

# MONITOROVANIE KLÍMY V OBLASTI SLOVENSKEJ ČASTI TOKU DUNAJA

Pavel Šťastný, Pavol, Faško, Pavol Nejedlík, Marek Švec

## Anotácia

Príspevok sa zaoberá monitorovacou sieťou klimatologických, zrážkomerných staníc v oblasti slovenského toku Dunaja a analýzou časových radov vybraných klimatických prvkov a fenologických charakteristík vo vzťahu k vodnému dielu Gabčíkovo. Zároveň rekapituluje doterajšie analýzy klimatického systému okolia Dunaja vzhľadom na dobudovanie a spustenie do prevádzky vodného diela Gabčíkovo.

## CLIMATE MONITORING IN THE AREA OF SLOVAK PART OF DANUBE RIVER

## Annotation

The paper deals with monitoring network of climatological and precipitation stations in the area of Slovak part of the Danube river and analysis of time series of selected climatological elements and characteristics in relation to Gabčíkovo Waterworks. It also summarizes the previous analysis of the climate system of this Danube area with regards to the completion and start of operation of Gabčíkovo Waterworks.

## Úvod

Výstavba sústavy vodných diel na Dunaji priniesla okrem politických problémov aj odborné, z ktorých časť je venovaná monitorovaniu prírodného prostredia v oblasti vplyvu Vodného diela Gabčíkovo na slovenskej ako aj na maďarskej strane. Monitorovanie podľa Dohody 1995 zabezpečuje a vykonáva splnomocnenec Vlády SR pre výstavbu a prevádzku Sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros, ktorý je zároveň povereným zástupcom Vlády SR pre monitorovanie podľa Dohody 1995. V rámci monitorovania sa zabezpečuje zber, spracovanie a interpretácia údajov o hladinách a prietokoch povrchových vôd, kvalite povrchových vôd a riečnych sedimentov, hladinách a kvalite podzemných vôd, sleduje sa vplyv vodného diela na poľnohospodárske pôdy, lesné porasty a biotu.

## Monitorovanie a hodnotenie klímy

Monitorovanie klímy v oblasti sústavy vodných diel (SVD) je podporným monitoringom, ktorý môže prispieť k lepšiemu poznaniu prírodných súvislostí pri modelovaní a interpretácii monitorovania vodnej bilancie ako aj vlhkosti pôdy.

V roku 1992 publikovali (Rak a Lapin, 1992) príspevok o klimatologickom zabezpečení monitoringu územia dotknutého výstavbou sústavy vodných diel na Dunaji, ktorý bol podložený štúdiou, pozostávajúcou z nasledovných častí:

1. Identifikácia regionálneho trendu niektorých klimatických prvkov s bezpečným vylúčením vplyvu SVD.
2. Spracovanie klimatických pomerov v pred nulovom stave (pred začatím výstavby SVD).
3. Určenie podielu SVD na zmeny mezo a mikroklimy v danej oblasti (po otvorení prevádzky SVD).

V 1. časti štúdie sa urobili analýzy vybraných trendových charakteristík pre tieto základné klimatické prvky, prevažne za obdobie 1901 -1990:

- teplota vzduchu
- atmosférické zrážky
- slnečný svit
- vlhkosť pomery
- potenciálna evapotranspirácia

V 2. časti štúdie sa vykonala analýza klimatických pomerov predmetného územia za obdobie 1951 – 1990 (čiastočne aj 1981 – 1990), t.j. analýza období počas výstavby SVD na Dunaji. Podrobne sa zhodnotili jednotlivé meteorologické prvky: atmosférické zrážky a snehová pokrývka, teplota vzduchu, slnečný svit a oblačnosť a vlhkosť vzduchu.

**Tab.1 Poloha použitých meteorologických staníc**

Stanica	Zemepisná šírka	Zemepisná dĺžka	Nadmorská výška [m]
Bratislava, Koliba	48° 10'	17° 07'	287
Bratislava, letisko	48° 10'	17° 12'	133
Hurbanovo	47° 52'	18° 12'	115
Žihárec	48° 04'	17° 53'	116

Stanica v Hurbanove, vďaka začiatku pozorovania meteorologických prvkov už v roku 1871, predstavuje unikát v sieti meteorologických staníc Slovenska. Pre túto stanicu umiestnenú v klimaticky najteplejšej oblasti Podunajskej nížiny sú charakteristické často najvyššie zaznamenané teploty vzduchu v rámci Slovenska. Juhozápadné Slovensko bolo vždy citlivým regiónom v súvislosti s tendenciami rastu teploty vzduchu, čo v minulosti neplatilo celkom jednoznačne o ostatných regiónoch Slovenska. V posledných rokoch sú však stále častejšie prípady výskytu výrazných oteplení, ktoré sa prejavujú už na celom území Slovenska, jeho vysokohorské polohy nevynímajúc. Hurbanovo má časový rad údajov meteorologických meraní dlhší ako 140 rokov, čo vytvára predpoklady na objektívnu analýzu dlhodobých trendov hodnôt meteorologických prvkov a ich charakteristík.

Teplota vzduchu a jej charakteristiky sú najfrekvencovanejšie využívanými údajmi. Priemerná ročná teplota vzduchu a priemerná sezónna teplota vzduchu štyroch ročných období patria k základným charakteristikám, ktoré určujú klímu danej oblasti.

Z grafických prílohou je zjavné, že počnúc poslednou dekadou 20. storočia sa začalo obdobie, ktoré sa zreteľne odlišuje od predchádzajúceho obdobia výrazným vzostupom teploty vzduchu. Na jar je oteplenie v posledných 22 rokoch (obdobie od roku 1991) také výrazné, že minimálne hodnoty priemernej teploty vzduchu na jar sú v súčasnosti na takej úrovni, ako bola štandardná priemerná jarná teplota vzduchu na konci 19. a začiatku 20. storočia. Z tohto vyplýva, že obdobie od roku 1991 je v porovnaní s obdobím 1971-1990 v priemere o 1°C teplejšie. Najvyššiu priemernú teplotu vzduchu na jar (13 °C), sme tu bola zatiaľ zaregistrovali v roku 2000.

