

Největší hydrologická sucha 20. století

The largest hydrological droughts in 20th century

Pavel Tremel

Příspěvek vymezuje a porovnává největší hydrologická sucha 20. století. Pro jejich vymezení byla použita metoda nedostatkových objemů. Z výsledků vyplývá, že novodobá sucha z 90. let a roku 2003 nepatřila k těm nejvýznamnějším.

In the paper the largest hydrological droughts in the 20th century are identified and compared. For their definition deficit volumes method was used. The results shows that droughts of the 90's years and in 2003 were not the most significant.

1. Úvod

V posledních letech je patrný nárůst výskytu období sucha. Je tomu tak skutečně? Byla pozorována během 20. století významnější sucha než v 90. letech 20. století a na počátku 21. století? Na tyto otázky by měl přinést odpověď následující příspěvek, který analyzuje metodou nedostatkových objemů výskyt hydrologického sucha přibližně za posledních 100 let na území České republiky.

Příspěvek rozšiřuje článek [1], který se věnoval výskytu největších meteorologických a hydrologických such v letech 1875 - 2010, s důrazem na výskyt meteorologického sucha.

2. Použitá data, metoda nedostatkových objemů

K analýze výskytu hydrologického sucha na území České republiky byla použita data ze 7 vodoměrných stanic - Děčín (data z období let 1888-2010), Brandýs nad Labem (1911-2005), Železný Brod (1912-2009), Bechyně (1911-2009), Bohumín (1920-2010), Olomouc (1921-2009) a Brno (1923-2009).

Hydrologické sucho bylo hodnoceno pomocí metody nedostatkových objemů. Principem metody nedostatkových objemů je vymezit a vyhodnotit období s průtokem nižším, než je zvolený mezní limitní průtok. Takto vymezené období lze poté charakterizovat podle různých kritérií - objemu vody, který chybí pro

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz

doplnění aktuálně naměřeného průtoku na limitní průtok, data výskytu tohoto období, jeho délky apod.

Hodnota nedostatkového objemu odpovídá množství vody, které by bylo teoreticky potřeba akumulovat v době sucha, aby byl zabezpečen zvolený limitní průtok. Závisí na zvolené hodnotě požadovaného limitního průtoku, vůči němuž se velikost nedostatkového objemu počítá.

Velikost nedostatkových objemů se stanoví následujícím způsobem:

1. Zvolí se velikost limitního průtoku LQ. Zpravidla je tímto limitním průtokem 355, 330 nebo 360-denní průtok, používá se i procentuální vyjádření m-denního průtoku, zejména průtok o velikosti $Q_{90\%}$.
2. Ve zvolené časové řadě se hledají dny, v nichž jsou hodnoty denních průtoků Q_i menší než je zvolený limitní průtok LQ.
3. Vymezí se období s průtokem menším než je limitní průtok LQ. Toto období začíná 1. dnem s průtokem menším než je limitní průtok a končí posledním dnem souvislého období s průtokem menším než limitní průtok LQ. Období se vymezí v celé řadě průtoků.
4. Poté lze je již možno spočítat pro každé období s průtokem nižším než je limitní průtok LQ velikost nedostatkového objemu podle vzorce:

$$NO = \sum_{i=1}^t (LQ - Q_i) \cdot 24 \cdot 3600 \quad (1)$$

kde t je počet dnů období s průtokem nižším než je limitní průtok, LQ je velikost limitního průtoku v $m^3 s^{-1}$, Q_i průtok v $m^3 s^{-1}$ i -tého dne období s průtokem nižším než je limitní průtok. Jednotkou nedostatkového objemu je m^3 .

Pro možnost srovnání nedostatkových objemů mezi více vodoměrnými stanicemi je vhodné nedostatkové objemy standardizovat, užít tzv. standardizované nedostatkové objemy, které je možno vypočítat podle vzorce:

$$NO_{st} = \frac{NO}{LQ \cdot t \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 100 \quad (2)$$

kde NO je velikost nedostatkového objemu v m^3 , LQ je velikost limitního průtoku v $m^3 s^{-1}$ a t je počet dnů období s průtokem nižším než je limitní průtok. Hodnota standardizovaného nedostatkového objemu je potom bezrozměrné číslo v procentech.

