



# Suché období 2014-2017

vyhodnocení, dopady a opatření

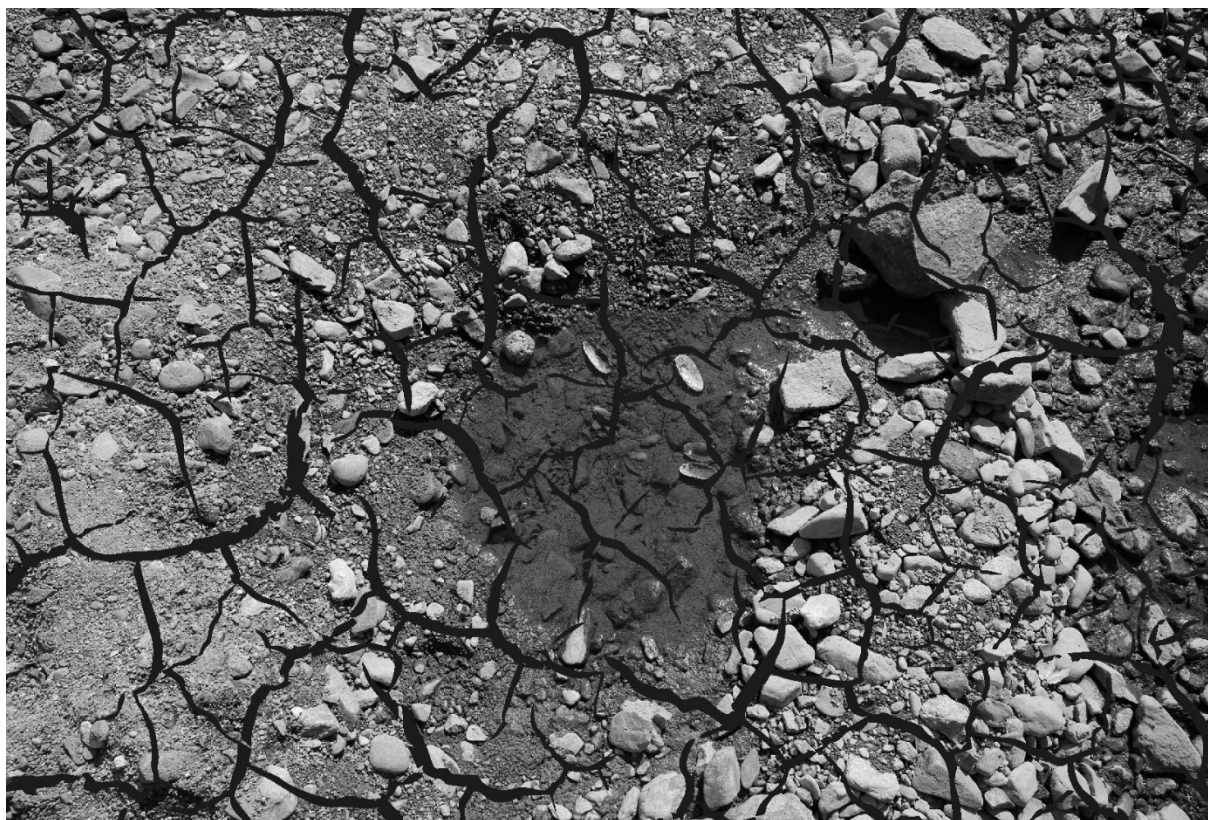


Květen 2018



# Suché období 2014-2017

## vyhodnocení, dopady a opatření



Květen 2018

© ČHMÚ, 2018

ISBN 978-80-87577-81-3

# OBSAH

Slovo úvodem.....	5
Paralely sucha 2014–2017 s historickým suchým obdobím 1861–1875.....	6
Hydrologické zhodnocení významných srážkových epizod v období 2014–2017.....	11
Zhodnocení vývoje hydrologické situace v období 2014–2017.....	31
Hodnotenie sucha v povrchových a podzemných vodách na vybranom území Slovenska v období 2014–2016.....	38
Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky.....	39
Typový plán pro krizovou situaci Dlouhodobé sucho.....	43
Stav přípravy novely vodního zákona – „Zvládání sucha a nedostatku vody“.....	47
Jaká opatření k omezení sucha a nedostatku vody budou účinná?.....	48
Připravovaný on-line systém pro zvládání sucha – operativní řízení během suché epizody.....	51
Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a webová aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině.....	63
Příprava nařízení vlády pro stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků.....	68
Zkušenosti provozovatelů vodovodů a kanalizací s projevy sucha v roce 2015.....	77
Abstrakty mikroprezentací.....	80
Jaké poznatky jsme si odnesli z dosavadního průběhu suchého období 2014 až 2017?.....	83





# SLOVO ÚVODEM

Po povodni z června 2013 započalo celkově suché období, které vytrvalo až do doby přípravy tohoto sborníku a odborného semináře (květen 2018) a je pravděpodobné, že bude v různé intenzitě trvat i nadále. Dosavadní vrchol sucha nastal v létě 2015, ale místy a v některých aspektech přetrvával až do roku 2016. Příčiny sucha lze spatřovat v kombinaci řady faktorů. V první řadě jsou to deficitní srážky a vysoká teplota vzduchu podporující větší výpar. Nepříznivý byl i charakter zim, které zejména v nižších a středních polohách byly z hlediska množství sněhu podprůměrné a poměrně brzy skončily, a tedy brzy započal pravidelný pokles zásob vody v půdě a v podzemních vodách.

Sucho a jeho viditelné projevy vyvolali společenskou diskuzi, která vedla mimo jiné ke zpracování Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky v roce 2017, probíhající přípravě novely vodního zákona v podobě začlenění hlavy o suchu, nasměrování výzkumu i konkrétních kroků v oblasti informovanosti a prevence. Realizace konkrétních změn v krajině, změny v obhospodařování či zvyšování retence jsou pochopitelně dlouhodobým úkolem, ale jeho nezbytnost již není předmětem diskuze.

Cílem tohoto sborníku je zachytit aktuální stav poznání a vnímání stále ještě probíhajícího suchého období, který by mohl posloužit jako jakýsi časový snímek pro pozdější retrospektivní ohlédnutí. Jsem přesvědčen, že za 5, či za 10 let budou naše znalosti a schopnosti porozumět suchu i omezovat jeho dopady výrazně větší než v současnosti a možná budeme kroutit hlavou nad tím, jak nedokonalé naše myšlenky byly na jaře 2018. Věřím však, že dokumentace jejich vývoje může být v lecčems přínosná.

Tento „sborník“ má z výše uvedených důvodů velmi volnou strukturu, autorům nebyl předepsán rozsah a forma příspěvků, která se odvíjí od jejich vlastního uvážení na základě významu zpracovávané problematiky a stupně rozpracovanosti výsledků. Proto se součástí této publikace staly nejen rozšířené abstrakty přednesených prezentací, ale i rozsáhlejší texty věnované problematice minimálních zůstatkových průtoků a studiu odtoku z konkrétních epizod přívalových srážek zasahujících vyschlá povodí.

V závěru publikace byl potom poskytnut prostor pro všechny účastníky odborného semináře, kteří měli zájem o sepsání své hlavní myšlenky, či hlavního poznatku, jež si z dosavadního průběhu sucha oni sami odnášejí.

Jan Daňhelka

*Praha, květen 2018*

# PARALELY SUCHA 2014–2017 S HISTORICKÝM SUCHÝM OBDOBÍM 1861–1875

*Libor Elleder, Radek Vlnas, Jan Daňhelka, Český hydrometeorologický ústav*

## Úvod

Vyhodnocení sucha v roce 2015 (ČHMÚ, 2015) poskytlo i srovnání některých aspektů suchého roku 2015 s předchozími epizodami such – zejména s roky 2003 a 1947, ale také s obdobím 1991–1993, které se projevilo hlavně v podzemních vodách. Sucha se samozřejmě na našem území vyskytovala i ve starší historii. Z období počátku instrumentálních hydrologických měření máme zachyceny minimální průtoky v roce 1904, pro starší období již ucelený zdroj kvantitativních informací v podstatě nenalzáme. Staré kronikové záznamy se většinou omezují na informace, jak dlouho nebyly (většinou lokálně) zaznamenány srážky a jaké dopady sucha mělo na úrodu, hydrologické dopady lze odhadovat z informací o zastavení mlýnů. Jedno významné suché období, jehož srovnání s probíhajícím suchem se přímo nabízí, se vyskytlo v době úplných počátků systematických pozorování meteorologických a hydrologických, v době od 50. do poloviny 70. let 19. století (prof. Augustin (1894) vymezil 21leté období celkově suchých let, a to 1856 až 1876). Právě tomuto suchému období se budeme na následujících stránkách věnovat – přičemž zde předkládaný text čerpá z rozsáhlejšího příspěvku připravovaného pro monografii sestavenou z historicko-hydrologických studií ČHMÚ.