Ešte rapídnejšie oteplenie v období od roku 1991 nastalo v lete, kde sú v súčasnosti minimálne priemerné teploty vzduchu v priemere približne o 2 °C vyššie ako za posledných 30 rokov 19. storočia a prvých 30 rokov 20. storočia. O tom, že toto oteplenie je skutočne výrazné svedčí fakt, že priemer teploty vzduchu za posledných 22 rokov je až 21 °C, kým ešte v predchádzajúcom dvadsaťročí (1971 -1990) bol iba 19,5 °C. Najvyššia priemerná teplota vzduchu v lete (23,1 °C), bola v Hurbanove dosiahnutá v roku 2003.

K o niečo menej výraznému otepleniu došlo v Hurbanove na jeseň, ale priemerná teplota vzduchu v rokoch 1991-2012 je v rámci vybraných období stále najvyššia (10,7 °C). V porovnaní s prvými tromi 20 ročnými obdobiami je tu v posledných rokoch jeseň o 1 °C teplejšia. Oteplenie na jeseň je najmenej presvedčivé a prispelo k tomu to, že v posledných dvoch desaťročiach bolo viac prípadov, kedy po horúcom lete nasledovalo výrazné jesenné ochladenie. Toto ochladenie bolo niekedy až na takej úrovni, že už v októbri sa aj v nižších polohách vytvorila taká hrubá vrstva snehu, ktorá

predstavovala svojou výškou maximum celej nasledujúcej zimnej sezóny (napr. zima 2009/10). Najvyššia priemerná teplota vzduchu na jeseň (12,8 °C) bola na tejto stanici dosiahnutá v roku 2000.

Zima predstavuje teplotne najmenej vyvážené ročné obdobie. Rozdiely medzi najteplejšími a najstudenšími zimami dosahovali na konci 19. a začiatku 20. storočia v Hurbanove až takmer 10 °C. Na konci 20. a na začiatku 21. storočia, tieto rozdiely nie sú také výrazné a prevládajú teplejšie zimy. Od zimy 1990/91 bola najchladnejšia zima v Hurbanove v 1995/96 s priemernou teplotou -1,6 °C, kým najvyššia priemerná teplota vzduchu počas zimy (4,3 °C) bola na v Hurbanove dosiahnutá v zime 2006/07, takže rozdiel v tomto poslednom období predstavuje iba necelých 6 °C. Úplne sa tu prestali vyskytovať mimoriadne studené mrazivé zimy, podobné zime 1928/29.

Priemerná ročná teplota vzduchu sa vyvíja podobne nápadne ako priemerná jarná a priemerná letná teplota vzduchu. Oteplenie pre túto charakteristiku teploty vzduchu dosiahlo v Hurbanove od roku 1991 v porovnaní s predchádzajúcimi obdobiami takmer 1 °C. Najteplejším rokom bol v Hurbanove rok 2000 s priemernou teplotou vzduchu 12,1 °C, čo je o vyše dva stupne Celzia viac ako normál.

Podobné tendencie existujú aj v ďalších charakteristikách teploty vzduchu. Pozoruhodné je, že v prípade maximálnej a minimálnej teploty vzduchu sú vzostupné tendencie výraznejšie ako pri minimálnej teplote vzduchu. Pekným príkladom otepľovania je absolútny výpadok výskytu arktických dní v Hurbanove po roku 1987. V prípade tropických dní a tropických nocí je v porovnaní s minulosťou nápadnejší nárast tropických nocí.

Atmosférické zrážky po útlme v 80. a na začiatku 90. rokov minulého storočia začali v roku 1994 opäť pribúdať, ale súčasne sme zaznamenali v ich výskyte mimoriadne výkyvy. Ich originálnym prípadom sú roky 2010 a 2011, v ktorých bol zaznamenaný v Hurbanove najvyšší a najnižší ročný úhrn zrážok v celej histórii prevádzky tejto meteorologickej stanice.

Počet dní so snehovou pokrývkou vykazuje v období po roku 1991 pri určitom úbytku aj také krajnosti, ako je úplná absencia snehovej pokrývky v Hurbanove v zime 1997/1998, čo nebola iba záležitosť Hurbanova. V neskorších zimách sa takéto situácie objavili znova v niektorých regiónoch na juhu Podunajskej nížiny a na juhu stredného Slovenska.

Potvrdil sa vzťah medzi oblačnosťou a trvaním slnečného svitu pretože počnúc 90. rokmi minulého storočia začalo trvanie slnečného svitu výraznejšie pribúdať a oblačnosť ubúdať.

Juhozápadné oblasti Slovenska, podobne ako juh stredného Slovenska, patria v súvislosti s potenciálnou ariditou medzi rizikové oblasti a vo vývoji relatívnej vlhkosti vzduchu sa táto skutočnosť veľmi dobre potvrdzuje. Nárast poklesu relatívnej vlhkosti vzduchu veľmi dobre korešponduje s rastom potenciálnej evapotranspirácie.

Vzhľadom na klimatické pomery sa SHMÚ vyjadroval aj k iným materiálom, ktoré boli vo vzťahu k monitorovaniu prírodných pomerov v oblasti SVD. V roku 2010 to bola Štúdia realizovateľnosti: Rehabilitácia szigetközského úseku Dunaja (Feasibility Study: The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube), zostavená maďarskou časťou Pracovnej skupiny pre prípravu spoločného maďarsko-slovenského strategického environmentálneho posudzovania, založenou vládnymi delegáciami pre projekt Gabčíkovo – Nagymaros.

V tejto štúdii sa otázka klimatickej zmeny spomína pomerne okrajovo, pričom sa správne poukazuje na veľké neistoty v budúcich trendoch klímy. Pri stanovení dôsledkov klimatickej zmeny sa štúdia venuje skôr jej prejavom v klimatických extrémoch. K tejto štúdii poskytol SHMÚ nasledovné vyjadrenie:

Na základe Piatej národnej správy o zmene klímy na Slovensku (2009), konštatujeme:

- Pre predmetný úsek Dunaja a priľahlé územie k nemu, prezentovaný v štúdii, máme dostatočne reprezentatívnu a tiež hustú sieť klimatologických a zrážkomerných staníc na

monitorovanie variability a zmeny klímy. Pomocou údajov z týchto sietí je možné hodnotiť veľkosť zmeny jednotlivých meteorologických prvkov za viac ako 100 rokov.

