

Sucho v českých povodích v roce 2003

Pavla Řiřicová, Jan Daňhelka, Hana Návojevová, Hana Kourková, ČHMÚ

Abstrakt: Článek se zabývá hydrologickým hodnocením sucha v roce 2003. Vzhledem k podprůměrným srážkovým úhrnům na území ČR a naopak nadprůměrným teplotám došlo zejména od června do září k výrazným a všeobecným poklesům hladin v tocích. Článek popisuje situaci na povodích z hlediska dlouhodobých měsíčních průměrných průtoků. Pro vyhodnocení „extremity“ sucha bylo použito tří přístupů. První porovnává denní minima dosažená v roce 2003 s historickými řadami minimálních denní průtoků a hranicí Q_{364} u vybraných 30 vodoměrných stanic. Nejsušší z tohoto pohledu byla Otava, Morava, Odra a některé menší toky, kde došlo k výskytu nejmenších průtoků za dobu pozorování. Vyhodnocena byla i N-letost sucha se zohledněním délky doby trvání malých průtoků. Přitom největší doba opakování sucha byla v povodí Otavy a Orlice (25 - 50 let). Pro hodnocení tří významných profilů (Bechyně, Písek a Týniště nad Orlicí) byl použit program LOWFESTIM k odvození čar nedostoupení nedostatkových objemů a trvání deficitního období a jejich porovnání s hodnotami z roku 2003.

Klíčová slova: hydrologické sucho, Česká republika, rok 2003

O počátku hydrologického sucha v letošním roce můžeme hovořit již od druhé poloviny května a jeho trvání, s malou přestávkou na začátku října, pokračuje až do současnosti, tedy do třetí dekády listopadu, kdy je tento článek psán. Nejnižší hladiny na českých řekách byly pozorovány většinou v letních měsících – nejčastěji srpnu nebo září, proto bylo zpracování provedeno ke konci třetího čtvrtletí.

V období od začátku roku do konce září 2003 spadlo na většině území České republiky méně než 500 mm srážek, což představuje méně než 80 % dlouhodobého ročního průměru, velká část území zaznamenala méně než 60 % úhrnu srážek. Přitom srážkově normální či nadnormální byly pouze měsíce leden a květen, v ostatních měsících byly srážky výrazně nižší než jsou příslušné dlouhodobé průměry. Průměrná teplota za období leden až září vykazovala kladnou odchylku do 2 °C od dlouhodobého průměru (1961 – 1990) téměř pro celou ČR. Na tocích ve všech hlavních povodích se nedostatek vody začal nejvíce projevovat právě od května, kdy byly patrné prudké poklesy hladin.

V období od června do konce září byly průtoky ve všech ČHMÚ sledovaných tocích vzhledem ke svým dlouhodobým měsíčním průměrům – (Q_m) podprůměrné. Nejnižší hodnoty byly dosahovány vesměs v průběhu srpna (příp. září), kdy v povodích Labe průtoky představovaly 25 až 40 % Q_m a na nejméně vodných úsecích jen 4 až 25 % Q_m , jednalo se o dolní Úpu, Dědinu, dolní Orlici, Doubravu, dolní Cidlinu, horní Jizeru. K nejméně vodným tokům v povodí Vltavy patřily Nežárka, Lužnice, Lomnice, horní Otava, Skalice a Sázava. Toky v povodí Berounky byly oproti ostatním většinou relativně vodné - průměrné průtoky ve srovnání s dlouhodobými průměry dosahovaly 30 až 55 %, výrazně nižší však byl Úterský potok (přítok Mže) s 5 % Q_m . V povodí Odry protékalo koryty řek většinou od 15 do 35 % Q_m a v nejméně vodných úsecích Odry a Opavice jen kolem 3 % Q_m . V povodí Moravy byly průtoky většinou v rozmezí od 20 do 40 % Q_m , nižší hodnoty, 11 až 15 % Q_m , se vyskytovaly na Vsetínské Bečvě, Rožnovské Bečvě, Bečvě a Olšavě. V povodí Dyje byla situace relativně nejprůtokovější z celé republiky s průtoky na úrovni 30 až 60 % Q_m .