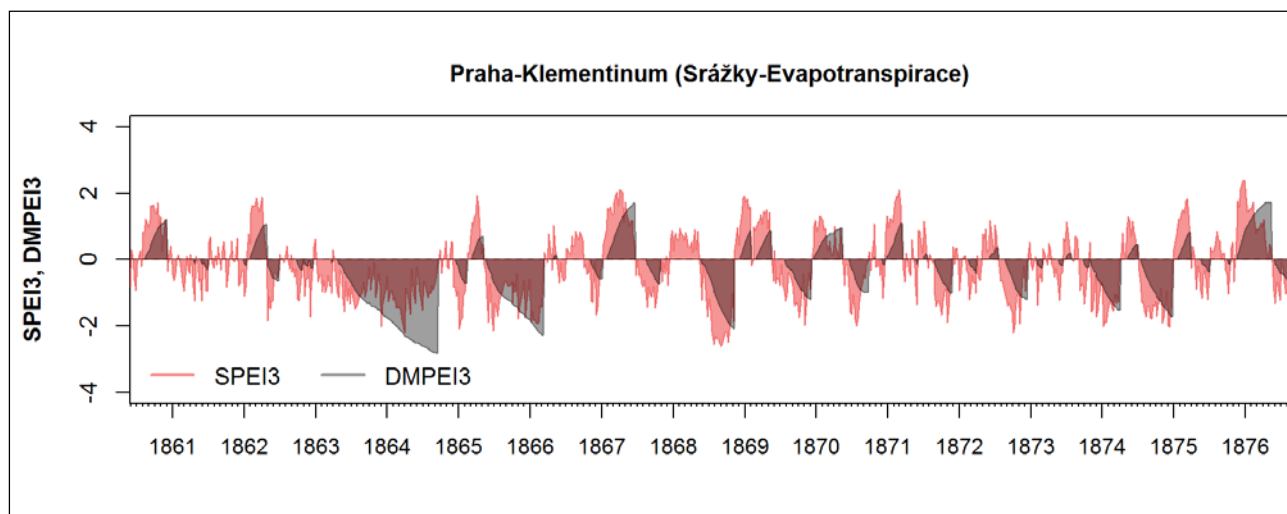
## Sucho 1861 až 1875

V období 1861–1875 se vyskytla řada pozoruhodných hydrometeorologických jevů a dalších událostí, které mohou mít na průběh počasí vliv (silná erupce etiopské sopky Dubbi v roce 1861, či erupce Vesuvu v roce 1872). V tomto období došlo ke dvěma význačným povodním na úrovni  $Q_{100}$  a vyšší. Byla to zimní povodeň 1862 (Elleder a kol. 2012b) a známá rozsáhlá letní přívalová povodeň v květnu 1872 (Elleder a kol. 2012a). Kromě toho došlo i k významnějším povodním v letech 1864 a 1865, dále ke katastrofálním vichřicím 1868 a Karlem Klostermanem popisované šumavské vichřici 1870, vyskytly se tuhé zimy 1864/1865 a 1870/1871. Naopak velmi mírná byla zima 1862/1863. Za pozornost stojí i dlouho trvající povodně z počátku roku 1867. Přesto bylo hlavním rysem celého období sucha v různých podobách, od ca 60denního bezesrážkového období na podzim 1866, přes opakované dopady v podobě zemědělského sucha, po výskyt průtokových minim vrcholící v roce 1874. Za nejsušší roky v uvedeném období lze označit roky 1863, 1865, 1868, 1871 až 1874.

Kombinace meteorologických faktorů ovlivňujících vznik a vývoj sucha se v jednotlivých letech lišila. Teplotní extrémy, zejména z hlediska počtu velmi teplých a také tropických dnů, byly nejvýraznější v letech 1868 a 1874. Zatímco roční srážkový deficit dosáhl maxima spíše v letech 1864 a 1865. Suchá období se vyskytla v daném období často až na konci léta a na podzim např. v říjnu (viz říjen r. 1866).

Vyhodnocení dostupných meteorologických pozorování ukázala, že z hlediska projevů sucha v různých částech hydrologického cyklu, lze období rozdělit na dvě části. Zatímco v 60. letech dominovalo meteorologické sucha s velkým deficitem srážek. Obr. 2 ukazuje vyhodnocení průběhu indikátoru SPEI3 a DMPEI3 za roky 1860 až 1876 na základě měření stanice Praha-Klementinum a naznačuje, že v období let 1863 až 1865 a v roce 1868, lze jistě hledat základ pro následný vývoj hydrologického sucha, který dominoval v 70. letech v podobě významných odtokových deficitů, a to i přes již méně výrazné srážkové deficity v tomto období.





Obr. 1 Průběh hodnot indikátorů SPEI 3 a DMPEI v období let 1861 až 1876.

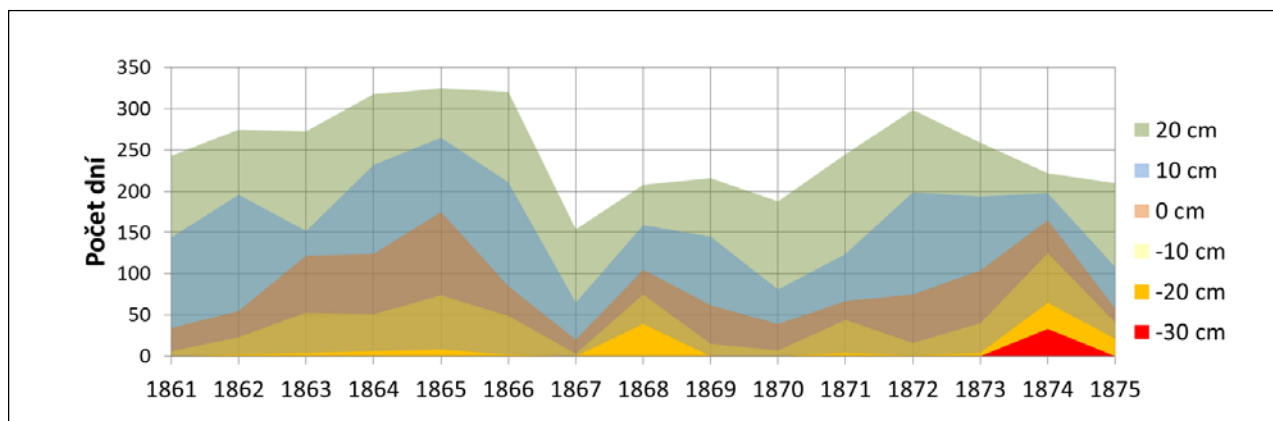
Charakter léta 1863 dle Brázdila et al. (2015) ovlivňovala již od května anticyklonální situací trvajících i v červnu a červenci (hřeben vysokého tlaku od Azor). V srpnu šlo o nevýraznou brázdou nízkého tlaku. Deficit srážek se projevil v celém období, vrcholil však patrně podle Brázdila et al. (2015) v červenci a srpnu. V celém roce 1864 pokračoval výskyt srážkově podprůměrných měsíců, které pokračovaly i v dalším roce, kdy duben 1865 nepřinesl téměř žádné trvalejší srážky a další dvě velmi dlouhá (cca 30 dnů) bezsrážková období nastala v září a prosinci. Deficit se zde tedy vytvářel v průběhu přibližně tří let. Dalším srážkově extrémním rokem byl rok 1868, podle Brázdila et al. (2015) byla příčinou převažující anticyklona v měsících květen až srpen, a v září anticyklona se středem nad Černým mořem. Navíc byl rok 1868 velmi bohatý na výskyt tropických dnů, již v květnu to byly 4 dny, v červnu 3, v červenci 7 a v srpnu série 10 tropických dnů. Červencová a srpnová série horkých dnů se kryje se dvěma dlouhými bezsrážkovými epizodami. Pokles vodních stavů byl proto rychlý, ale vzhledem k předchozím povodňovým situacím vodní stavy v Praze poklesly pod úroveň normálu až začátkem července a na úroveň  $-10$  cm na Staroměstském jezu až začátkem srpna.