Výsledky metody nedostatkových objemů jsou názorné. Problematické je ale, že se vztahují vždy ke konkrétní zvolené hodnotě limitního průtoku (např. $Q_{90\%}$), pro jiné hodnoty limitních průtoků se musí počítat znovu. Navíc závisí i na zvolené časové periodě (např. 30 let, 50let).

Pavel Treml

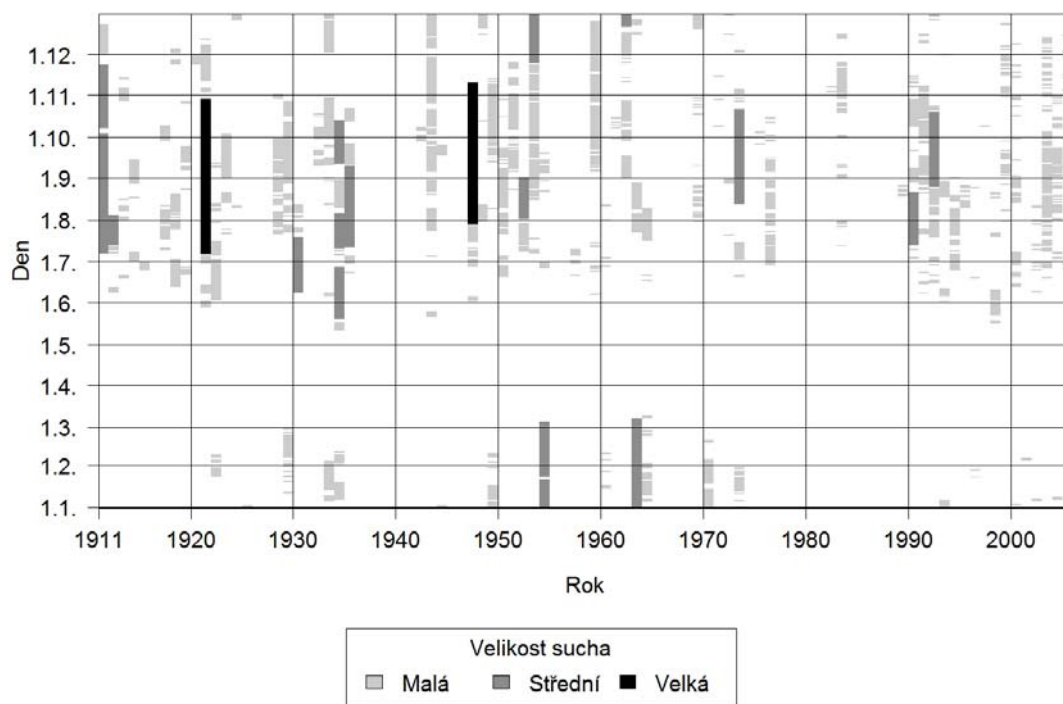
Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00
Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze,
Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_treml@vuv.cz

Pro zpracování tohoto příspěvku byla pro odvození nedostatkových objemů použita hodnota limitního průtoku Q_{330} . Z vymezených období sucha výše uvedeným způsobem pak byla zjištěna nejvýznamnější období sucha na území ČR a na jednotlivých stanicích. Období trvání sucha na území ČR je vždy popsáno v textu každé kapitoly, spolu s extrémy pro hodnocené stanice. Tabulky pak shrnují nejvýznamnější informace o hlavním období sucha na konkrétní vodoměrné stanici.

3. Největší hydrologická sucha 20. století

Celkový přehled

Nejextrémnější sucha byla v letech 1947, 1953 a 1921, přičemž období 1947 - 1953 bylo obecně velmi suché. Další významná sucha byla v letech 1904 a 1911. Ostatní sucha jsou již méně významná. Od 50. let postupně dochází k výstavbě přehradních nádrží, díky nimž je možno průtoky větších vodních toků nadlepšovat, a proto extremita novodobých such je podstatně menší než v 1. polovině 20. století. Významnější hydrologická sucha po roce 1953 byla zaznamenána v letech 2003, 1992 a 1983. V období let 1965 - 1989 se kromě let 1973 a 1983 žádná velká hydrologická sucha nevyskytla. Podrobnější popis nejvýznamnějších such je uveden v následujícím textu, ukázka výskytu jednotlivých such na vodoměrné stanici v Brandýse nad Labem pak na obrázku 1.