- Za obdobie 1881-2008 sa v predmetnej oblasti pozoroval rast priemernej ročnej teploty vzduchu o 1,7°C. Trend teploty vzduchu bol pre teplý a chladný polrok za uvedené obdobie podobný ako pre ročné priemery. Pokles ročných úhrnov zrážok bol v tejto oblasti za obdobie 1961-1990 temer 50 mm oproti tridsaťročiu 1931 – 1960, čo je väčší úbytok aký bol zaznamenaný na ostatnom území SR. V období 1991 až doteraz sa pokles ročných úhrnov zrážok zastavil a tiež sa zmenšila ich premenlivosť.
- Evidoval sa aj pokles relatívnej vlhkosti vzduchu, na juhu SR za posledných 100 rokov až do 5 % (na ostatnom území menej).
- Charakteristiky potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie, vlhkosti pôdy, globálneho žiarenia a radiačnej bilancie potvrdzujú, že juh Slovenska sa postupne vysušuje. Pri vyššej teplote vzduchu rastie potenciálna evapotranspirácia a zrážky nie sú schopné dostatočne dotovať pôdnu vodu, preto klesá aj vlhkosť pôdy.

Uvedený súčasný ráz klimatických podmienok sa môže epizodicky prejavovať v obdobiach, kedy sú rastliny citlivé na nedostatok pôdnej vody, teda najmä na jar. Vtedy ešte nie je dostatočne vyvinutý koreňový systém poľnohospodárskych rastlín. V oblastiach, kde je viac zaklesnutá hladina podzemných vôd, môžu byť tieto účinky ešte výraznejšie. Meteorologické sucho má potom tendenciu prerásť do sucha agrometeorologického, s následným možným poškodením porastov.

Klimatické scenáre pre naše územie počítajú s ďalším postupným otepľovaním, spoločným pre oblasť strednej Európy. Budúce trendy v úhrnoch zrážok sú značne neisté, no rátajú so slabým poklesom, alebo stagnáciou. Prognózy ďalšieho vývoja predpokladajú, že premenlivosť zrážkového režimu sa nezmenší. To znamená, že riziko epizód sucha bude aktuálnejšie. Účinky na veľkosť a režim prietokov v predmetnej oblasti na Dunaji sa však z podstatnej časti formujú v Alpskej oblasti, preto je potrebné brať do úvahy štúdie o zmene klímy aj z týchto krajín.

## Literatúra

Kolektív, 2010: Feasibility Study: The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube, Budapest, the Hungarian Section of the Hungarian-Slovak Joint Steering Committee of the SEA, 326 s.

Rak, J., Lapin, M., 1992: Klimatologické zabezpečenie monitoringu územia dotknutého výstavbou sústavy vodných diel na Dunaji, Meteorologické zprávy, 46, str. 85 – 92

RNDr. Pavel Šťastný, CSc.

RNDr. Pavol Faško, CSc.

RNDr. Pavol Nejedlík, CSc.

Mgr. Marek Švec

Slovenský hydrometeorologický ústav

---

[Pavel.Stastny@shmu.sk](mailto:Pavel.Stastny@shmu.sk)

[Pavol.Fasko@shmu.sk](mailto:Pavol.Fasko@shmu.sk) ,

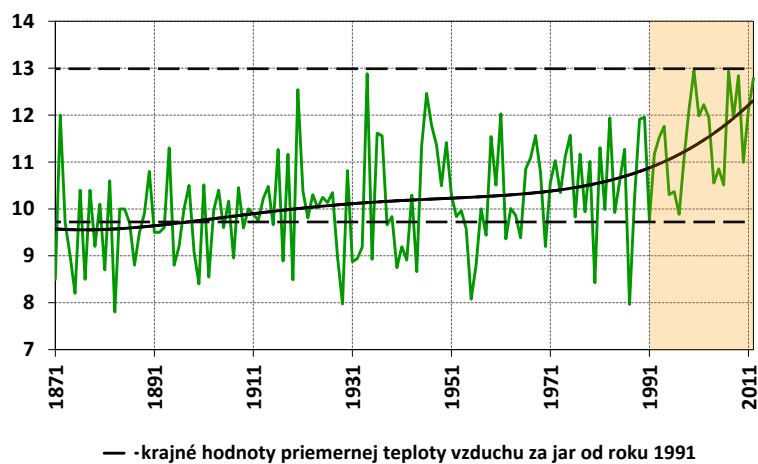
[Pavol.Nejedlik@shmu.sk](mailto:Pavol.Nejedlik@shmu.sk)

[Marek.Svec@shmu.sk](mailto:Marek.Svec@shmu.sk)

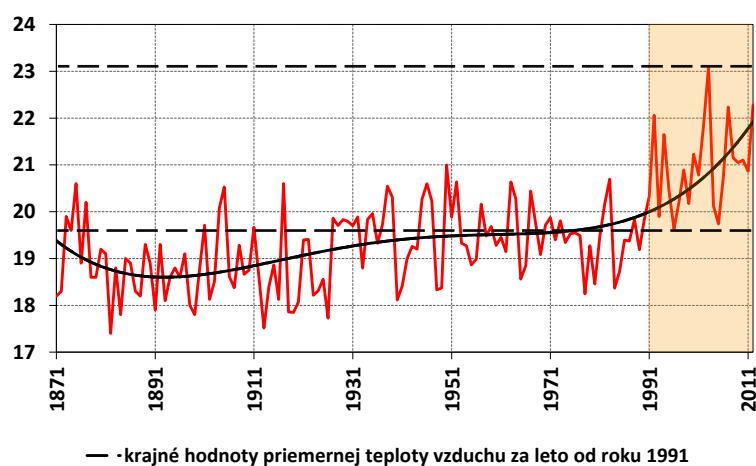
## Prilohy

Tab.2 Priemerná teplota vzduchu vo vybraných obdobiach od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo

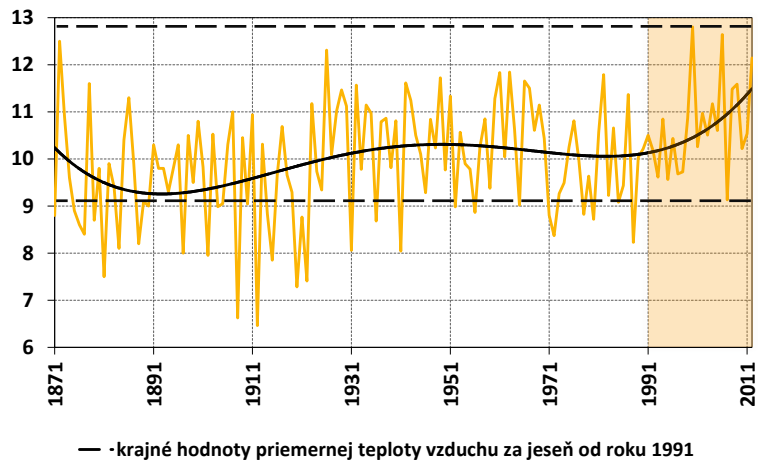
Obdobie	T Jar [°C]	T Leto [°C]	T Jeseň [°C]	T Zima [°C]	T Rok [°C]
1871-1890	9,6	18,9	9,5	-1,6	9,1
1891-1910	9,7	18,8	9,6	-0,8	9,3
1911-1930	10,1	18,8	9,7	-0,1	9,7
1931-1950	10,3	19,5	10,3	-0,8	9,9
1951-1970	10,1	19,6	10,5	-0,6	10,0
1971-1990	10,5	19,5	9,8	0,4	10,1
1991-2012	11,5	21,0	10,7	0,6	11,0



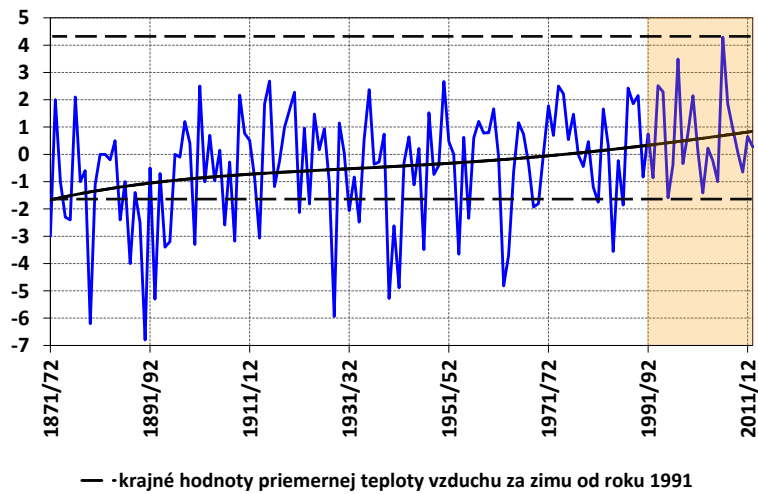
Obr. 1 Priemerná teplota vzduchu [°C] na jar (III – V) od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo



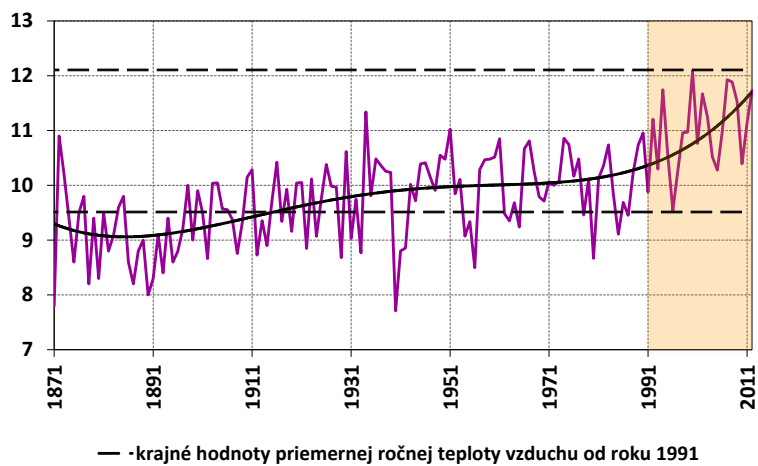
Obr. 2 Priemerná teplota vzduchu [°C] v lete (VI – VIII) od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo



**Obr. 3** Priemerná teplota vzduchu [°C] na jeseň (XI – XI) od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo



**Obr. 4** Priemerná teplota vzduchu [°C] v zime (XII – II) od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo



**Obr. 5** Priemerná ročná teplota vzduchu [°C] od roku 1871 na meteorologickej stanici Hurbanovo

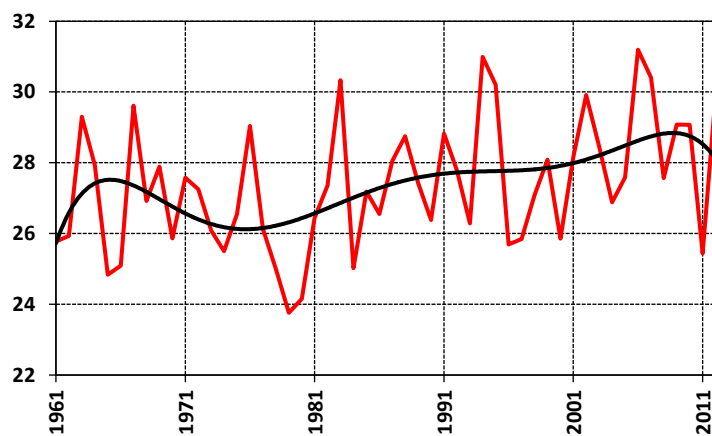
**Tab. 3 Desať najteplejších a desať najstudenších mesiacov od roku 1951 na meteorologickej stanici Hurbanovo**

Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December
2007	1966	1974	2009	1958	2003	2006	1992	1999	1966	1963	1960
1983	1998	1977	2000	2003	2007	1994	2003	2011	2000	2000	1959
1994	1995	1990	1961	1993	2000	1995	2000	1982	2001	2010	1979
1988	2007	1981	1952	2002	1964	2002	2001	1975	1961	2002	1985
1975	1990	1994	2011	1969	2008	2010	2012	2009	2006	1996	1974
1998	2002	1989	2007	2000	2012	2007	1952	2006	1967	1951	1954
1951	1974	1959	1986	2001	1957	2012	2009	2012	2004	2012	1958
2008	1989	2012	1998	2012	2002	1983	1994	1961	1960	2006	2006
2012	1977	2007	2012	2007	1979	1967	1974	1994	1953	2008	2008
1974	1957	1991	2006	1986	2011	2009	2011	1967	2008	1970	2011
1980	1993	1955	1965	1953	1978	1996	1969	1978	1979	1985	1961
1981	1965	1976	1977	1970	1969	1962	1957	1952	1994	1995	2010
1979	1991	1996	1991	1955	1971	1966	1978	1980	1973	1998	1991
1982	2012	1964	1973	1978	1958	1961	2006	1990	1971	1980	1998
1966	1996	1956	1982	1962	1956	1960	1955	2007	1965	1965	1996
1987	1986	1962	1958	1965	1984	1980	1972	1971	2010	1978	1968
1963	1985	1963	1954	1987	1989	1984	1953	1977	2003	1983	1969
1954	1963	1952	1997	1957	1962	1978	1965	1959	1972	1993	1962
1985	1954	1958	1980	1980	1974	1954	1976	1972	1997	1956	1963
1964	1956	1987	1955	1991	1985	1979	1987	1996	1974	1988	2001

