

POROVNÁNÍ HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK M -DENNÍCH PRŮTOKŮ REFERENČNÍHO OBDOBÍ 1981–2010 A UVAŽOVANÉHO REFERENČNÍHO OBDOBÍ 1991–2020

PAVEL KUKLA

Klíčová slova: hydrologie – základní hydrologická data – dlouhodobý průměrný průtok – M -denní průtoky – referenční období

ÚVOD

M -denní průtoky patří podle české státní normy ČSN 75 1400. *Hydrologické údaje povrchových vod* mezi Základní hydrologické údaje [1]. Hodnoty M -denních průtoků ve vodoměrných stanicích jsou odvozené z časových řad pozorovaných průměrných denních průtoků za definované referenční období. V současnosti se pro návrhové účely používá referenční období 1981–2010 [2]. S ukončením druhé dekady 21. století se uvažuje o změně referenčního období na roky 1991–2020. V minulosti poskytoval Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) hydrologické údaje za referenční období 1931–1940, 1931–1960 a 1931–1980.

Referenční období 1981–2010

Hydrologické charakteristiky M -denních průtoků za období 1981–2010 byly vypočteny v ČHMÚ pro vodoměrné profily po roce 2010 a v následujících letech pak došlo k odvození charakteristik M -denních průtoků pro nepozorované profily za pomoci nových matematicko-statistických nástrojů. Při zpracování dat bylo využito podstatně širší datové základny s vyhodnocenými průměrnými denními průtoky ze sítě vodoměrných stanic než v předchozím referenčním období 1931–1980. Při výpočtech bylo možné začlenit dostupné údaje o ovlivnění přirozeného průtokového režimu odběry vod, o vypouštění odpadních vod či manipulacích na vodních dílech v celém referenčním období. Při odvození byla využita tehdy nová vrstva rozvodnic základních hydrologických povodí měřítko 1 : 10 000 a další aktuální datové vrstvy GIS [3].

Srovnání vybraných hydrologických charakteristik období 1981–2010 s uvažovaným referenčním obdobím 1991–2020

Základní hydrologické údaje charakterizující odtokové poměry daného vodního toku jsou dlouhodobý průměrný průtok Q_0 a kvantily M -denních průtoků Q_{Md} . Statistickou analýzou změn hydrologických charakteristik prošlo 304 vodoměrných stanic ČHMÚ, které mají nepřerušené pozorování v období

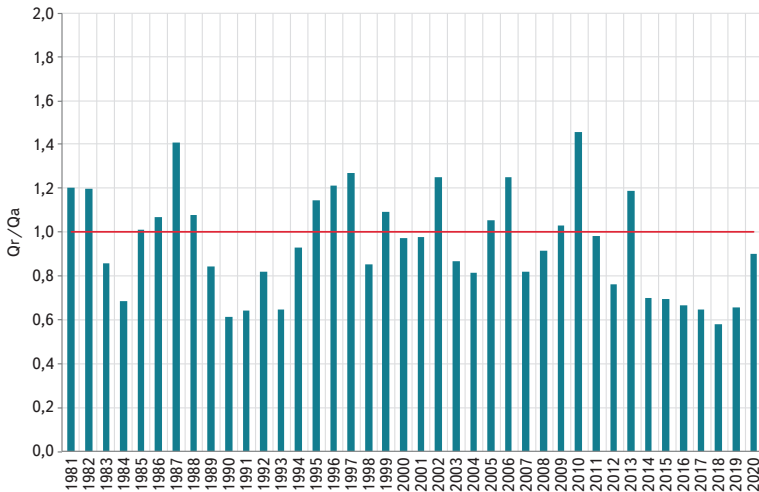
1. listopadu 1980–31. října 2020. V *tab. 1* je uvedena procentuální změna dlouhodobého průměrného průtoků a vybraných kvantilů M -denních průtoků odvozených za období 1991–2020 a za období 1981–2010 pro 35 vybraných vodoměrných stanic. Pro zvýraznění velikosti změny jednotlivých charakteristik byly buňky barevně označeny v odstínech červené (zmenšení charakteristiky v období 1991–2020 oproti období 1981–2010) a modré (zvětšení charakteristiky v období 1991–2020 oproti období 1981–2010). Na první pohled je zřejmé, že v tabulce převládají červené odstíny u všech zobrazených hydrologických charakteristik. Až na výjimky u několika antropogenně ovlivněných vodoměrných stanic došlo v období 1991–2020 převážně ke zmenšení odtokových charakteristik.