Dlouhodobý vývoj zhoršování hydrologických projevů sucha (v té době dokumentovaný převážně zaznamenanými vodními stavy v několika profilech významných pro plavbu) je dokumentován na obr. 2, který ukazuje trvání (počet dnů) nízkých vodních stavů Vltavy v Praze v profilu Staroměstské mlýny (bez rozlišení na letní a zimní období). Počet dnů, kdy vodní stav klesl pod stav  $+20$  cm (průtok cca  $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), což znamenalo počátek omezení plavby, byl nejvyšší v letech 1864 až 1866, kdy dosahoval až okolo 320 dnů v roce, a v roce 1872 s ca 300 dny.

Vodní stav s přímými dopady na provoz plavby, mlýnů a vodáren v Praze (tedy stavy nižší než  $0$  cm, tedy průtok menší než ca  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), byl evidentně nejčastější v letech 1865, kdy vyvrcholilo tříleté suché období, a roce 1874. Absolutní pozorované extrémy (minima vodního stavu nižších než  $-20$  cm) se vyskytly v roce 1868 a v roce 1874, kdy hladina po téměř jeden měsíc poklesla dokonce pod  $-30$  cm!

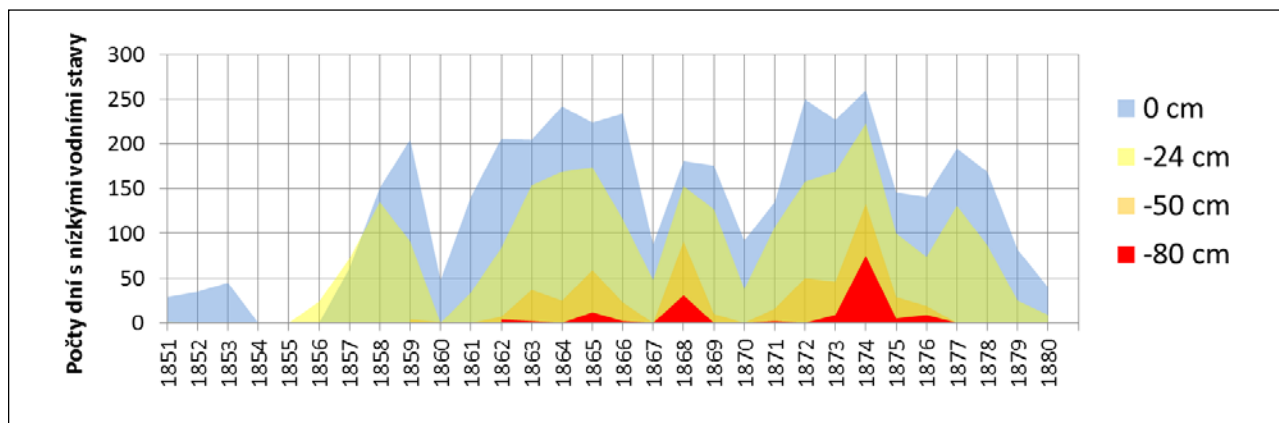
Situace v oblasti extrémů se tedy v průběhu celého období postupně zhoršovala a odtok z povodí Vltavy v roce 1874, lze považovat za výsledek dlouhodobějšího vývoje s počátkem nejpozději v roce 1863. Přinejmenším 12leté období, v němž se vyskytlo celkem 6 alespoň půlročních hydrologických suchých period, vedlo k poklesu základního odtoku, takže k výraznějšímu poklesu hladin v sedmdesátých letech 19. století postačovaly i méně výrazné srážkové deficity než kolem r. 1863 a 1865.

Zajímavé je, že ani tuhé (1863/1864 a 1870/1871) a na sních bohaté zimy (1874/1875 a 1875/1876) a následně povodně nezměnily trend odtoku a přetrvávání či dokonce prohlubování sucha. Na druhou stranu po obou slabých zimách 1862/1863 a 1872/1873 sucho nastalo relativně brzy v průběhu roku. Zejména květen roku 1863 byl z tohoto pohledu brzkým začátkem významného suchého období 1863 až 1866. Ale i ve druhém případě teplá zima 1872/1873 byla počátkem významné suché periody 1873 až 1874. Oba vrcholy hydrologického sucha tedy byly předznamenány teplou zimou, v čemž lze sledovat paralelu k výskytu teplých zim 2013/2014 a 2014/2015, které předcházely suchu 2015. Na druhou stranu výjimečně teplá zima rozhodně nebyla postačující ani nutnou podmínkou pro následné sucho.



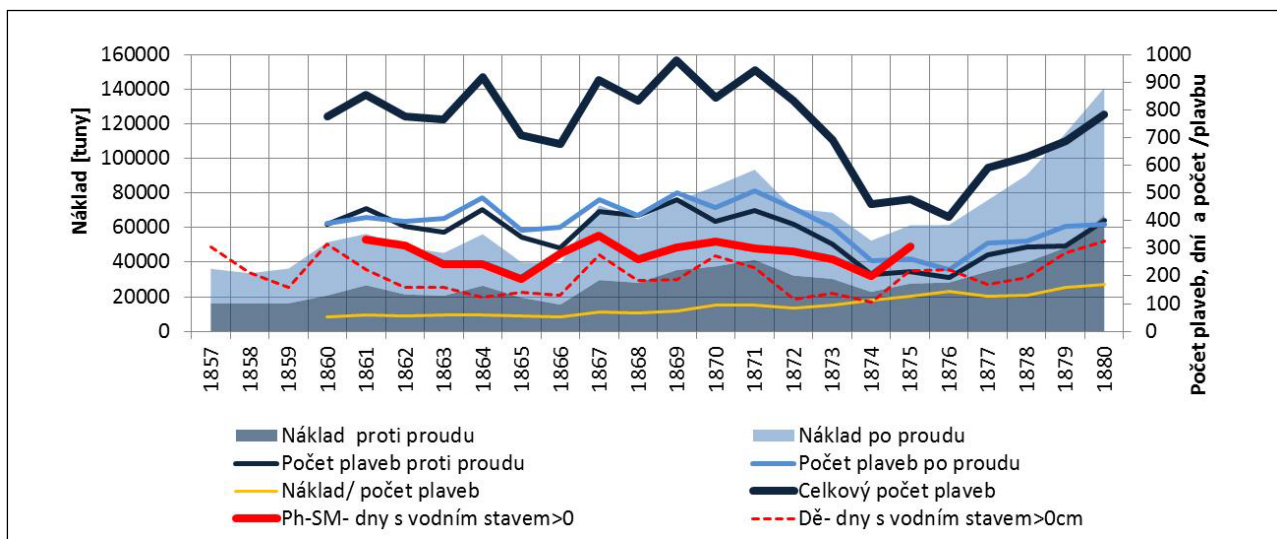
Obr. 2 Počet dnů s nízkými vodními stavy Vltavy v Praze v profilu Staroměstské mlýny v období 1861–1875.

Podobný výsledek poskytuje přehled pro Labe v profilu Děčín (obr. 3), ale s širší časovou základnou let 1851–1880.



Obr. 3 Počet dnů s nízkým vodním stavem Labe v Děčíně v období 1851–1880.

