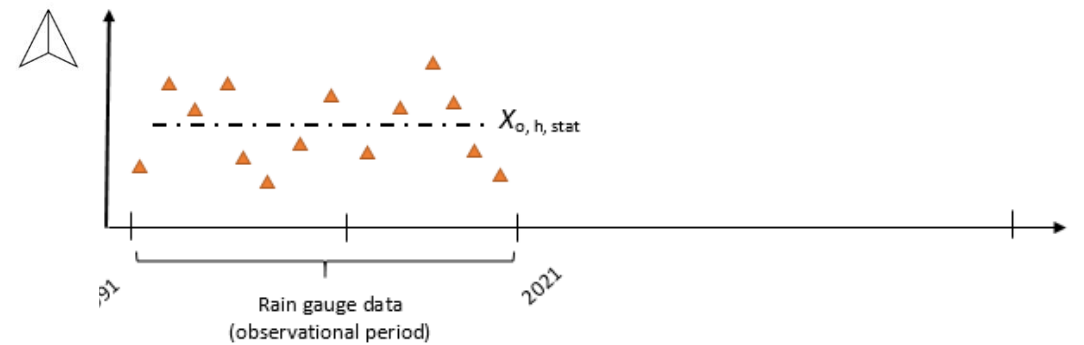


Precipitation ( $10^{-1} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )

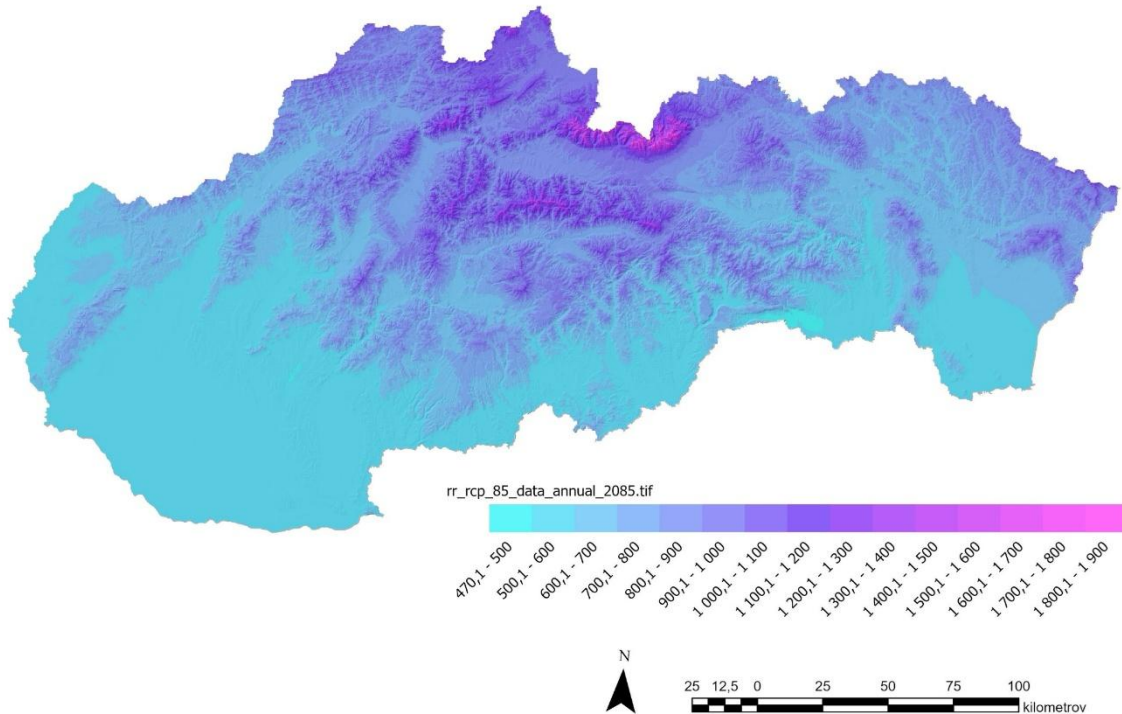


○ Rain gauge

0 50 100 km



# Scenáre vývoja ročného chodu a výskytu extrémov (RR > 40 mm)

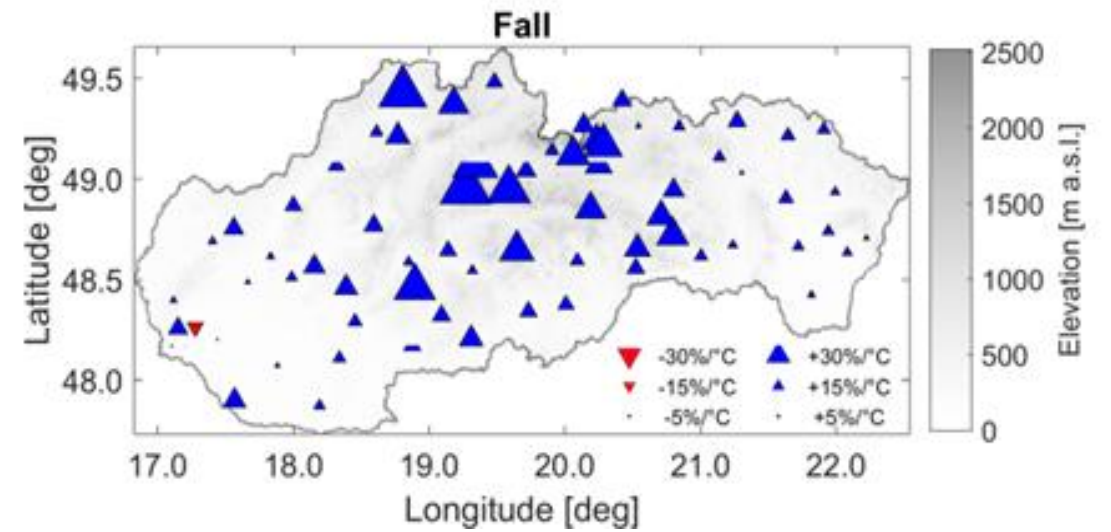
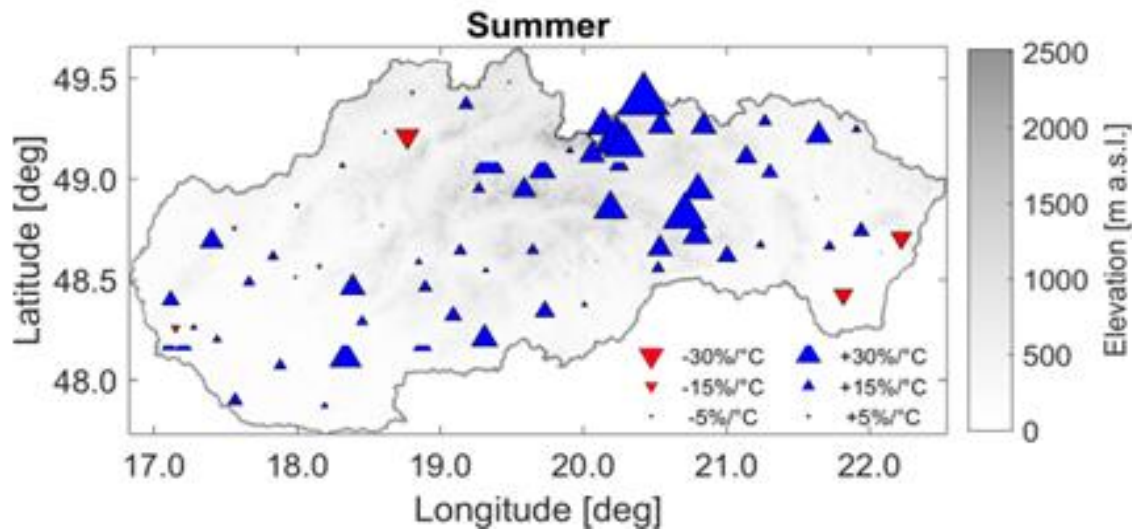


Odbor klimatologická služba, SHMÚ ©

- Podľa pesimistického scenára RCP85 možno očakávať zvýšenie mesačných úhrnov v zimnej až jarnej sezóne hlavne v podobe zrážok v kvapalnej forme, zatiaľ čo v letných mesiacoch by podľa spracovaných modelov malo dôjsť k celkovému poklesu mesačných úhrnov.
- Z porovnania oboch emisných scenárov vyplýva možný nárast výskytu dní s denným úhrnom zrážok nad 40 mm na celom území Slovenska, avšak významne vyšší nárast možno očakávať v prípade scenára RCP85
- Napríklad v prípade lokality Bratislava – Koliba možno **podľa emisného scenára RCP85 očakávať medzi horizontom 2035 a 2085 nárast dní s úhrnom  $\geq 40\text{mm}$  o 37%.**

# Frekvencia zrážkových extrémov narastá

- Intenzity dažďov narastajú a vyskytujú sa častejšie ako v minulosti
- Podľa dostupných klimatických modelov budú silnieť
- Množstvo vodnej pary v atmosfére rastie cca. 7% /°C



# Návrhové hodnoty pre projekčnú činnosť - aktualizácia technických noriem

- Prehodnotenie pravdepodobnostných modelov výskytu extrémnych javov (COPULA, BAYESIAN STATISTICS, MEACHINE LEARNING, AI)
- Na historických dátach OK, ale **neplatí v prípade nestacionárnej klímy!**
- Potreba návrhové hodnoty adjustovať na zmeny klímy
- Nevyhnutné zmeny technických noriem





ĎAKUJEME ZA POZORNOSŤ