Pro porovnání vývoje vodnosti během období 1981–2020 byly vypočteny procentuální podíly každého průměrného ročního průtoků na dlouhodobém průměrném průtoků za období 1981–2010 pro 304 vodoměrných stanic. Tyto procentuální podíly byly následně zprůměrovány pro každý hydrologický rok a tato hodnota slouží jako charakteristika vyjadřující procentuální podíl odtoku daného roku na dlouhodobém průměrném průtoků (viz graf na *obr. 1*). Z grafu je patrné, že při porovnání dekád 1981–1990 a 2011–2020, kterými se liší v současnosti používané a nově uvažované referenční období, patřila většina roků z období 2011–2020 do víceletého suchého období, které započalo v roce 2014 a v některých regionech trvalo až do roku 2019. V osmdesátých letech 20. století byly výrazně podprůměrné (< 0,8) pouze roky 1984 a 1990, ostatní roky byly odtokově blízké dlouhodobému průměru 1981–2010 nebo byly dokonce odtokově nadprůměrné. Tato skutečnost vysvětluje záporné změny dlouhodobého průměrného průtoků u většiny vodoměrných stanic.

Velikost změny dlouhodobého průměrného průtoků vypočtená za období 1991–2020 vůči období 1981–2010 se v souboru 304 vodoměrných stanic pohybuje v rozmezí od –27 % v profilu Želízy na Liběchovce do +31 % ve výrazně antropogenně ovlivněném profilu VD Žermanice na Lučině. Mapa na *obr. 2* zobrazuje velikost procentuální změny dlouhodobého průměrného průtoků Q_0 ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010. Průměrná hodnota změny dlouhodobého průměrného průtoků vypočtená v souboru 304 vodoměrných stanic se rovná –7,3 %. Z regionálního pohledu jsou nejmenší změny velikosti dlouhodobého průměrného průtoků v povodí Malše a Odry,

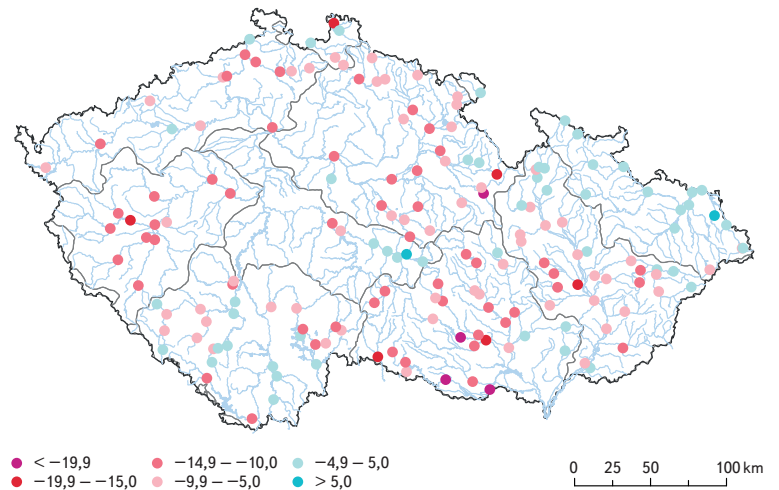
Tab. 1. Procentuální změna vybraných kvantilů M-denních průtoků odvozených za období 1991–2020 vůči období 1981–2010 ve vybraných vodoměrných stanicích
 Tab. 1. Percentage change of selected quantiles of M-day discharges derived for the period 1991–2020 compared to the period 1981–2010 in selected gauging stations