Letošní sucho jsme z hydrologického hlediska hodnotili podle tří přístupů:

- a) vývoj vodnosti pomocí grafického znázornění průběhu vývoje denních průměrných průtoků v časovém rozmezí květen-září ve vybraných stanicích se znázorněním minimálních průtoků, které se vyskytly ve zpracovávaných profilech za dobu pozorování
- b) pomocí N-letých minimálních průtoků daného trvání
- c) pomocí programu LOWFESTIM, který počítá nedostoupení nedostatkových objemů a trvání deficitního období

Tab.1 Výskyt malých průtoků ve vybraných stanicích

Povodí	Stаницe	Tok	yhodnocování útoků od	Roky s průtoky menšími než v roce 2003
	ebrné	Labe	1949	Stejně jako 1949 a 2002
	eská Skalice	Úpa	1911	1911,1915,1921,1925,1947, 1994
	ýniště n. O.	Orlice	1917	1917,1921-2,1928,1930,1935
	ítrov ědina	1960	1972,1974,	1983,1990-4, 1996
	leby oubřava	1927	1930,1934,	1935,1947,1953, 1990
	ány	Cidlina	1910	více než v 6 rocích od začátku vyhodnocování
	elezný Brod	Jizera	1911	1929,1934,1947,1976,1983, 1990
	ředměřice	Jizera	1911	1911,1921,1930,1935,1992
	tudená □ltava	erný Kříž	1946	1947,1950
	asenice	Nežárka	1946	1957, 1990, 1992
	echyně užnice	1912	1950,1990	
	ušice	Otava	1930	nejmenší Q za celé období – srpen, září
	atovice	Otava	1911	nejmenší Q za celé období – minima začátek září
	ísek	Otava	1912	nejnižší Q za celé období – minima konec srpna
	ol. Ostrovec omnice		1948	1948,1965,1970,1971,1975,
	arvažov	Skalice	1930	nejmenší Q za celé období – srpen
	espeky ázava	1912	v 8 rocích	od začátku vyhodnocování
	rpisty	Úterský p.	1952	1973, 1998
	taňkov	Radbuza	1930	v 8 rocích od začátku vyhodnocování
	lzeň-Bílá Hora	Berounka	1912	více než v 8 rocích od začátku vyhodnocování
	vatava	Svatava	1964	nejmenší Q za celé období –minima od poloviny července - srpen

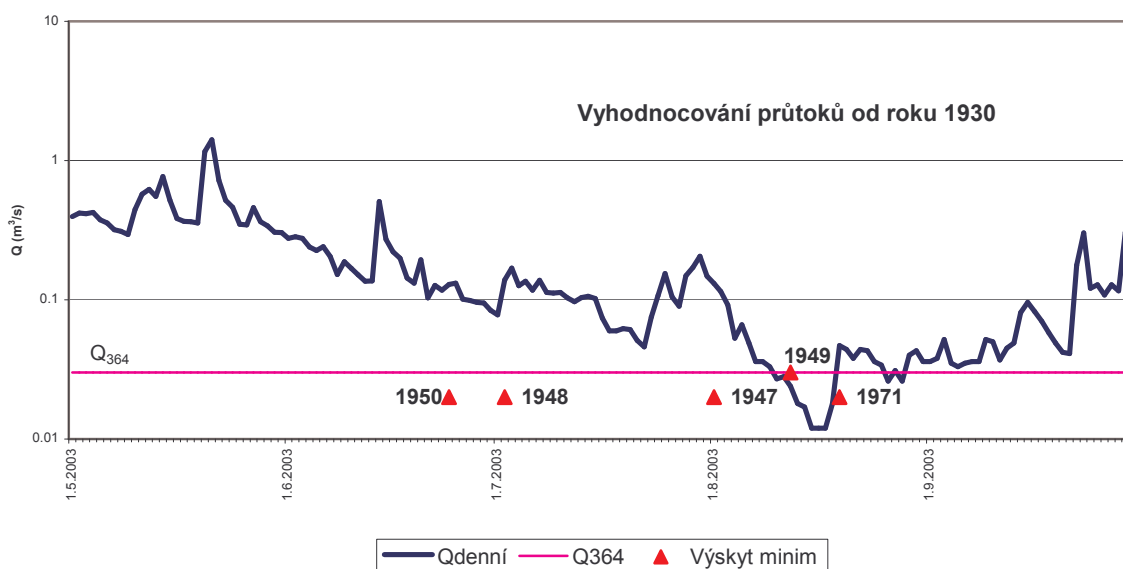
j □ □ á □ á LWj □ □ á □ á 2ŽéA □ Ú □ á □ á 2ŽéKl □ □ aČW2Žéj □ □ □ tc2Žéú □ □ Lj □ □ □ l □ □ l □ □ □ □ Lá □ □
září)