Určitým vodítkem pro hodnocení sucha je i vyhodnocení údajů o počtu uskutečněných plaveb a přepraveném objemu, které jsou k dispozici od zavedení obchodní paroplavby na českém úseku Labe v r. 1857. V důsledku technologického rozvoje Spolu s technickým rozvojem paroplavby vzrůstal v letech 1860–1880 zejména objem (hmotnost) přepraveného nákladu (obr. 4). Přitom se ale výrazně promítala období hydrologického sucha. Údaje o plavbě uvedené Plenkerem (1887) ukazují pro rok 1865 pokles počtu plaveb o cca 30 % a pokles přepravené tonáže o cca 1 000 t. Následujícího roku 1866 byla situace ovlivněna zastavením plavby při prusko-rakouské válce. Velký pokles počtu plaveb (až na polovinu) a přepraveného objemu nastal opět v letech 1874 až 1876. I v tomto případě šlo pravděpodobně o souběh více faktorů, kromě sucha např. i krachu na vídeňské a berlínské burze r. 1873.



Obr. 4 Souvislost mezi výkonností plavby a nízkým vodním stavem Vltavy a Labe v letech 1857–1880.

## Dopady sucha a počasí v letech 1861 až 1874

Zranitelnost společnosti vůči suchu byla v druhé polovině 19. století jiná než dnes. Přispíval k tomu zejména fakt, že dopady zejména v případě rostlinné výroby byly víceméně bezprostřední. Závislost průmyslové výroby na vodě jako energetickém zdroji byla rovněž vysoká, ačkoli prudce rostl podíl využití tuhých paliv. I v oboru tak typicky spojeném s vodou jako bylo mlynářství, měnily zvolna situaci moderní mlýny s parním pohonem, které v období, kdy vodní mlýny byly mimo provoz, finančně profitovaly.

Nejčastěji proto nacházíme zprávy o pozorovaném půdním suchu (vyprahlost půdy, nedostatek vody v půdě), které mělo bezprostřední dopady v zemědělství. Přímým důsledkem byla neúroda píce, některých obilovin, a také brambor. Nedostatek pícnin následně vedl ke snížení počtu skotu nebo k dramatickému zhoršení jeho zdravotního stavu. V některých oblastech a letech rezignovali zemědělci na druhou fázi senoseče (otavu). V letech 1868 či 1871 se objevovaly zmínky i o naprostém uschnutí travních porostů nebo opadávání listů spálených horkem.

Sucho na povrchových vodách je zachyceno zprávami o odstavení vodních mlýnů na menších tocích (např. v r. 1863 referoval tisk o bezmála vyschlé Ostravice). V některých letech (např. 1868, 1874) byly odstaveny i velkovodní pražské mlýny tak, aby byl upřednostněn chod vodárenských strojů. To se stávalo až při vodních stavech v Praze nižších než  $-25$  cm, tedy jistě při průtocích menších než  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , ale spíše až na úrovni  $15\text{--}20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Logické byly výpadky plavby a voroplavby, které mimo jiné přímo dopadaly na zásobování obyvatelstva měst otopem v některých velmi tuhých zimách. V případě splavných toků docházelo i ke sporům „o vodu“ mezi plavbou a voroplavbou a mlynáři a tlak různých zájmových skupin přispěl nakonec i k přípravám na kanalizaci říšských řek.

Z ostatních dopadů pak byly často zmiňovány četné požáry. Stav podzemních vod nebyl v devatenáctém století systematicky monitorován, je však zřejmé, že zásoby podzemních vod v jednotlivých letech významně klesaly, což prokazují dochované zprávy o vysychání vodních zdrojů v podobě studní, jejich prohlubování nebo zřizování nových v řadě lokalit. Problémy se zásobením vodou měla i Praha, kde bylo nutné preferovat provoz vodáren na úkor mlýnů a plavby, a v roce 1871 se uvažovalo o kontrole studní a vrtání nových jako budoucích zdrojů pro zásobování.



Míra dopadů sucha nebyla na celém území samozřejmě stejná, lišila se v závislosti na nadmořské výšce, půdních typech, propustnosti hornin, struktuře říční sítě apod. V tomto ohledu lze snadno doložit, že v horských polohách a na vrchovinách měla teplá a suchá období někdy neutrální nebo dokonce příznivý dopad. V období horkých a suchých period profitovali často sedláci v podhůří a na horách, v kronikářských záznamech je zmiňováno i zvýhodnění mlynářů na horských tocích, zejména s ohledem na odstavení mlýnů v nižších polohách. Naopak v nížinách mělo sucho dopady naprosto zničující, kriticky postiženo bylo např. Mělnicko, Kolínsko, Haná nebo nižší polohy západu Čech jako např. Blatensko apod., tedy podobně jako v roce 2015.

Na druhou stranu jedním z kladných aspektů sucha byla vysoká kvalita vína. A z hlediska české hydrologie pak jednoznačně kladným důsledkem sucha v roce 1874 byla diskuze, která vedla v létě 1875 ke vzniku Hydrografické komise pro Království české.

## Závěr

Sucho z let 1861 až 1875 poskytuje možnost hledání zajímavých paralel k období sucha započatému v roce 2014. Jedná se o podobnosti v některých hydrometeorologických podmínkách, či spíše okolnostech – výskyt slabých zim, výskyt horkých vln a bezsrážkových období – ale i o podobnosti v odezvě. V obou případech se vyskytly podobné otázky v diskusi o suchu a jeho příčinách – vztah k hospodaření na zemědělské a lesní půdě, rybniční hospodářství. Určitou paralelou se zdá být i setrvačnost vývoje odtoku v podobě přetrvávání sucha (nebo v podobě velmi rychlého návratu po srážkách) na povrchových vodách i při výskytu normálních srážkových úhrnů. Suché období v druhé polovině 19. století trvalo (v závislosti na vymezení) 12 až 21 let, my se nacházíme v pátém roce trvání sucha započatého v roce 2014. Délku budoucího trvání současné suché epizody samozřejmě nelze předjímat, avšak je zřejmé, že nelze spoléhat na její přirozené odeznění z prostého důvodu, že již trvá dost dlouho. To je poučení z analýzy let minulých.

## Literatura

AUGUSTIN, F., 1894. Sucha v Čechách v době od roku 962–1893. Praha: A. Reinwart. 37 s.

BRÁZDIL, R., TRNKA, M. et al., 2015. Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Brno: Centrum výzkumu globální změny, Akademie věd ČR, 400 s.

ČHMÚ, 2016. Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015. Kompletní zpráva, ČHMÚ. Dostupné na WWW:  
[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho\\_2015\\_kompletni\\_zprava.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_kompletni_zprava.pdf).

ELLEDER, L., KULASOVÁ, B., DAÑHELKA, J., 2012a. Příkladová povodeň 25. a 26. května a možnost protipovodňové ochrany. In: Daňhelka, J. a Elleder, L. (eds.): Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR, Praha: ČHMÚ, s. 100–118.

ELLEDER, L., ŠÍROVÁ, J., DRAGOUN, Z., DAÑHELKA, J., KULASOVÁ, B., ZELENKA, F., RŮŽIČKOVÁ, H., 2012b. Povodeň z 30. ledna až 15. února roku 1862. In Daňhelka, J. a Elleder, L., (eds.). Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR. Praha: ČHMÚ, s. 25–99.

PLENKNER, W., 1887. Uplavnění řek methodou kanalizační a průběžná studia k regulaci řek vůbec se zvláštním zřetelem na řeky české. Náklad vlastní, Praha. 557 s.

# HYDROLOGICKÉ ZHODNOCENÍ VÝZNAMNÝCH SRÁŽKOVÝCH EPIZOD V OBDOBÍ 2014–2017

*Petr Šercl, Martin Pecha, Jan Šrámek, Josef Hanzlík, Český hydrometeorologický ústav*

## Úvod

V ranních a dopoledních hodinách dne 29. 6. 2017 se vyskytly vydatné a velmi intenzivní srážky s úhrny i více než 100 mm za 12 hodin, a to zejména v povodí Radotínského potoka, Kocáby a některých dalších menších přítoků Berounky a Vltavy jižně a jihozápadně od Prahy. Intenzita srážek ojediněle překročila i 40 mm za hodinu. Extremita srážek byla mimořádná, např. doba opakování plošných 24hodinových srážek na povodí Radotínského přesáhla 100 let. Další, z hlediska extremity i zasaženého území, méně významná jádra silných srážek, se vyskytla v okolí nádrže Orlík a rovněž v horních partiích povodí Klabavy a Úslavy.