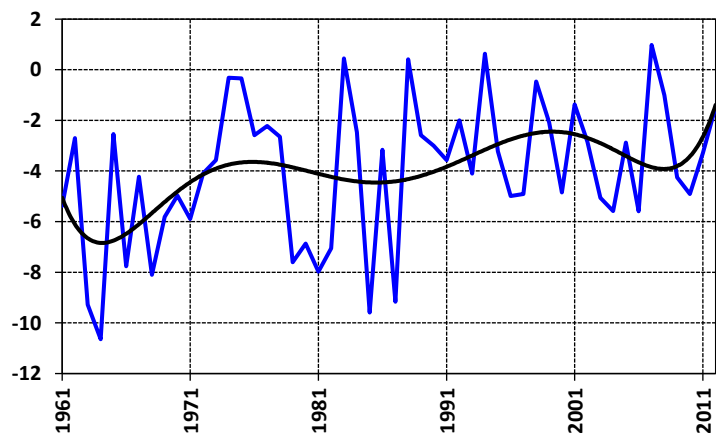
\*červenou farbou sú označené mesiace posledných 25-tich rokov

**Tab. 4 Rozdiel priemerných mesačných teplôt a ročných teplôt vzduchu v °C v obdobiach (1981-2010) - (1951-1980)**

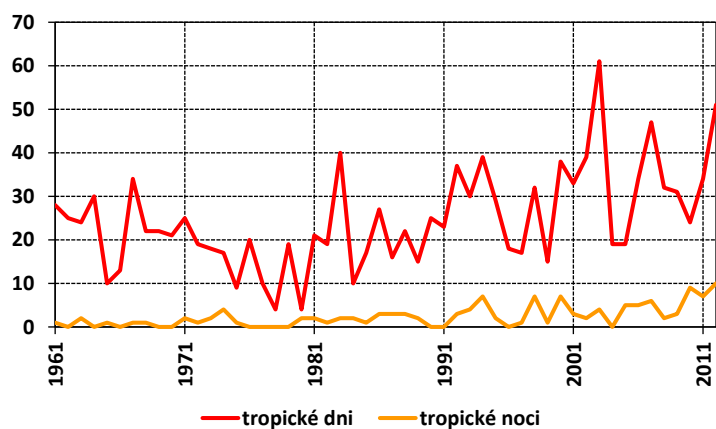
Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Bratislava, Koliba	1,3	0,9	0,9	1,1	1,4	0,6	1,4	1,4	0,2	0,3	0,2	0	0,8
Bratislava, letisko	1,2	0,5	1	1,1	1,4	0,8	1,6	1,6	0,6	0,6	0,1	0	0,9
Hurbanovo	1	0,4	0,6	0,8	1,3	0,6	1,3	1,2	0,4	0,6	0	-0,2	0,9



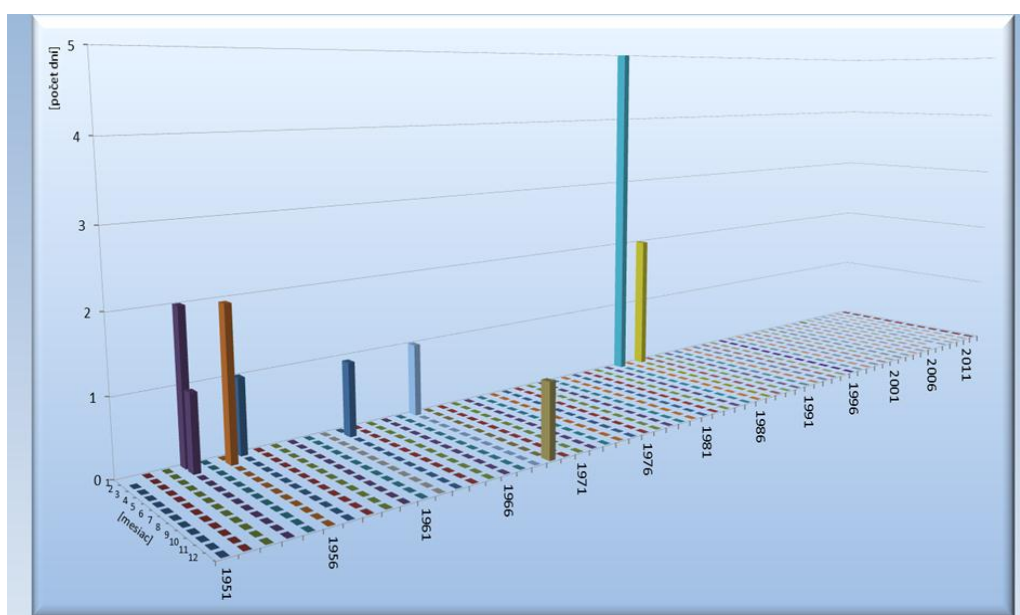
**Obr. 6 Priemerná maximálna denná teplota vzduchu [°C] od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo**



Obr. 7 Priemerná minimálna denná teplota vzduchu [°C] od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo

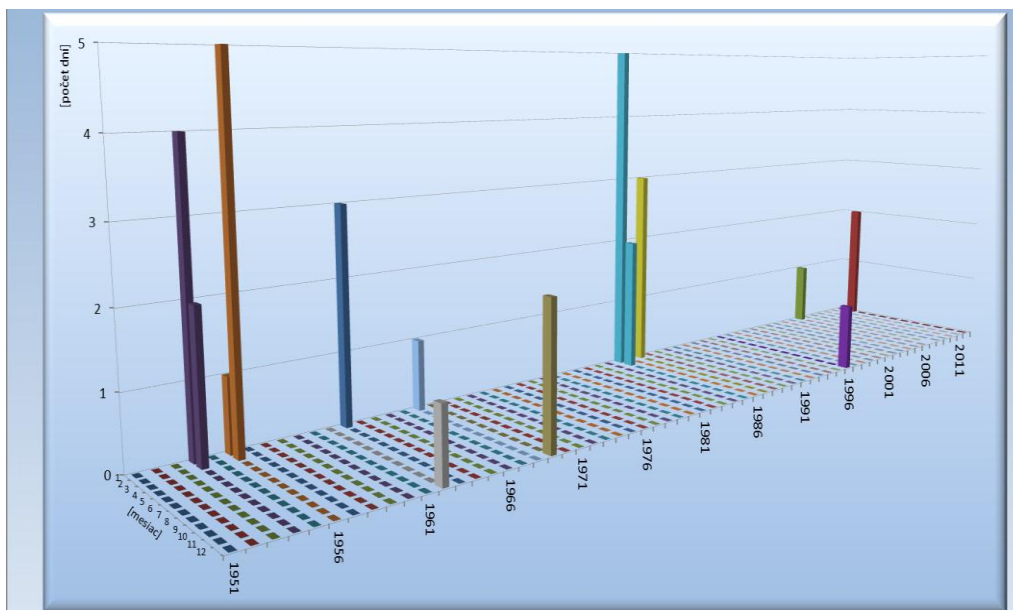


Obr. 8 Priemerná minimálna denná teplota vzduchu [°C] od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo

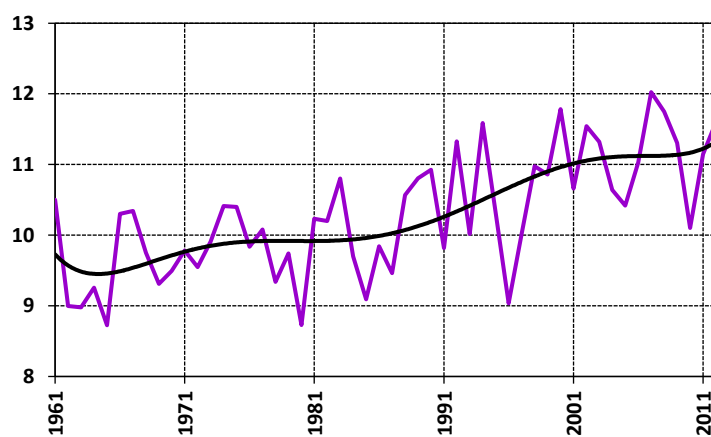


Obr. 9 Počet arktických dní v Hurbanove od roku 1951

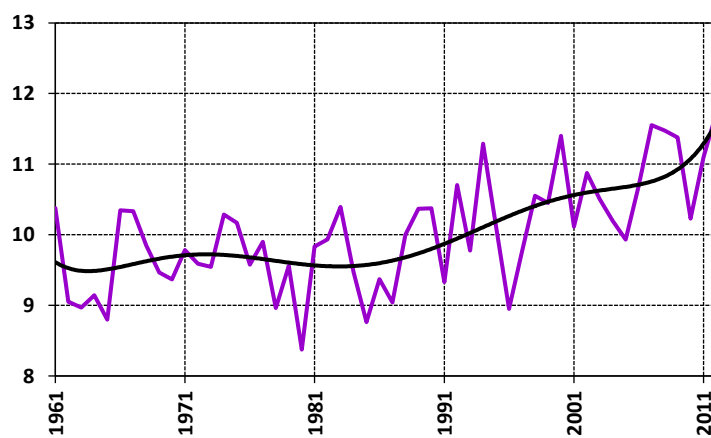




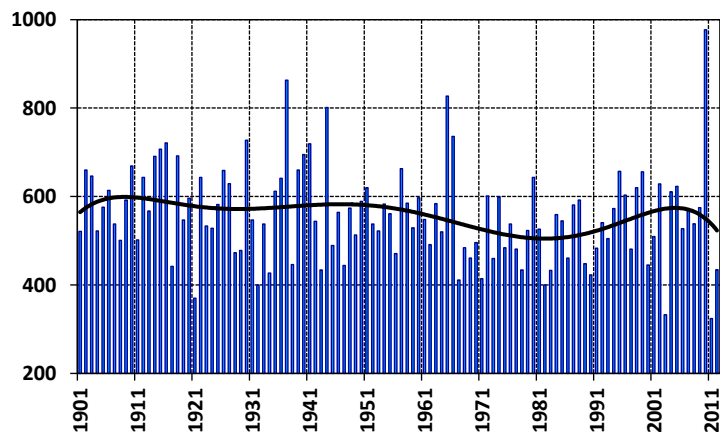
Obr. 10 Počet arktických dní v Bratislave na Kolibe od roku 1951



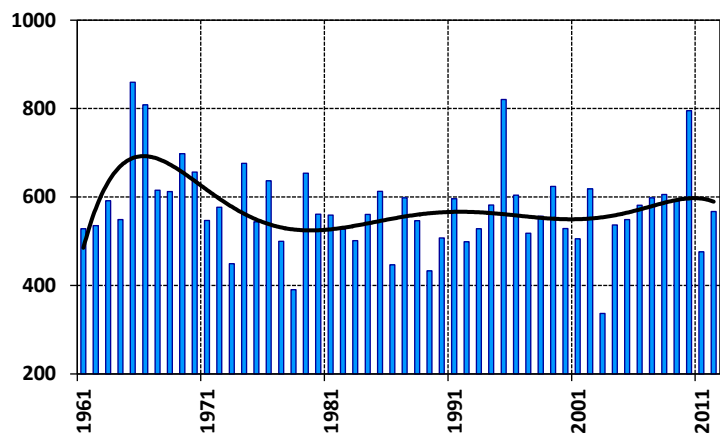
Obr. 11 Priemerná ročná teplota vzduchu [°C] od roku 1961 na meteorologickej stanici Bratislava, letisko