orava

oravičany orava	1911	nejmenší Q za celé období- minima koncem srpna-zač.září	
setín	Vset. Bečva	1941	1947, 1952, 1992
al. Meziříčí	dž. Bečva	1942	1944, 1950, 1951, 1962, 1992
luhonice	Bečva	1920	1928, nejmenší krátkodobě v 2. dekádě června
Kroměříž orava	1916	1921-3,	1928,1930,1946-7, 1994

Vývoj vodnosti vybraných toků v povodí Labe, Moravy a Odry v období květen-září 2003

Pro hodnocení, které toky byly nejméně vodné z dlouhodobého hlediska vzhledem k historii jejich pozorování, byl vybrán soubor operativních stanic ČHMÚ, které jsou denně k dispozici na hydroprognózních pracovištích. Byly zkoumány průtoky od začátku května (kdy začínalo docházet k jejich poklesům) až do konce září. Výběr stanic byl proveden na základě porovnávání dosažených průtoků v tomto období vzhledem k jejich 364 denním hodnotám (364-denní průtok Q_{364} je dosažen nebo překročen průměrně 364 dnů v roce). Ze souboru 170 profilů byly vyloučeny stanice, které nemají přirozený odtokový režim a jsou ovlivněné např. odpuštěním z vodních děl. Tímto způsobem bylo vybráno 30 průtokoměrných stanic (viz tab.1) ze všech hlavních povodí České republiky – povodí Labe, Odry a Moravy, které měly po určitou dobu průtoky menší než Q_{364} . Pro komplexnější zhodnocení jsme pak k nim přidaly i vodnější stanice, které nesplňovaly podmínku podkročení Q_{364} , avšak reprezentovaly větší celky - povodí Berounky, Ploučnice a Labe. Z tabulky je patrné, že ani jeden z toků v povodí Dyje nesplnil vytčené kritérium pro hodnocení malých průtoků.