Přestože intenzita, celkové úhrny a extremita srážek byly velmi významné, následná odtoková reakce tomu neodpovídala. Na Kocábě ve Štěchovicích byl dosažen 5letý průtok a překročen 2. stupeň povodňové aktivity, na již zmíněném Radotínském potoce v profilu Praha-Radotín se jednalo dle vyhodnocení o 2–5letý průtok. V dalších sledovaných profilech byla extremita kulminačních průtoků ještě menší. Obecně velmi malý byl podíl objemu odtoku vůči objemu spadlých srážek, který na vyhodnocených povodích nepřesáhl 8 %. Důvodem k relativně nevýznamné odtokové odezvě bylo velmi nízké předchozí nasycení půdy, do které se drtivá většina srážkové vody vsákla.

Úhrny srážek z 29. června 2017 byly svou velikostí srovnatelné se srážkovými úhrny z 1., resp. 2. června 2013, kdy však následná odtoková odezva byla velmi výrazná s výskytem kulminačních průtoků s dobou opakování 100 let.

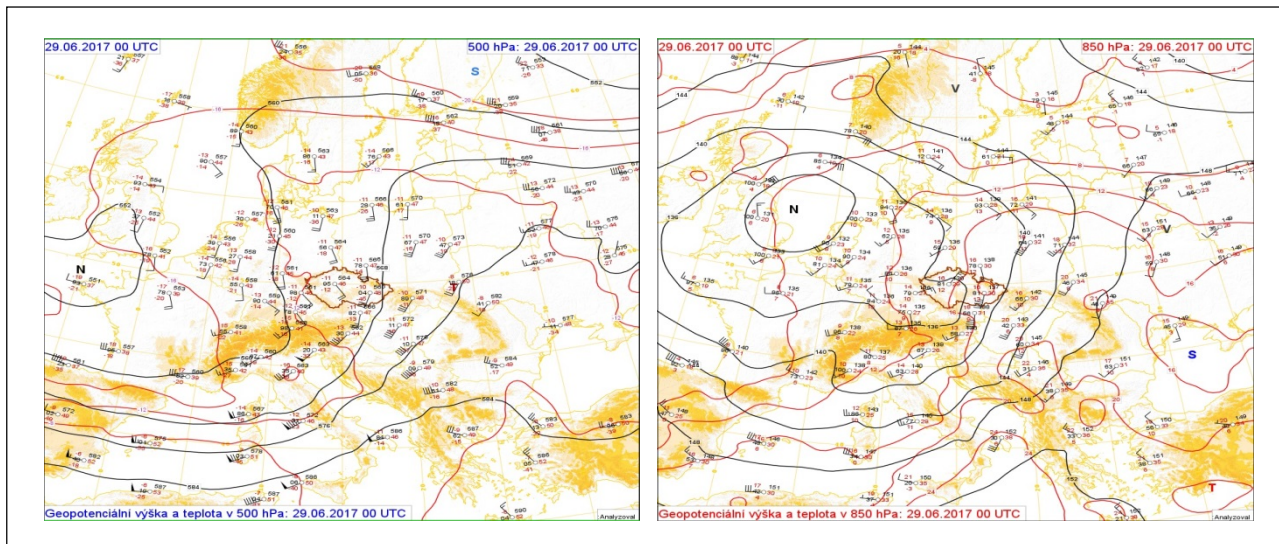
Hydrologické hodnocení srážkové epizody z 29. června 2017 je proto pojato jako porovnávací studie vzhledem k události z 1. a 2. června 2013, a to z hlediska hydrologického vývoje před příčinnou srážkovou událostí, předchozího nasycení půdy, objemu srážek a odtoku a extremity kulminačních průtoků.

## Meteorologické příčiny

V druhé polovině poslední červnové dekády se z oblasti severovýchodního Atlantiku ve vyšších vrstvách atmosféry rozšiřovala směrem k jihu do západní a jihozápadní a následně i střední Evropy brázda nízkého tlaku vzduchu a do té doby převažující západní proudění se začalo stáčet na jihozápadní. V této brázdě se dne 27. 6. ve vyšších vrstvách atmosféry vytvořil západně od Britských ostrovů střed tlakové níže, který v následujících dnech (28. a 29. 6.) postupoval směrem k jihovýchodu nad Lamanšský průliv. Po přední straně brázdě zesiloval do střední Evropy příliv teplého a vlhkého vzduchu od jihu. V brázdě nízkého tlaku vzduchu se udržovalo zvlněné frontální rozhraní, které oddělovalo v oblasti nad střední Evropou teplejší vzduch na jihu a východě od chladnějšího na severu a západě. Na tomto rozhraní docházelo v období 27.–28. 6. v přízemní vrstvě vzduchu nad Alpami k tvorbě samostatných jader tlakových níží, které postupovaly ve směru výškového proudění nad naše území. V teplé, vlhké a labilní vzduchové hmotě vzrůstala nad naším územím četnost výskytu přeháněk a bouřek.

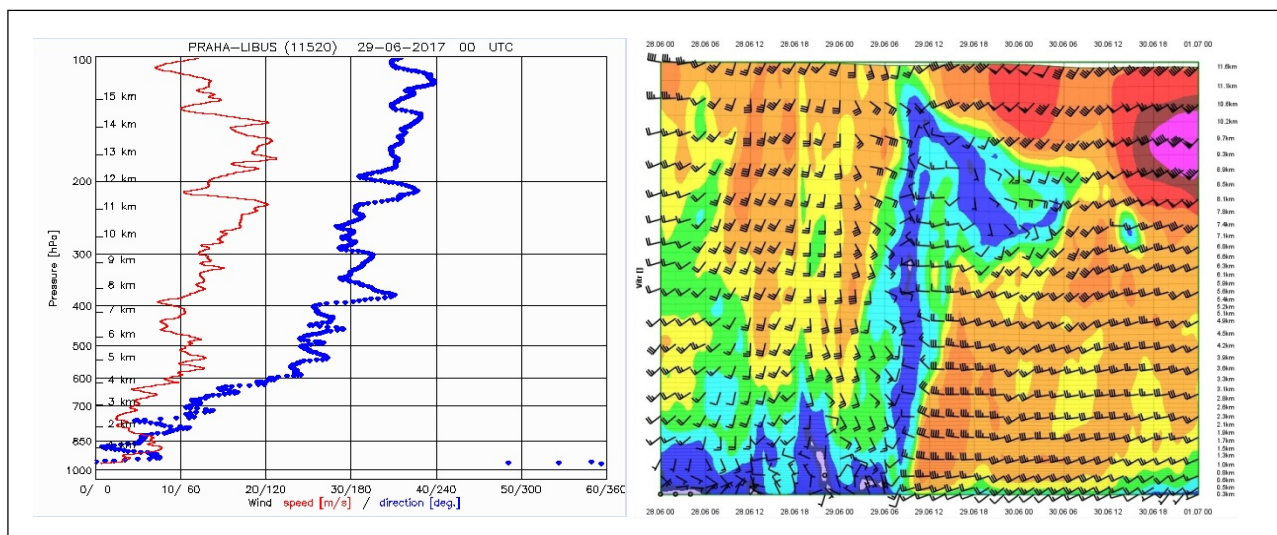
Dne 28. 6. v odpoledních hodinách postoupila z Bavorska nad Čechy tlaková níže, která se nad naším územím udržovala i v nočních hodinách na 29. 6., kdy se dále prohlubovala a zasahovala i do vyšších hladin atmosféry. V jejím týlu začal na naše území proudit chladnější vzduch ze severních směrů. Dne 29. 6. se v ranních hodinách střed tlakové níže v hladině 850 hPa nacházel nad oblastí západní poloviny Čech. V hladině 500 hPa docházelo od západu k dalšímu prohlubování výškové brázd nízkého tlaku směrem do střední Evropy a v průběhu dne se v této hladině vytvořila samostatná níže se středem západně od našeho území. Po její přední straně nadále přetrvávalo teplé proudění jižních směrů ve vyšších vrstvách atmosféry (obr. 1). Chladnější

proudění při zemi, při střetu s teplým vzduchem od jihu ve vyšších vrstvách, vyvolávalo trvalé vzestupné pohyby a přeháňková a bouřková činnost přetrvávala během noci až do ranních hodin. Vliv přítomnosti zvlněné studené fronty a rozdílné rychlosti a směr proudění větru v jednotlivých hladinách, tzv. vertikální stříh větru nad částí našeho území, byl příčinou přechodu přeháňkové a bouřkové činnosti v ranních hodinách do trvalých stříhových srážek.