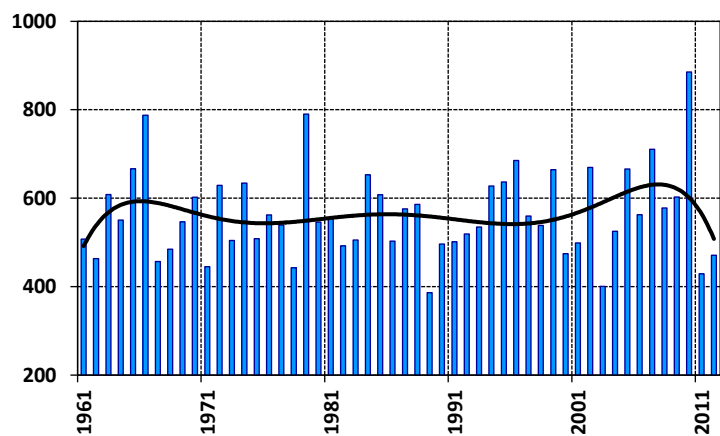
Obr. 12 Priemerná ročná teplota vzduchu [°C] od roku 1961 na meteorologickej stanici Žihárec



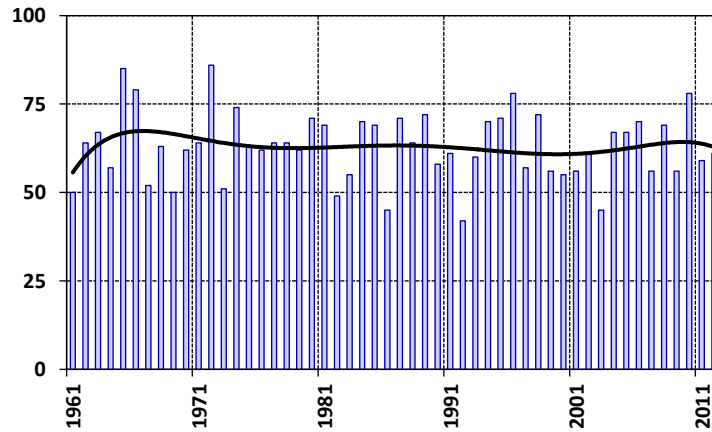
Obr. 13 Ročný úhrn zrážok [mm] od roku 1901 na meteorologickej stanici Hurbanovo



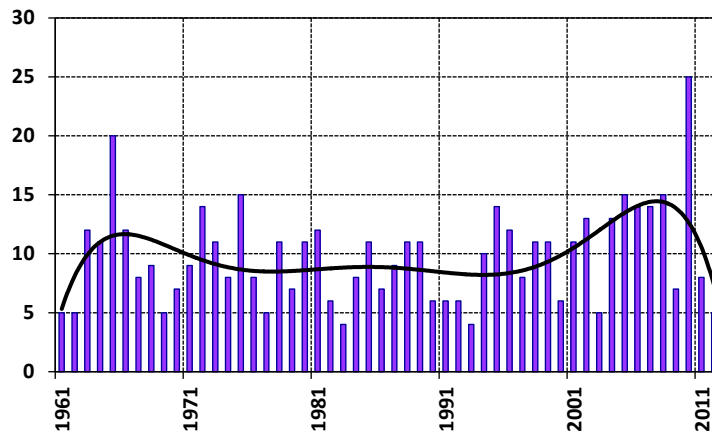
Obr. 14 Ročný úhrn zrážok [mm] od roku 1901 na meteorologickej stanici Bratislava, letisko



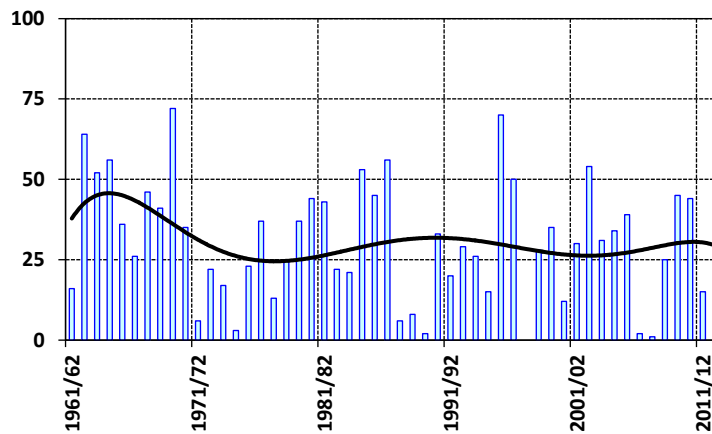
Obr. 15 Ročný úhrn zrážok [mm] od roku 1901 na meteorologickej stanici Žihárec



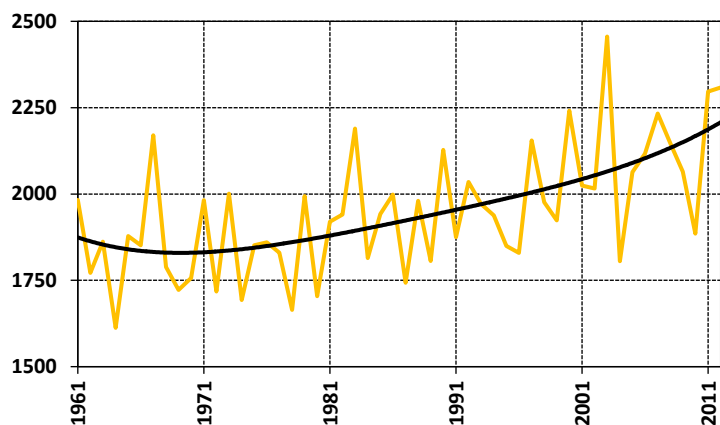
Obr. 16 Počet dní s úhrnom  $\geq 0,1$  mm v teplom polroku na meteorologickej stanici Hurbanovo



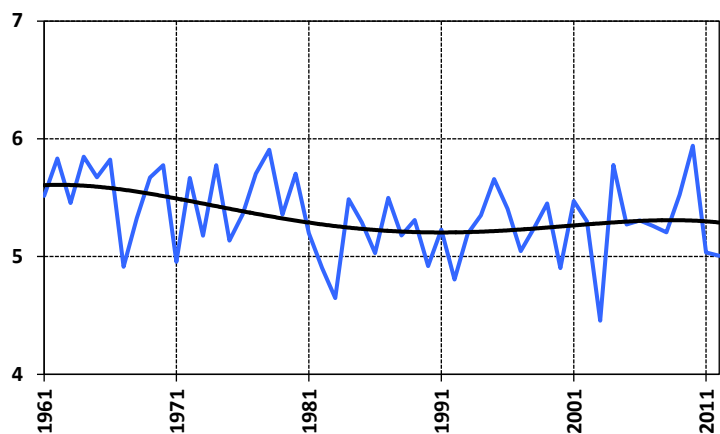
Obr. 17 Počet dní s úhrnom  $\geq 10$  mm v teplom polroku na meteorologickej stanici Hurbanovo