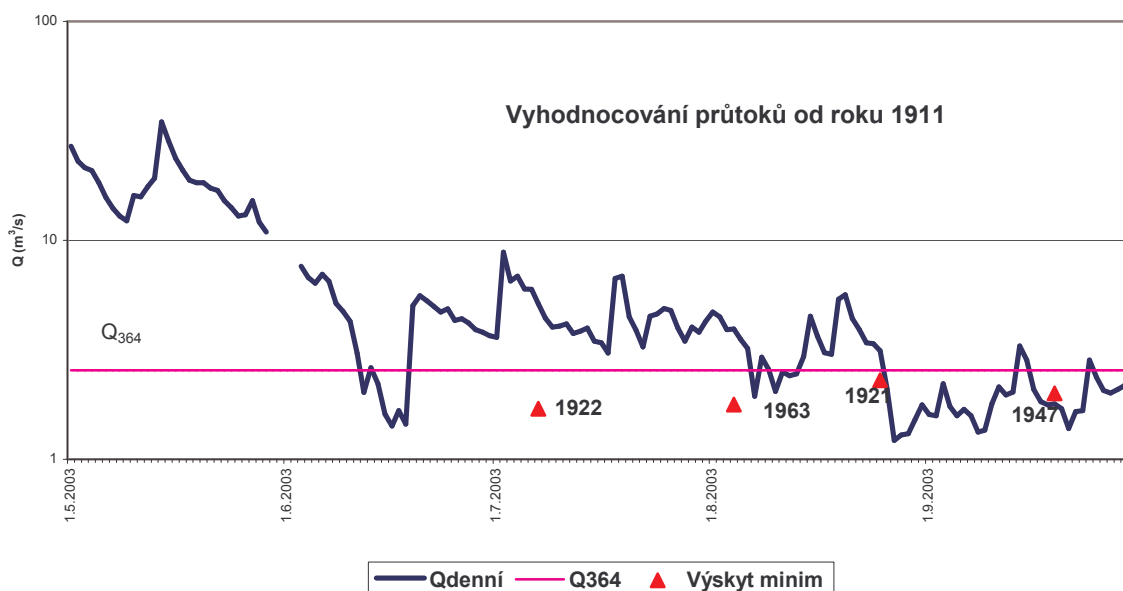


Obr. 1 Vývoj průměrných denních průtoků a historická minima pro Skalici ve Varvažově

Pro vybrané stanice byly dále porovnávány letos dosažené průměrné denní průtoky v období květen – září s nejnižšími denními hodnotami, které byly zaznamenány v historii vyhodnocování průtoků v dané stanici, viz příklady v obrázcích 1 a 2. Vzhledem k tomu, že měření a vyhodnocování velmi nízkých průtoků je poměrně obtížné, byly posuzovány vždy alespoň 3 po sobě jdoucí dny, ve kterých byl zaznamenán nejnižší dosažený průtok. V případě, že malý průtok se vyskytoval pouze v 1 dnu, byla hodnota vyloučena.

Z hlediska tohoto přístupu patřila v povodí Vltavy mezi nejsušší toky **Otava**, kde byly ve 3 sledovaných profilech - v Sušici - na začátku srpna, v Katovicích začátkem září a v Písku koncem srpna zaznamenány průtoky nejnižší za dobu pozorování (od 1930, 1911, resp. 1912). Dále na **Skalici** ve Varvažově byl rovněž zaznamenán nejmenší průtok za dobu pozorování od roku 1930. Z českých toků bylo „velké sucho“ i na **horním Labi** v Debrném (stejně jako v letech 1949 a 2002) a na **Svatavě** – v povodí Ohře, kde se průtoky vyhodnocují od roku 1964. V povodí Moravy byly nejnižší průtoky dosaženy na **Moravské Sázavě**

v Lupěném v poslední červencové dekádě (pozorování od roku 1976), ale také na **Moravě** v Moravičanech, od konce srpna do poloviny září, kde je dlouhá řada pozorování od roku 1911. Rovněž v Šumperku, i když nebylo překonáno absolutní minimum z roku 1930, trvaly extrémně nízké průtoky od začátku srpna do konce září. V povodí horní Odry v Odrách byly dosaženy v polovině srpna obdobné hodnoty jako v letech 1951, 1952, 1962 a 1973. Rovněž



Obr. 2 Vývoj průměrných denních průtoků a historická minima pro Moravu v Moravičanech

v Krnově na Opavici byl sušší pouze jediný rok 1994 a na **Stěnavě** v Otovicích byl extrémně suchý konec července (pozorování od 1976), avšak začátkem května 1983 zde byly průtoky ještě nižší. Přehled o ostatních zkoumaných tocích dává tabulka 1. Z ní vyplývá, že Studená Vltava, dolní Lužnice, Úterský potok, Opavice, Desná a Dolní Bečva patřily mezi toky, kde pouze v jednom, případně dvou rocích z celé řady pozorování se vyskytovaly nižší průtoky než letos. Nežárka a Vsetínská Bečva měly průtoky nižší ve třech případech. Naopak více než šestkrát byla letošní minima překonána u Úpy, Orlice, Dědiny, Doubravy, Cidlina, Jizery, Lomnice, dolní Sázavy, Radbuzy, Berounky, Ploučnice, a Rožnovské Bečvy. Přehled o celkové situaci o suchu na tocích ČR dává mapka na obr. 3.