Obr. 1 Největší hydrologická sucha na vodoměrné stanici Brandýs nad Labem

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00
Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze,
Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz

Sucho v roce 1953

Největší sucho bylo v roce 1953. Navázalo na velmi suché roky 1947 - 1952. Sucho začalo kolem 15. srpna a skončilo v 1. polovině března roku 1954 táním sněhu. Na většině profilů trvalo přes 190 dnů. Výjimečnost tohoto sucha je kromě délky trvání i v plynulém přechodu sucha z letního období do zimního. Na většině profilů chybělo do naplnění limitního průtoku Q_{330} přes 30 % vody. V absolutním vyjádření chybělo nejvíce vody v Děčíně, téměř 585 mil. m^3 vody. Ve stejném období se vyskytlo i největší meteorologické sucho (více v [1]).

Tab. 1 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1953:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m^3)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
0910	Železný Brod	2.9.1953	8.3.1954	169	22 094 208	31
1040	Brandýs nad Labem	16.8.1953	5.3.1954	192	131 803 200	26
2400	Děčín	14.8.1953	6.3.1954	197	584 591 040	32
1330	Bechyně	9.11.1953	11.3.1954	122	25 841 376	47
4490	Brno - Poříčí	16.9.1953	18.3.1954	183	10 399 104	33
3670	Olomouc	5.8.1953	4.3.1954	188	37 199 520	33
2940	Bohumín	15.8.1953	28.2.1954	196	64 705 824	38

Sucho v roce 1947

Hydrologické sucho je podle velikost standardizovaných nedostatkových objemů největší, podle své délky (cca 117 dnů) a absolutní velikosti nedostatkových objemů 2. největší. Výjimečnost sucha z roku 1947 je, že hlavnímu období sucha, které začalo přibližně ve 2. polovině měsíce července a skončilo kolem 11. listopadu, předcházelo výrazné období sucha v jarních měsících a že i následující roky 1948 - 1953 byly velmi suché. Na všech profilech v hlavním období sucha přesáhla velikost standardizovaných nedostatkových objemů hodnotu 30 % (tj. chybělo přes 30 % vody pro naplnění do limitního průtoku Q_{330}), v Děčíně chyběla dokonce téměř polovina objemu, což v absolutních číslech znamená, že do naplnění limitního průtoku Q_{330} chybělo 516,5 milionu m^3 vody.

Tab. 2 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1947:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m^3)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
0910	Železný Brod	27.6.1947	6.11.1947	124	18 388 512	35
1040	Brandýs nad Labem	16.7.1947	10.11.1947	117	117 944 640	38
2400	Děčín	18.7.1947	11.11.1947	117	516 473 280	48

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz

1330	Bechyně	29.7.1947	9.9.1947	42	6 657 120	35
1330	Bechyně	18.10.1947	12.11.1947	25	3 269 376	29
4490	Brno - Poříčí	25.7.1947	13.11.1947	110	5 701 536	30
3670	Olomouc	14.7.1947	11.11.1947	118	31 880 736	45
2940	Bohumín	5.5.1947	28.6.1947	49	11 623 392	27
2940	Bohumín	10.9.1947	10.11.1947	62	20 295 360	38

Sucho v roce 1921

Další extrémně velké sucho bylo v roce 1921. Hydrologické sucho začalo během druhé červencové dekády a končilo koncem měsíce října, nicméně i průtoky v následujícím měsíci listopadu a v první a druhé prosincové dekádě byly malé, ve většině dnů byly nižší než 50 % hodnoty mediánu hodnoty průtoku. Velikost standardizovaných nedostatkových objemů se pohybovala mezi 29 a 37 %, v Olomouci 44 %, naopak v Bechyni pouze 22 % (souvisí s antropogenní činností, vypouštěním rybníků). V m³ chybělo nejvíce vody v Děčíně, skoro 367 milionů m³ vody, v přepočtu na velikost průtoku chybělo více vody v Olomouci (38 mil. m³) a Brandýse nad Labem (163 mil. m³). Zajímavostí je, že na meteorologických datech (více v [1]) bylo toto sucho detekováno dobře pouze na východě republiky, neboť na západě republiky se podstatně více projevoval přechod front a byla zde i výraznější konvektivní činnost.