Obr. 1 Analýza geopotenciální výšky a teplotního pole v hladině AT 500 hPa (vlevo) a AT 850 hPa (vpravo) z 29. 6. 2017 00:00 UTC.

Během ranních hodin 29. 6. docházelo k výraznému stříhu větru nad územím Čech. Při zemi již převládalo v týlu tlakové níže studené severní proudění, v hladině 850 hPa severovýchodní proudění, zatímco ve vyšších vrstvách atmosféry se ještě udržovalo teplejší jihovýchodní až jižní proudění (obr. 2).

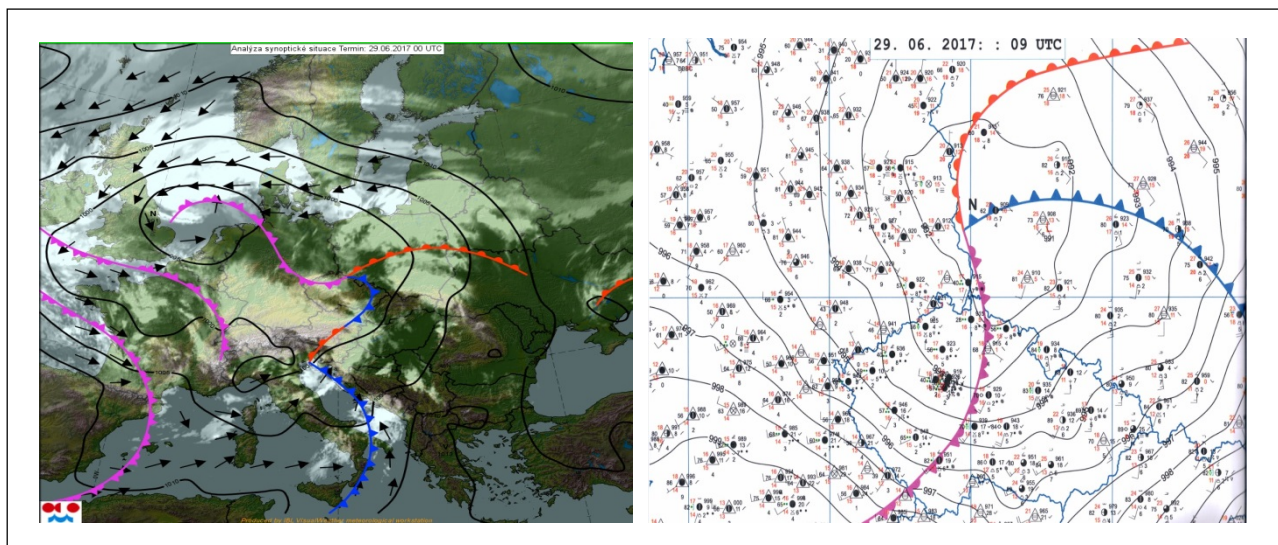


Obr. 2 Aerologický výstup z Prahy-Libuše 29. 6. 2017 00:00 UTC, směr a rychlost větru v jednotlivých hladinách (vlevo) a předpovědní vertikální profil větru (vpravo) z modelových hladin Aladina pro Prahu-Radotín (výstup z 28. 6. 2017 00:00 UTC).

Silné konvergentní proudění v oblasti jihozápadu středních Čech mělo zásadní vliv na zesílení vzestupných pohybů vzduchu, což se projevilo zintenzivněním srážkové činnosti konvekcí i v ranních hodinách. Naopak zeslabené proudění ve vyšších vrstvách atmosféry ve stejné oblasti (obr. 2 vpravo) vedlo k setrvání srážkového pásma na místě téměř bez pohybu. Důsledkem kombinace výše popsaných meteorologických skutečností byl vydatný déšť v širší oblasti na jihu



a západě Středočeského a na východě a jihu Plzeňského kraje, s extrémní intenzitou v okrese Praha-západ, městské čtvrti Praha-Radotín.



Obr. 3 Analýza přízemního tlakového pole a frontální analýza z 29. 6. 2017 v 06:00 UTC a 09:00 UTC.

V průběhu dopoledních a poledních hodin postupovala přízemní tlaková níže západní polovinou Čech k severu nad Polsko a Německo (obr. 3) a stříh větru zeslábl. Společně s jejím postupem se přemísťovalo i pásmo nejintenzivnějších srážek z Plzeňského a Středočeského kraje k severu do kraje Ústeckého a Libereckého, kde zároveň začala intenzita deště během odpoledne zvolna slábnout.

## Hydrologické vyhodnocení

### Hydrologická situace před srážkovou událostí

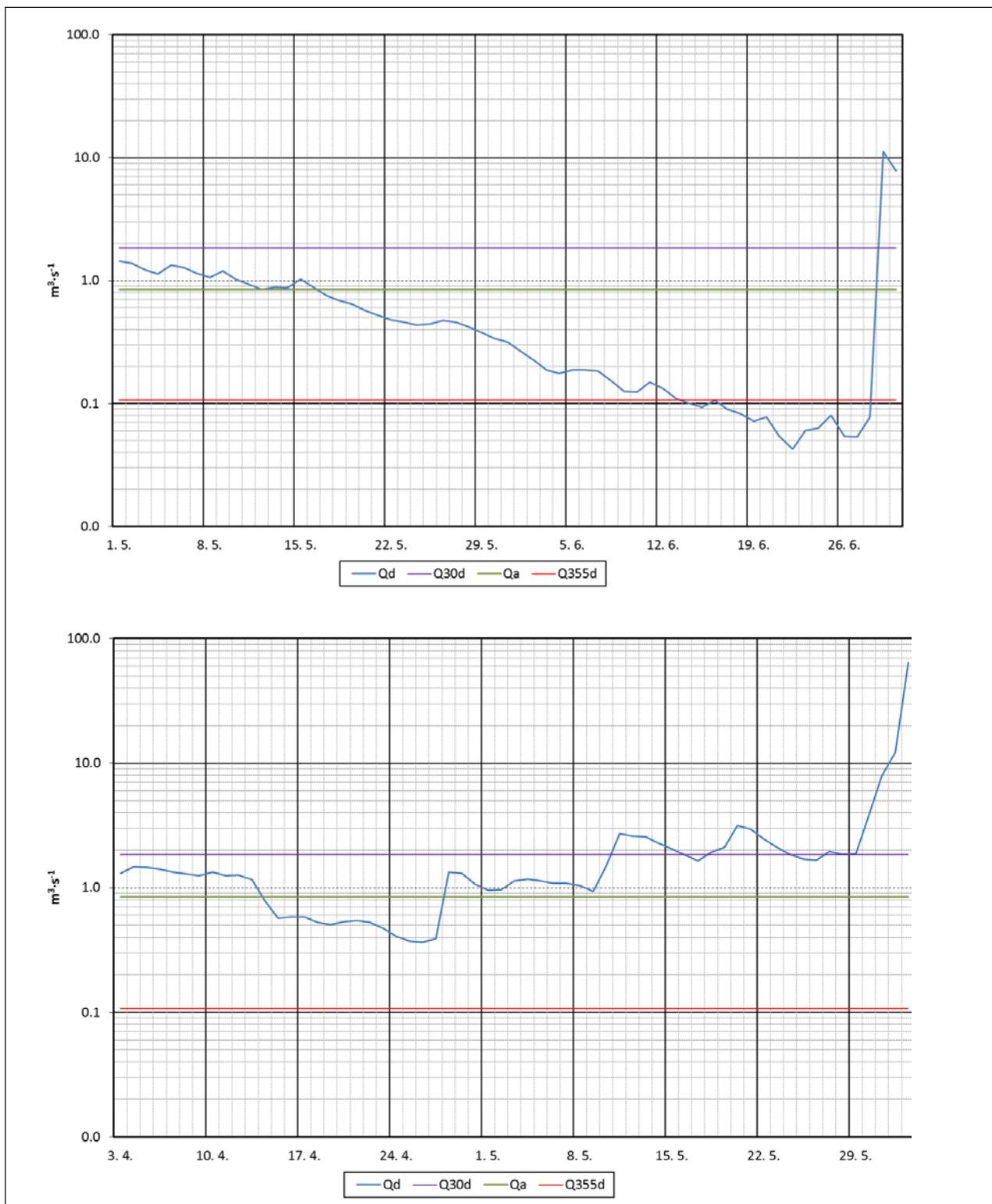
Na obr. 4 je znázorněn průběh průměrných denních průtoků v letech 2017 a 2013 za časové období zhruba 60 dní před výskytem příčinných srážek. Vedle průměrných denních průtoků jsou vyznačeny i úrovně 30denního průtoků ( $Q_{30d}$ ), dlouhodobého průměrného průtoků ( $Q_a$ ) a 355denního průtoků ( $Q_{355d}$ ) za referenční období 1981–2010. Průběh průtoků v grafech na obr. 4 je pro lepší názornost vykreslen v logaritmickém měřítku.