Podobné hodnoty průtoků na dolním Labi v Ústí nad Labem jako v letošním roce, kdy průtoky zaklesávaly i na několik dní pod $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, byly naposledy v letech 1963 a 1964. Vůbec nejnižší naměřená hodnota v Ústí nad Labem se vyskytla v suchém létě 1947, a sice 24. srpna, kdy korytem řeky protékalo jen $34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průtoky v dnešní době jsou však ovlivňovány odpouštěním z Vltavské kaskády, která zaručuje průtok Prahou větší než je $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Analyza extremity minimálních průtoků v povodí Labe

Pro hodnocení sucha byla použita metoda (Projekt Labe, 1993 Zpracování hydrologických charakteristik Eu 030302 – N-leté minimální průtoky daného trvání), ve které byly odvozeny čáry opakování minimálních klouzavých průtoků daného trvání za období 1931 - 90 ve vybraných stanicích povodí Labe. Vstupem do výpočtu jsou řady průměrných denních

průtoků zkoumaného období a z nich pomocí klouzavých průměrů, v našem případě $t=30$ dní, se hledá nejmenší průměr, kterému je přiřazena příslušná doba opakování. Tímto způsobem byly spočteny N-letosti pro závěrové profily vybraných toků – Orlice, Jizera, Otava, Lužnice, Labe a Ploučnice a některé další stanice, výsledky jsou zpracovány v tabulce 2.

Tab.2 Výsledné N-letosti pro sucho 2003 ve vybraných stanicích

Povodí	Stanice	Výsledná N-letost
Orlice	Týniště	25 - 50
Jizera	Železný Brod	2 - 5
Jizera	Předměřice	5 - 10
Lužnice	Bechyně	25
Otava	Sušice	25 - 50
Otava	Písek	25 - 50
Berounka	Bílá Hora	5 - 10
Labe	Ústí nad Labem	5
Ploučnice	Benešov	2 - 5

Z tabulky vyplývá, že za nejsušší toky ze zpracovávaných stanic můžeme považovat řeku Otavu a Orlici s nízkými průtoky s dobou opakování 25 až 50 let.

Zpracování sucha dle programu LOWFESTIM

Letošní suchý rok byl také experimentálně hodnocen pomocí nového programu LOWFESTIM (Low Flow Estimator, autor Wojciech Jakubowski z katedry matematiky Zemědělské univerzity ve Wroclawi), který byl poskytnut v rámci projektu FRIEND z Polské republiky. Program řeší výběr nedostatkových období a pomocí teoretických rozdělání počítá čáry nedostoupení nedostatkových objemů a trvání deficitního období.

Pro analýzu malých průtoků tímto programem byly zkušebně vybrány závěrové stanice tří toků, a to Týniště nad Orlicí na Orlici, Bechyně na Lužnici a Písek na Otavě. Výběr těchto stanic byl proveden ze souboru stanic, které byly hodnoceny rovněž dvěma předchozími přístupy. V těchto stanicích byly použity jako vstupy řady průměrných denních průtoků za období hydrologických roků 1961-2000.