Profil	Tok	Plocha povodí [km ²]	Změna [%] Q _a a Q _{Md} [1991–2020/1981–2010]			
			Q _a	Q _{30d}	Q _{180d}	Q _{355d}
Jaroměř	Labe	1 224,10	-11,2	-13,1	-10,0	-22,1
Týniště nad Orlicí	Orlice	1 554,17	-11,2	-7,7	-12,5	-21,1
Přelouč	Labe	6 437,52	-9,7	-11,5	-9,6	-20,0
Železný Brod	Jizera	791,26	-8,4	-10,9	-5,6	-15,5
Roudné	Malše	962,21	-1,6	-0,7	-3,9	-2,1
Bechyně	Lužnice	4 057,02	-4,8	-5,9	-4,0	-11,7
Písek	Otava	2 913,70	-5,5	-4,5	-8,7	-9,9
Zruč nad Sázavou	Sázava	1 420,68	-5,4	-5,3	-0,3	-12,8
Kácov	Sázava	2 814,42	-10,5	-14,1	-4,5	-13,1
Lhota	Radbuza	1 181,82	-11,1	-13,6	-8,8	-27,9
Štěnovice	Úhlava	892,84	-7,8	-10,3	-4,0	-15,2
Plzeň-Bílá Hora	Berounka	4 017,46	-12,3	-14,9	-9,2	-14,3
Beroun	Berounka	8 286,23	-9,1	-11,2	-6,3	-16,0
Karlovy Vary-Drahovice	Ohře	2 857,03	-12,1	-10,3	-13,1	-17,7
Louny	Ohře	4 979,76	-9,7	-9,1	-13,9	-19,0
Trmice	Bílina	923,17	-13,5	-8,1	-16,6	-24,6
Benešov nad Ploučnicí	Ploučnice	1 156,73	-12,6	-11,3	-12,6	-15,5
Děčín	Labe	51 120,34	-8,7	-10,5	-7,8	-10,4
Svinov	Odra	1 613,70	-0,8	-1,6	1,1	-20,3
Děhylov	Opava	2 037,55	-0,8	-4,8	0,3	10,6
Ostrava	Ostravice	820,02	-1,0	-0,7	0,3	-14,0
Bohumín	Odra	4 663,74	-1,4	-2,9	-0,7	-3,0
Věřnovice	Olše	1 075,59	-2,6	-2,6	-0,9	-10,2
Moravičany	Morava	1 561,19	-8,4	-9,3	-8,3	-14,0
Olomouc-Nové Sady	Morava	3 323,59	-7,4	-5,7	-9,0	-18,6
Dluhonice	Bečva	1 592,84	-3,5	-5,1	-1,5	-14,4
Kroměříž	Morava	7 013,27	-7,0	-6,9	-6,5	-8,0
Strážnice	Morava	9 144,83	-7,7	-8,1	-7,3	-12,1
Podhradí nad Dyjí	Dyje	1 755,48	-10,8	-8,4	-11,2	-19,2
Trávní Dvůr	Dyje	3 535,06	-10,9	-20,4	-8,5	-12,1
Veverská Bítýška	Svratka	1 479,76	-10,5	-11,7	-5,2	-11,7
Bílovice nad Svitavou	Svitava	1 119,98	-10,3	-12,2	-8,7	-3,9
Židlochovice	Svratka	3 938,12	-7,2	-9,1	-3,8	-2,9
Třebíč-Ptáčov	Jihlava	962,71	-7,8	-7,6	-5,5	-11,2
Ivančice	Jihlava	2 679,98	-11,9	-19,1	-12,9	-4,0



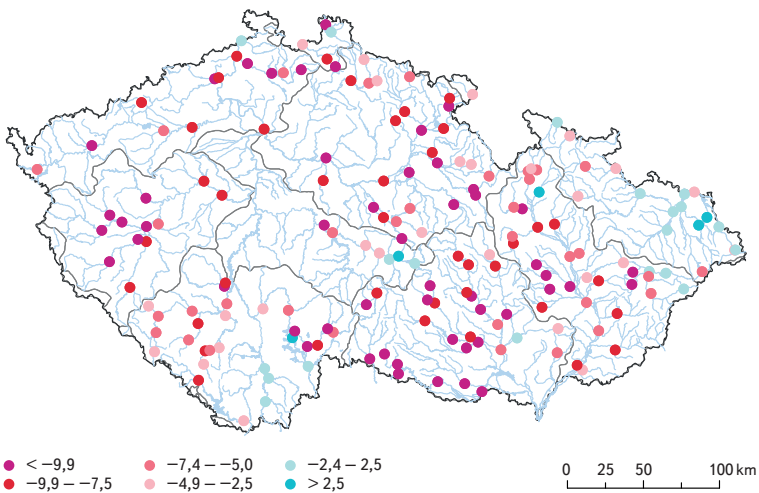
Obr. 1. Průměrné roční podíly Q_r na dlouhodobém průměrném průtoku Q_a za období 1981–2020 ve 304 vodoměrných stanicích ($Q_{a1981-2010} = 1$)

Fig. 1. Average annual shares of Q_r in the long-term mean discharge Q_a for the period 1981–2020 in 304 gauging stations ($Q_{a1981-2010} = 1$)