Na první pohled je patrný zcela odlišný průběh průměrných denních průtoků. Zatímco v roce 2017 docházelo k systematickému zmenšování průtoků během května a června z úrovně o něco menší než  $Q_{30d}$  až pod hranici  $Q_{355d}$ , v roce 2013 se od konce dubna až do konce května průtoky zvětšily z hodnot oscilujících kolem  $Q_a$  až nad hranici  $Q_{30d}$ .

Průběh denní teploty vzduchu a denních úhrnů srážek v letech 2017 a 2013 na stanici Praha-Libuš je dokumentován na obr. 5. Černě je ohraničeno období, pro které byly vykresleny průměrné denní průtoky na obr. 4.

Po teplotně silně podnormálním lednu 2017, kdy na většině území ležel sníh, byla zejména druhá polovina února, březen a první polovina dubna teplotně nadnormální, a tak sníh na konci zimy už většinou neležel ani na horách (s výjimkou hřebenů, kde několikrát napadl během chladnějšího období od poloviny dubna do začátku května). Průměrná denní teplota vzduchu v druhé polovině května a v červnu byla opět převážně nadnormální, zatímco srážky podnormální, přičemž červnový srážkový normál byl překročen až diskutovanými srážkami 29. června. Vzhledem k nadnormální teplotě vzduchu je evidentní, že v daném období docházelo i k nadnormálnímu výparu z půdy a rostlin, což spolu s podnormálními srážkami a bez dotace vody z tání sněhu způsobovalo rychlé zmenšování průtoků ve vodních tocích. Je důležité také zmínit, že roku 2017 předcházelo srážkově podnormální a teplotně nadnormální období let 2014–2016 s výskytem

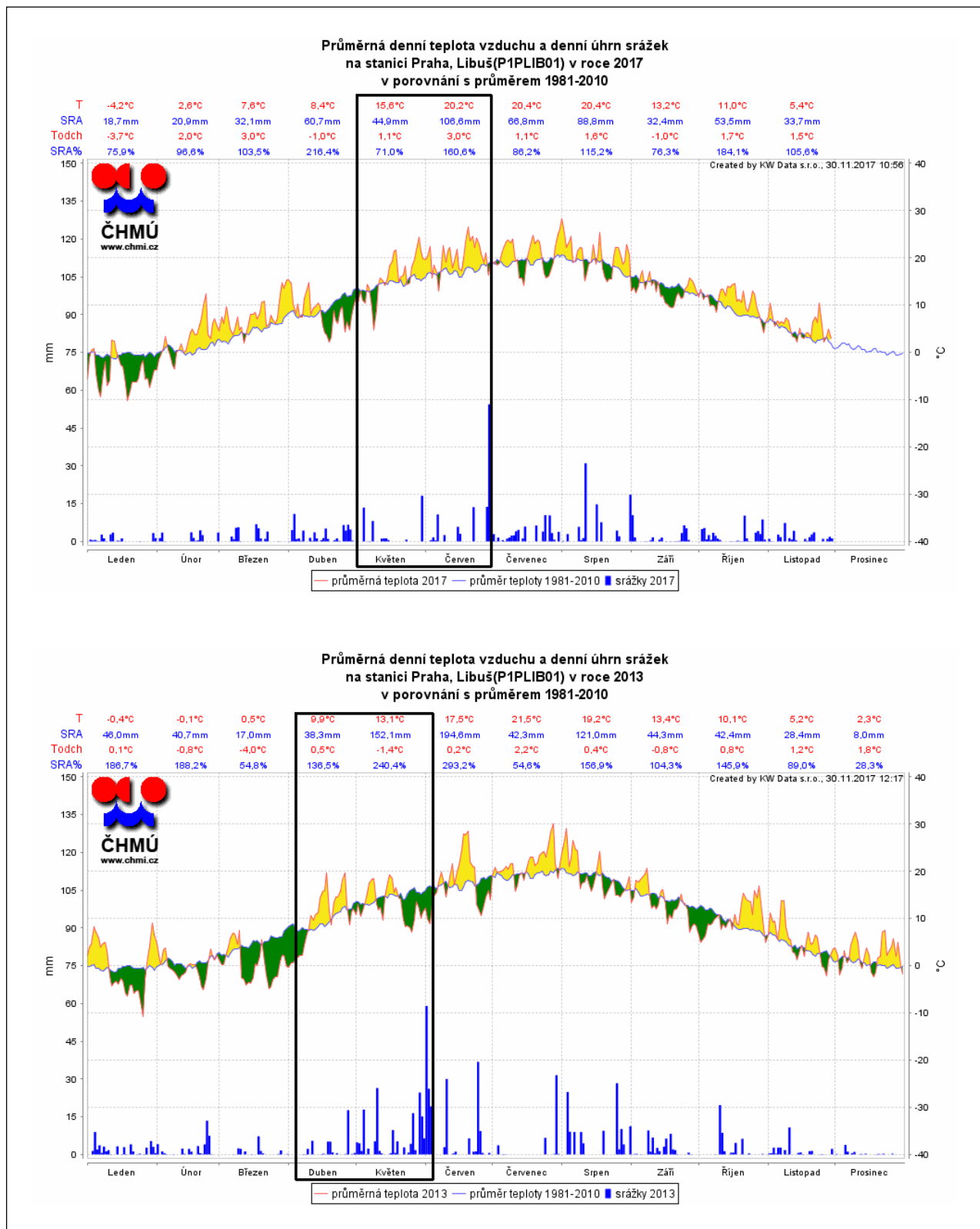
výrazného sucha v roce 2015, což se projevilo ve vláhové bilanci krajiny, režimu podzemních vod a tempu zmenšování průtoků i ve zmiňovaném období roku 2017.



Obr. 4 Průběh průměrných denních průtoků na Kocábě v profilu Štěchovice v roce 2017 (nahore) a v roce 2013 (dole).

Konec zimního období v roce 2013 byl atypický. Po velmi teplé první březnové dekádě se od druhé dekády března výrazně ochladilo a vrátilo se i do nižších poloh počasí zimního charakteru, které trvalo také v první dekádě dubna. Sníh během této velmi chladné epizody několikrát napadl

i v nejnižších polohách a na horách se jeho množství i vodní hodnota zvyšovala většinou až do konce první dubnové dekády. Jako celek bylo čtyřtýdenní období od 11. března do 7. dubna na stanici Praha, Klementinum nejchladnější za posledních 100 let.



Obr. 5 Průběh denní teploty vzduchu a denních úhrnů srážek ve stanici Praha-Libuš v roce 2017 (nahore) a v roce 2013 (dole).



Na začátku druhé dekády dubna se poměrně rychle výrazně oteplilo a v kombinaci s dešťovými srážkami sníh poměrně rychle roztál, a to včetně horských poloh. Na konci dubna již sníh ležel většinou pouze v hřebenových partiích hor. Došlo tak ke zvyšování průtoků v řekách a také výraznějšímu nasycení půdy.