Tab. 3 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1921:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m ³)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
0910	Železný Brod	13.7.1921	28.10.1921	101	12 358 656	29
1040	Brandýs nad Labem	29.5.1921	8.12.1921	163	162 656 640	37
2400	Děčín	11.7.1921	30.10.1921	110	366 595 200	36
1330	Bechyně	22.7.1921	12.9.1921	46	4 648 320	22
3670	Olomouc	18.7.1921	19.12.1921	147	38 828 160	44
2940	Bohumín	21.7.1921	2.11.1921	105	32 434 560	36

Sucho v roce 1904

Jedno z nejméně výraznějších such nastalo v roce 1904. Byla k dispozici pouze data z vodoměrné stanice v Děčíně, avšak na této stanici se jednalo o 2. nejvýznamnější hydrologické sucho historie. Sucho trvalo od 8. června do 11. listopadu, s přestávkou 8 dnů. Velikost standardizovaného nedostatkového objemu byla přes 38 %, což v absolutním vyjádření znamená, že chybělo téměř 489 milionů m³ vody. Nejmenší průtoky byly zaznamenány v měsíci srpnu, kdy denní hodnoty průtoků na Labi nepřekročily průtok 51 m³s⁻¹ (hodnota 360denního průtoku za období 1888 – 2010 je 61 m³s⁻¹, průměrný průtok 313

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz

m^3s^{-1}). Výskyt velkého sucha byl detekován i na meteorologických datech (více v [1]).

Tab. 4 Nejsušší období na vodoměrné stanici Děčín v roce 1904:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m^3)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
2400	Děčín	18.6.1904	11.11.1904	139	488 678 400	38

Sucho v roce 1959

Další významné sucho bylo v roce 1959. Na rozdíl od předchozích such se toto sucho nevyskytlo na všech profilech, což je dáno postupně napouštěnými přehradami, jejichž jedním z cílů je nadlepšovat průtoky v období malých průtoků. Na profilech, kde se hydrologické sucho vyskytlo, chybělo k dosažení limitního průtoku Q_{330} mezi 10 a 27 % vody, nejvíce v Brandýse nad Labem, necelých 33 milionů m^3 vody. Problémy s malými průtoky začaly být patrné koncem srpna a trvaly téměř do konce prosince. Je to způsobeno tím, že na většině území mezi 20. srpnem a 21. říjnem vůbec nepršelo nebo byly srážky zanedbatelné. Díky nulovým, popř. velmi malým úhrnům srážek a vysokým výparem bylo toto sucho z hlediska meteorologického sucha 2. nejvýznamnější (více v [1]).

Tab. 5 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1959:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m^3)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
0910	Železný Brod	22.8.1959	26.12.1959	118	11 035 008	22
1040	Brandýs nad Labem	11.9.1959	25.12.1959	100	32 711 040	12
3670	Olomouc	15.9.1959	5.12.1959	77	4 856 544	10
2940	Bohumín	7.9.1959	21.12.1959	105	24 119 424	27

Sucha po roce 1980

Nejvýznamnější sucho novodobé historie bylo zaznamenáno v roce 2003. Sucho postihlo především území západní Evropy, Česká republika byla na okraji oblasti postižené suchem. Nejvýraznější projevy na našem území byly mezi 10. červencem a 3. říjnem. V Bechyni nepřekročil průtok hranicí 330-denního průtoku celkem 107 dní, protekla tam téměř polovina objemu obvykle tekoucí vody, pro doplnění vody na obvykle tekoucí objem vody chybělo 22,3 mil. m^3 vody.