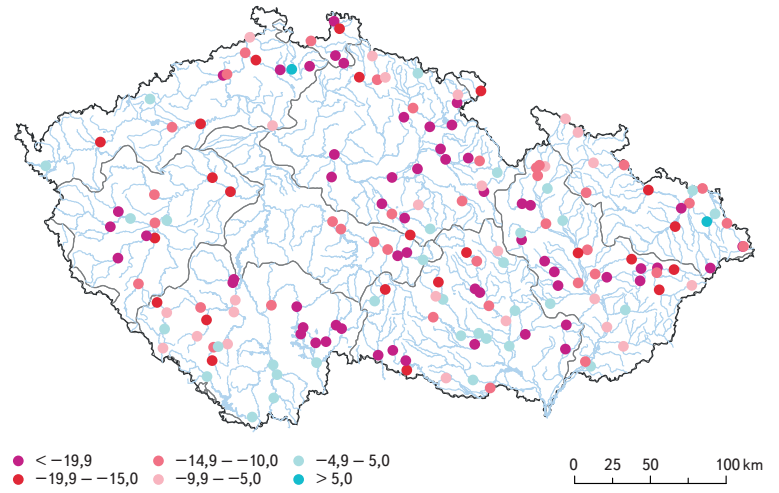
Obr. 3. Procentuální změna 30denního průtoku Q_{30d} ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010

Fig. 3. Percentage differences between Q_{30d} discharges at selected gauging stations for the periods 1991–2020 and 1981–2010



Obr. 2. Procentuální změna dlouhodobého průměrného průtoku Q_a ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010

Fig. 2. Percentage differences between long-term mean discharges Q_a at selected gauging stations for the periods 1991–2020 and 1981–2010



Obr. 4. Procentuální změna 355denního průtoku Q_{355d} ve vybraných vodoměrných stanicích v období 1991–2020 vůči období 1981–2010

Fig. 4. Percentage differences between Q_{355d} discharges at selected gauging stations for the periods 1991–2020 and 1981–2010

naopak největší poklesy byly zaznamenány u vodoměrných stanic v horní části povodí Berounky, Ploučnice, Svratky, Jihlavy a Dyje. Z celkového pohledu na mapu je zřejmé, že zmenšení dlouhodobého průměrného průtoku je takřka celoplošné.

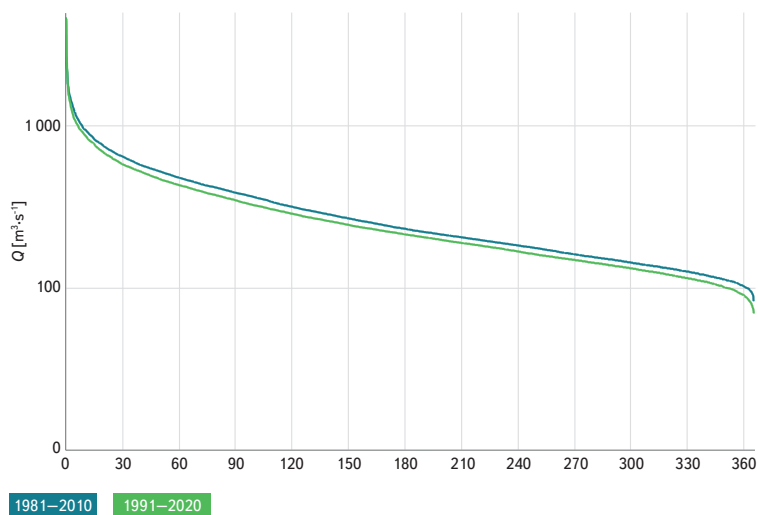
Do značné míry podobné prostorové rozložení se objevuje i u výsledků výpočtu procentuální změny 30denního průtoku Q_{30d} při porovnání této charakteristiky za období 1991–2020 vůči období 1981–2010 (viz obr. 3). Jelikož jsou nejvíce vodné roky od druhé poloviny devadesátých let 20. století až do roku 2010 společné pro obě referenční období, rozhoduje v případě velikosti změny 30denního průtoku Q_{30d} opět porovnání dekády osmdesátých let 20. století a posledního desetiletí 2011–2020. Obecně bylo období 1981–1990 vodnější než období 2011–2020, proto vychází průměrná hodnota změny 30denního průtoku Q_{30d} v souboru 304 vodoměrných stanic $-7,2\%$.