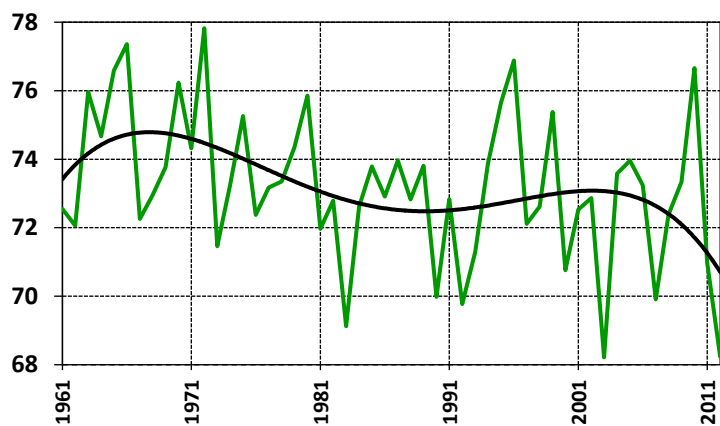
Obr. 18 Počet dní so snehovou pokrývkou v zime (XII – I) na meteorologickej stanici Hurbanovo



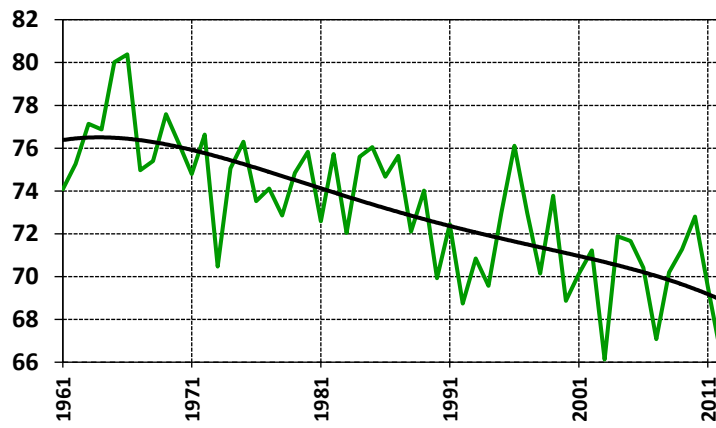
Obr. 19 Ročné sumy slnečného svitu [h] od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo



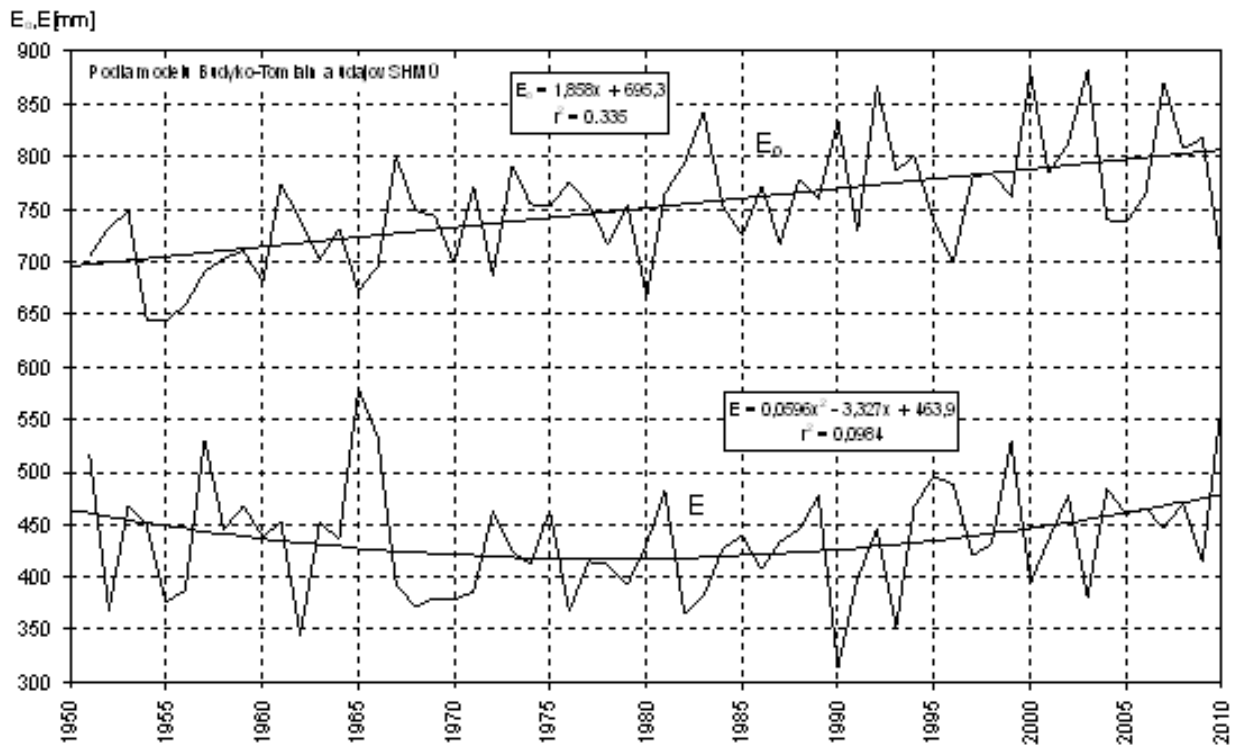
Obr. 20 Priemerná ročná oblačnosť v desatinách od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo



Obr. 21 Priemerná ročná relatívna vlhkosť vzduchu [%] od roku 1961 na meteorologickej stanici Hurbanovo



Obr. 22 Priemerná ročná relatívna vlhkosť vzduchu [%] od roku 1961 na meteorologickej stanici Bratislava, letisko



Obr. 23 Trend ročných súm potenciálnej ( $E_0$ ) a aktuálnej ( $E$ ) evapotranspirácie v Hurbanove v období 1951-2010