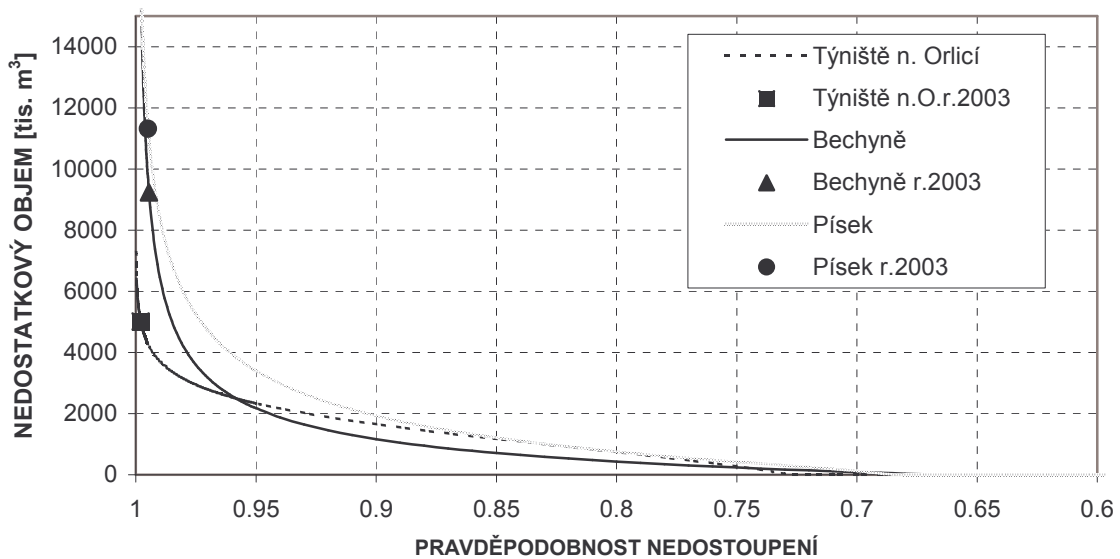
Pro každou stanicí byla uvažována mezní hodnota průtoků odpovídající pravděpodobnosti překročení 97,19 %, tedy průtok Q_{355} . Průtoky pod touto hranicí jsou brány jako deficitní.

$$\begin{array}{ll} \text{Týniště nad Orlicí} & Q_{\text{mez}} = 4,56 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \\ \text{Bechyně} & Q_{\text{mez}} = 3,50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \\ \text{Písek} & Q_{\text{mez}} = 6,38 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \end{array}$$

Podmínkou použití programu pro zpracování daných řad je stanovení kritérií pro výběr deficitního období. Jde o minimální časovou odlehlost (zvoleno 1 den) mezi jednotlivými výskyty sucha ($Q < Q_{355}$) a minimální doba trvání deficitního období (v našem případě 5 dní). Dále je nutné zvolit minimální počet výskytů období sucha ve zpracovávaných řadách, tak

aby bylo možné statistické zpracování. Program byl použit pro zhodnocení vybraných tří profilů.

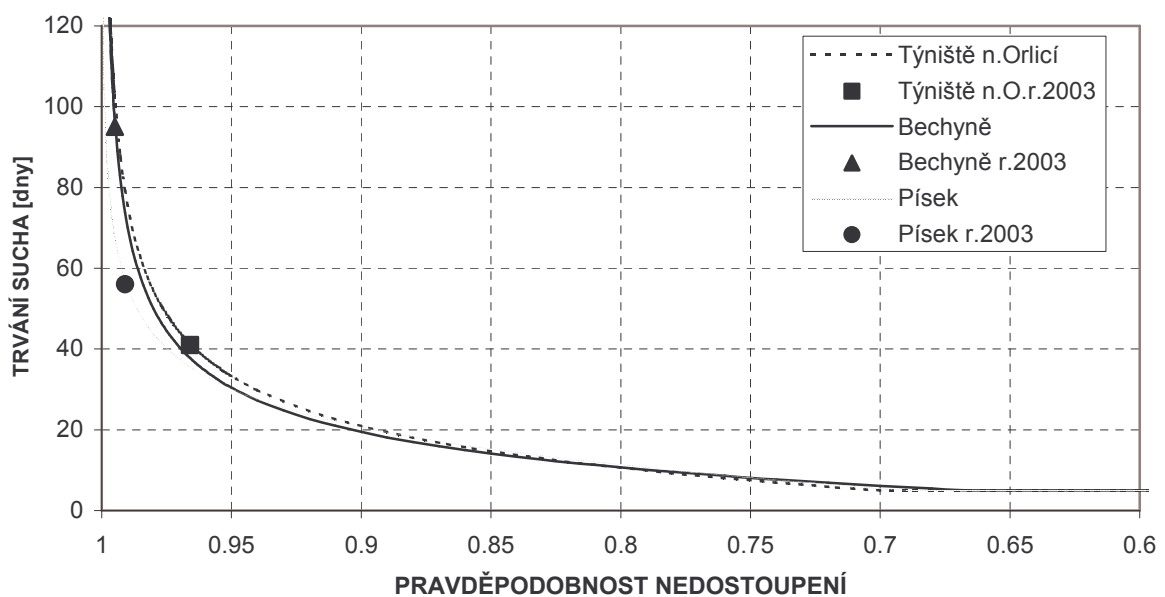
ROZDĚLENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI



Obr. 4 Čáry nedostoupení nedostatkového objemu

Vypočtené čáry nedostoupení nedostatkového objemu a nedostoupení trvání sucha byly vyneseny do grafů. Dále byl vypočítán a graficky znázorněn deficitový objem a trvání sucha v letošním roce (řada průměrných denních průtoků končí 30.9.2003). Pro výběr sucha v roce 2003 byly uvažovány stejné podmínky, jaké byly použité pro období 1961-2000.

ROZDĚLENÍ PRAVDĚPODOBNOSTI



Obr. 5 Čáry nedostoupení trvání sucha

Na grafu v obr. 4 jsou vyneseny čáry nedostoupení **nedostatkového objemu** ve všech třech stanicích. Dále jsou zde pro tyto stanice vyneseny vypočtené nedostatkové objemy za letošní rok.

Na grafu v obr. 5 jsou vyneseny vypočtené čáry nedostoupení **trvání sucha**. Rovněž jsou zde vyneseny vypočtené doby trvání sucha v letošním roce.

Jak z výše uvedených grafů vyplývá, mají malé průtoky v roce 2003 ve všech třech stanicích vzhledem ke zpracovávanému období velmi vysokou pravděpodobnost nedostoupení, tzn. velmi malou pravděpodobnost překročení výskytu.