V mapě na obr. 4 je zobrazena ve vybraných vodoměrných stanicích velikost procentuální změny 355denního průtoku Q_{355d} v období 1991–2020 vůči období 1981–2010. Vzhledem k dlouhotrvajícímu hydrologickému suchu v období 2014–2019, jež pokračovalo v určitých částech republiky až do roku 2020, došlo

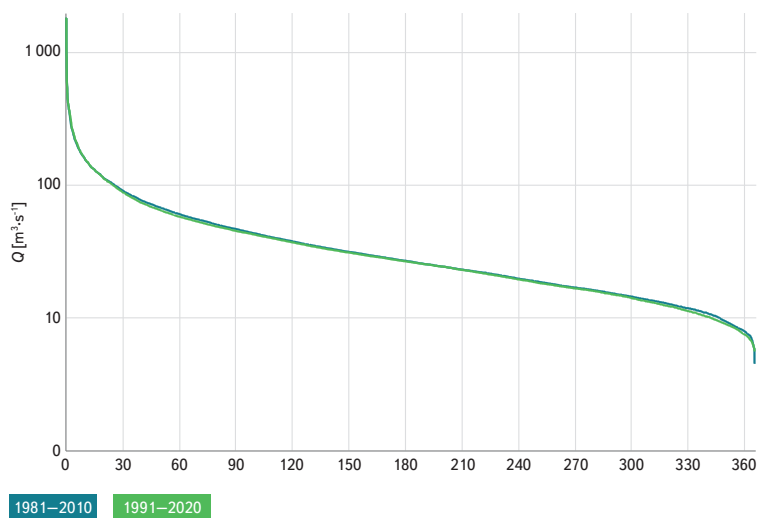
u většiny vodoměrných stanic k poklesu hodnot kvantilů minimálních průtoků. Během dlouhotrvajících bezesrážkových období v průběhu suchých let byla pozorována dlouhodobá období trvání minimálních průtoků. To způsobilo, že průměrná velikost změny 355denního průtoku Q_{355d} v souboru 304 vodoměrných stanic je $-13,4\%$.

Výše popsané změny velikosti vybraných kvantilů M -denních průtoků ovlivnily tvar křivek překročení M -denních průtoků ve vodoměrných stanicích. V grafech na obr. 5–7 jsou uvedeny čáry překročení M -denních průtoků v období 1981–2010 a v období 1991–2020 pro vybrané závěrové vodoměrné stanice. V grafu na obr. 5, který zobrazuje čáry překročení M -denních průtoků pro profil Děčín na Labi, je patrné, že v celém průběhu čáry překročení došlo k poklesu vodnosti. Čára překročení za období 1991–2020 kopíruje čáru za období 1981–2010. Tvar čáry překročení v profilu Děčín je ovlivněn manipulacemi na vodních dílech, největší vliv na tvar čáry překročení mají vodní nádrže Vltavské kaskády.

V grafu na obr. 6 jsou zobrazeny čáry překročení M -denních průtoků pro profil vodoměrné stanice Bohumín na Odře. Z obrázku je patrné, že čára překročení za



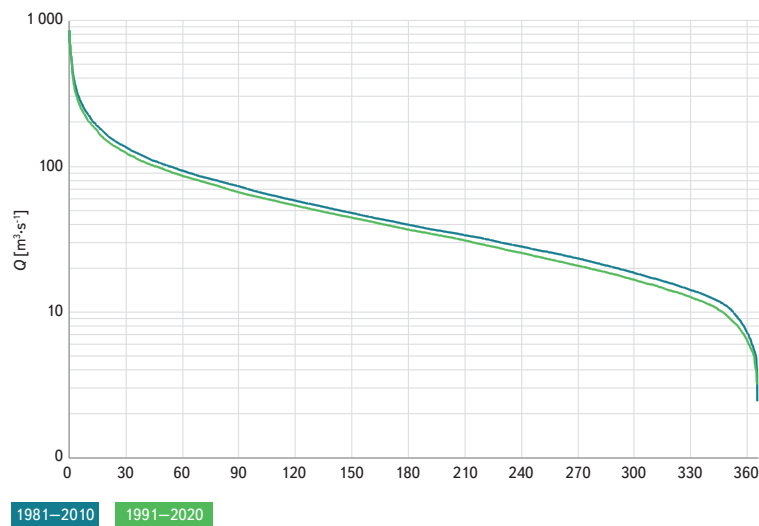
Obr. 5. Čáry překročení M -denních průtoků v období 1981–2010 a v období 1991–2020 v profilu vodoměrné stanice Děčín na Labi
Fig. 5. Flow duration curves at the Děčín gauging station on the Labe River for the periods 1981–2010 and 1991–2020