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz

Tab. 6 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 2003:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m ³)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
1040	Brandýs nad Labem	9.7.2003	5.10.2003	77	44 176 320	22
2400	Děčín	4.8.2003	1.9.2003	28	25 030 080	10
1330	Bechyně	19.6.2003	3.10.2003	107	22 871 808	48
3670	Olomouc	28.7.2003	3.10.2003	68	13 105 152	32
2940	Bohumín	7.8.2003	29.9.2003	50	7 780 320	18

Významným hydrologickým suchem novodobé historie je i sucho z roku 1992. Období nejvýraznějšího sucha v tomto roce začalo na většině území po 20. červenci a skončilo po 22. říjnu, v Bechyni skončilo kvůli vypouštění rybníků již 22. září. Největší nedostatkový objem byl v Brandýse nad Labem, přes 62 mil. m³ vody.

Tab. 7 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1992:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m ³)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
910	Železný Brod	25.7.1992	23.10.1992	71	3 583 008	12
1040	Brandýs nad Labem	19.7.1992	24.10.1992	92	62 156 160	25
1330	Bechyně	22.7.1992	22.9.1992	63	11 183 616	40
2940	Bohumín	18.7.1992	16.10.1992	87	19 624 032	37
3670	Olomouc	22.7.1992	25.10.1992	95	24 698 304	30
4490	Brno - Poříčí	11.9.1992	10.12.1992	90	5 503 680	35

Z novodobých such je podstatné i sucho z roku 1983. Zatímco z meteorologického hlediska bylo jedním z největších (viz. [1]), tak z hydrologického hlediska se na velikostech průtoků příliš neprojevovalo. Začalo mezi 15. a 19. srpnem a trvalo do 25. listopadu. Výraznější bylo na východě republiky, méně významné na západě. Největší standardizovaný nedostatkový objem měl velikost 21 %. Největší nedostatkové objemy byly zaznamenány v Olomouci a Bohumíně a měly hodnotu pouze 12, resp. 13 milionů m³.

Tab. 8 Nejsušší období na jednotlivých vodoměrných stanicích v roce 1983:

ID profilu	Název profilu	Od	Do	Trvání (dnů)	Nedostatkový objem (m ³)	Standardizovaný nedostatkový objem (%)
0910	Železný Brod	4.7.1983	2.8.1983	30	1 978 560	20
0910	Železný Brod	19.8.1983	25.11.1983	90	7 632 576	7
1040	Brandýs nad Labem	19.10.1983	25.11.1983	33	6 549 120	19

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@yuv.cz

1330	Bechyně	18.7.1983	4.9.1983	28	2 371 680	21
3670	Olomouc	15.8.1983	26.11.1983	98	12 350 880	14
2940	Bohumín	17.8.1983	18.12.1983	112	13 443 840	20

4. Závěr

Jak bylo ukázáno v příspěvku, během 20. století bylo postiženo území České republiky několika extrémními suchy. Novodobá sucha z 90. let a z roku 2003, při nichž na řadě míst významně poklesly průtoky, ve srovnání se suchy z 1. poloviny 20. století nebyla tak významná. V případě obdobné extremity velkých such z let 1953, 1947 či 1921 by dopady těchto such byly pravděpodobně podstatně významnější, a to i přestože od 2. poloviny 50. let byly na mnoha tocích zřízeny přehradní nádrže, jejichž jedním z cílů je nadlejšovat průtoky na vodních tocích v období výskytu malých průtoků.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu s názvem "Vysychání toků v období klimatické změny: predikce rizika a biologická indikace epizod vyschnutí jako nové metody pro management vodního hospodářství a údržby krajiny", jenž je financován TA ČR a z podkladů projektu s názvem "Stanovení vhodných indikátorů pro identifikaci výskytu, předpověď a vyhodnocení intenzity období sucha pro podmínky České republiky", jenž byl součástí výzkumného záměru VÚV T.G.M a byl financován MŽP ČR.

5. Literatura:

[1] Tremel, P. 2011. Největší sucha na území České republiky v období let 1875 – 2010. Meteorologické zprávy, roč. 64, č. 6, s. 168—176. ISSN 0026-1173.

Pavel Tremel

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i., Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6, Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: 220 197 468, e-mail: pavel_tremel@vuv.cz