Závěr

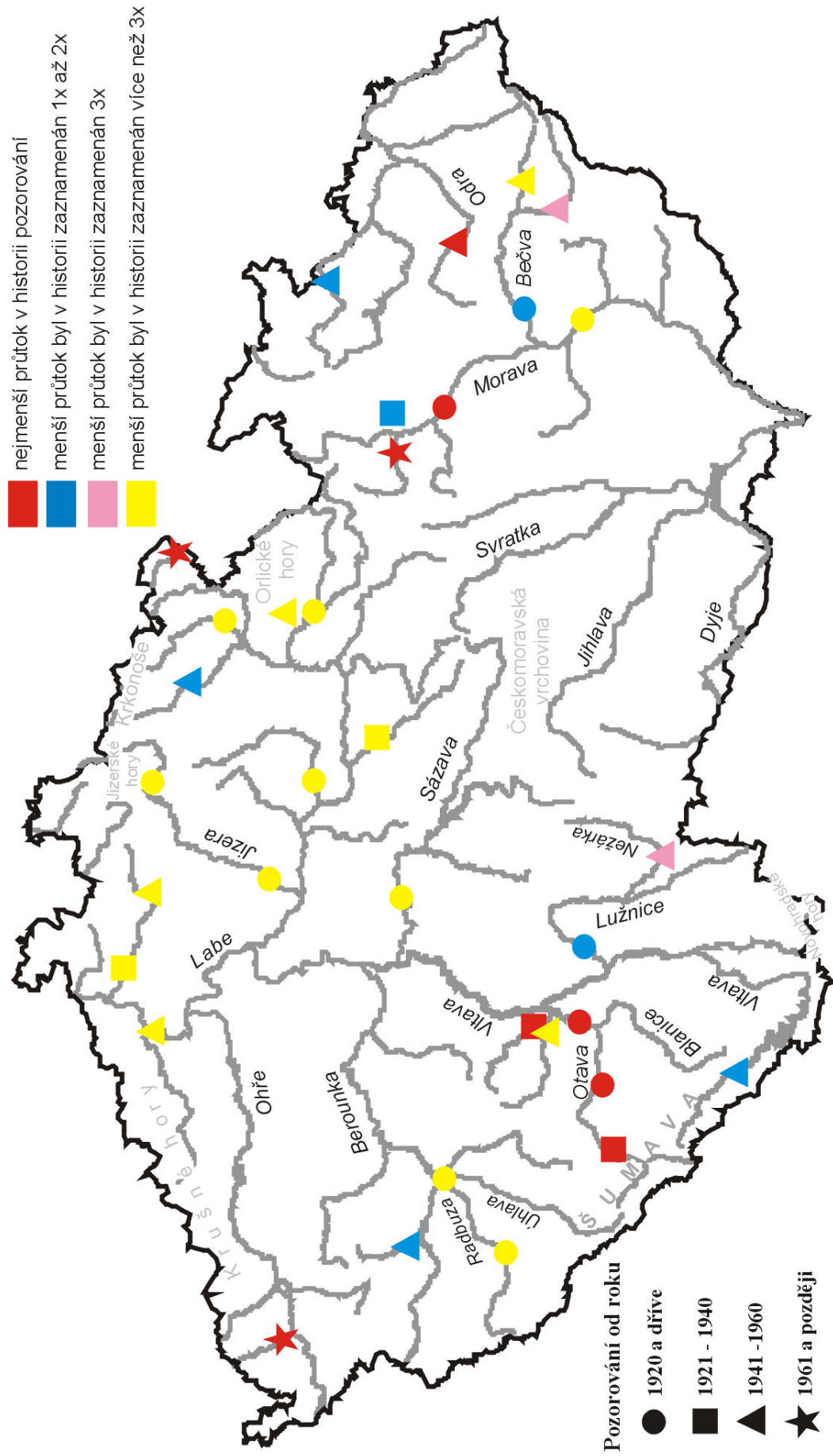
Z hlediska povrchových vod nelze uvažovat letošní suché období jako celoplošnou záležitost, přesto extrémně malé průtoky se vyskytovaly místy na tocích v jižních a východních Čechách, dále i na malých tocích na západě území. Postiženy byly i toky na severní Moravě pramenící v oblasti Jeseníků. Je nutné však brát v úvahu, že výsledky jsou závislé na délce doby pozorování v hodnocených profilech.

Trvání suchého období lze uvažovat od května do současnosti, kdy sice byly nízké hladiny začátkem října přechodně vystřídány vodnějším obdobím, následně však průtoky opět poklesly pod příslušné dlouhodobé měsíční průměry. Absolutní minima byla převážně dosažena v letních měsících – v srpnu nebo září, případně červenci.

Úrovně hladin podzemních vod a vydatnosti prameny byly rovněž podrobeny analýze vzhledem k dlouhodobým hodnotám. Celkově lze shrnout, že zmenšování zásob podzemních vod se projevilo dříve v jižních a jihozápadních Čechách, než ve zbývající části území. Za jasný příznak sucha u podzemních vod však považujeme dosažení, nebo podkročení kvantilu 85 % MKP – (dlouhodobá měsíční křivka překročení), který byl dosažen pouze v povodí Moravy a částečně i v povodí Odry. Proto celkově z hlediska podzemních vod suché období roku 2003 nelze považovat za extrémně suché. Významnější projevy nedostatku podzemních vod byly dány převážně lokálními podmínkami.

Použité podklady:

Zprávy ČHMÚ zpracovávané k suchu 2003



Obr. 3 – Hodnocení vybraných stanic