Obr. 6. Čáry překročení M -denních průtoků v období 1981–2010 a v období 1991–2020 v profilu vodoměrné stanice Bohumín na Odře
Fig. 6. Flow duration curves at the Bohumín gauging station on the Odra River for the periods 1981–2010 and 1991–2020

období 1991–2020 má téměř shodný tvar s čárou překročení 1981–2010. Důvodem je skutečnost, že povodí Odry bylo během suchého období 2014–2020 nejméně zasaženo suchem a zároveň na přítocích Odry jsou velké vodní nádrže, které mohou manipulacemi nadlepšovat průtoky v tocích pod vodními díly.

Graf na obr. 7 zobrazuje čáry překročení M -denních průtoků pro profil vodoměrné stanice Strážnice na Moravě. Povodí Moravy a jejích přítoků bylo výrazně zasaženo suchem. Hodnota 30denního průtoků Q_{30d} poklesla ve Strážnici v období 1991–2020 o 8,1 % a 355denní průtok se zmenšil o 12,1 %.



Obr. 7. Čáry překročení M -denních průtoků v období 1981–2010 a v období 1991–2020 v profilu vodoměrné stanice Strážnice na Moravě
Fig. 7. Flow duration curves at the Strážnice gauging station on the Morava River for the periods 1981–2010 and 1991–2020

ZÁVĚR

Z výsledků porovnání M -denních průtoků referenčního období 1981–2010 a uvažovaného referenčního období 1991–2020 vyplývá, že u většiny vodoměrných stanic došlo ke zmenšení kvantilů M -denních průtoků. V souboru 304 vodoměrných stanic dosahuje průměrná změna dlouhodobého průměrného průtoků Q_{σ} hodnoty $-7,3$ % a průměrná změna 355denního průtoků Q_{355d} činí $-13,4$ %. Změna referenčního období hydrologických charakteristik se provádí z toho důvodu, aby hydrologické údaje odvozené za referenční období co nejlépe vystihovaly aktuální hydrologický režim.

Literatura

- [1] ČSN 75 1400:2014. *Hydrologické údaje povrchových vod*. Česká technická norma. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- [2] ŠERCL, P., KUKLA, P. Porovnání základních hydrologických údajů za referenční období 1931–1980 a 1981–2010. *Hydrologická ročenka České republiky 2014*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2015.
- [3] BUDÍK, L., ŠERCL, P., KUKLA, P., LETT, P., PECHA, M. Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, 65. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2018.

Autor

RNDr. Pavel Kukla
✉ pavel.kukla@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, Praha

COMPARISON OF HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF M -DAY DISCHARGES IN REFERENCE PERIOD 1981–2010 AND CONSIDERED REFERENCE PERIOD 1991–2020

KUKLA, P.

Czech Hydrometeorological Institute, Prague

Keywords: hydrology — basic hydrological data — long-term mean discharge — M -day discharges — reference period

This article deals with hydrological characteristics of long-term mean discharge Q_a and M -day discharges and their comparison between reference period 1981–2010 and potentially considered new reference period 1991–2020.

According to the Czech technical standard ČSN 75 1400. *Hydrological data of surface waters*, the long-term mean discharge Q_a and M -day discharges belong to the Basic hydrological data. Q_a and M -day discharges at gauging stations are derived from time series of mean daily discharges. These values are set for a defined reference period. The reference period 1981–2010 is currently used for design purposes.

There are 304 gauging stations of the Czech Hydrometeorological Institute that have uninterrupted measurements in period 1 November 1980–31 October 2020. Due to hydrological drought in the period 2014–2019, which continued in certain parts of the country until 2020, most of the gauging stations report decrease of M -day discharges.

Most of the gauging stations show a decrease of M -day discharge quantiles for considered period 1991–2020 compared to period 1981–2010. Of the 304 stations, the average change in the long-term mean discharge Q_a reaches -7.3% and the average change in the 355-day discharge Q_{355d} is -13.4% .

Selected flow duration curves prove that several-year drought period in recent years caused decrease of M -day discharge quantiles at all parts of the flow duration curve that represent period 1991–2020.

Hydrological characteristics should accurately describe current hydrological regime. That is why the reference period gets updated when the characteristics change.