Průměrná denní teplota vzduchu zhruba od druhé dekády dubna 2013 do poloviny května byla nadnormální, v druhé polovině května již podnormální. Zejména třetí dekáda května byla navíc srážkově velmi bohatá, celkový úhrn srážek za květen na stanici Praha-Libuš více než dvojnásobně překročil měsíční normál za období 1981–2010. Podnormální teplota vzduchu, převažující zvětšená oblačnost a vysoká vlhkost vzduchu vedla k menší evapotranspiraci a vydatné srážky způsobovaly postupné zvětšování průtoků a velmi silné nasycení půdy.

Na mapách na obr. 6 a 7 je zobrazeno plošné rozložení ukazatele nasycení ( $UN$ ) a hodnot ukazatele předchozích srážek  $API_{30}$  pro den, který předcházel výskytu příčinných srážek v letech 2017 a 2013.

Ukazatel nasycení ( $UN$ ) je odvozován bilančním způsobem z denních hodnot srážek, aktuální evapotranspirace a odhadnuté výše odtoku. Se vzrůstající hodnotou  $UN$  klesá schopnost půdy absorbovat dlouhodoběji srážkovou vodu, což způsobuje, že při výskytu srážek odtéká větší podíl objemu srážkové vody.

K 27. červnu 2017 převažovalo slabé až velmi slabé nasycení půdy (obr. 6 vlevo), při kterém se předpokládá, že vodní toky jsou napájeny výhradně z rezervoárů podzemní vody tvořících základní odtok, zatímco k 31. květnu 2013 (obr. 6 vpravo) byla půda velmi silně až extrémně silně nasycena, kdy je ve vodních tocích kromě základního odtoku přítomna i voda odtékající ze svrchních půdních horizontů, případně i z povrchu půdy.

Ukazatel předchozích srážek  $API_{30}$  je suma vážených denních úhrnů srážek za předchozích 30 dní, přičemž váha denního úhrnu srážek se zmenšuje s rostoucím počtem předcházejících dní. Je počítán ze vztahu:

$$API_{30} = \sum_{i=1}^{30} C^i \cdot P_i \text{ [mm]},$$

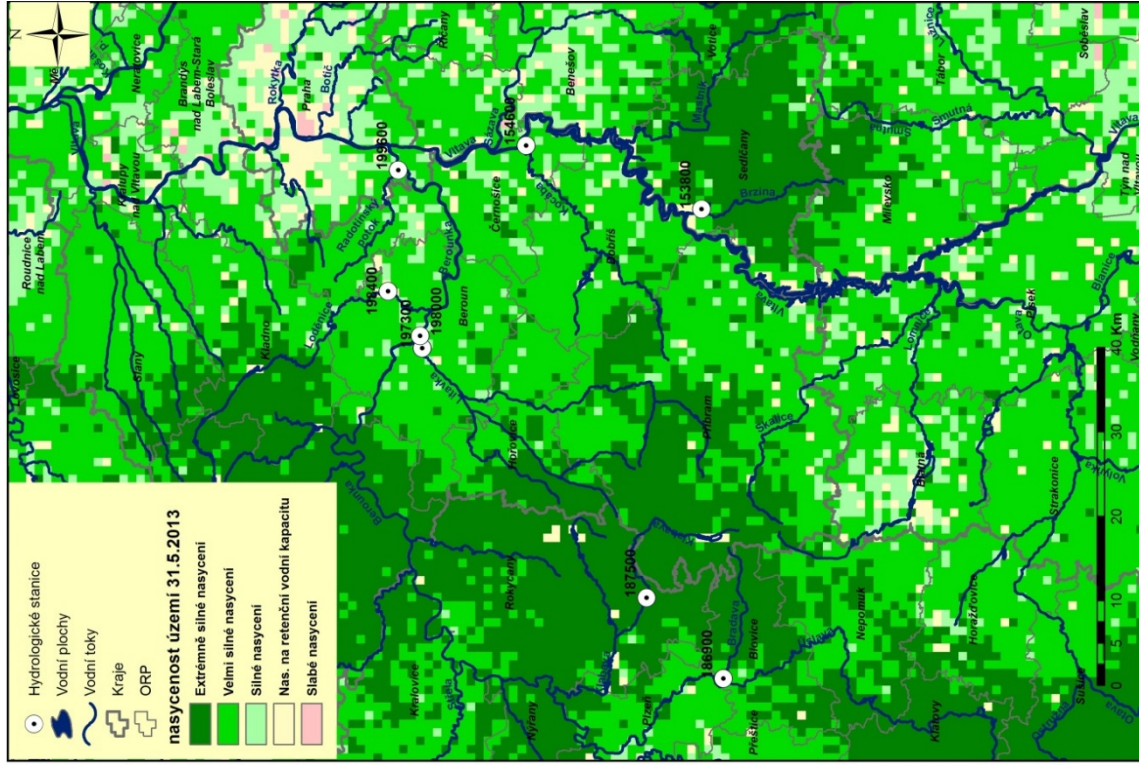
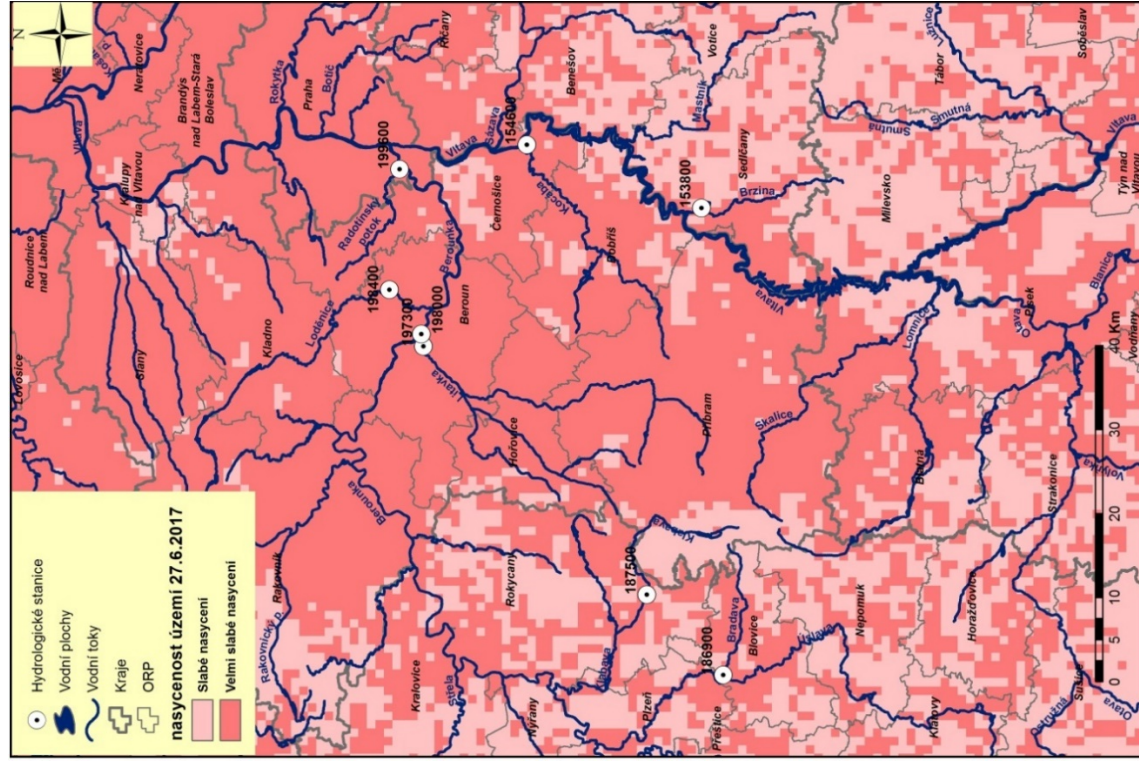
kde:

$i$  je pořadí dne počítané nazpět ode dne, ke kterému je  $API$  určován,

$C$  je evapotranspirační konstanta, pro naše podmínky obvykle  $C = 0,93$ ,

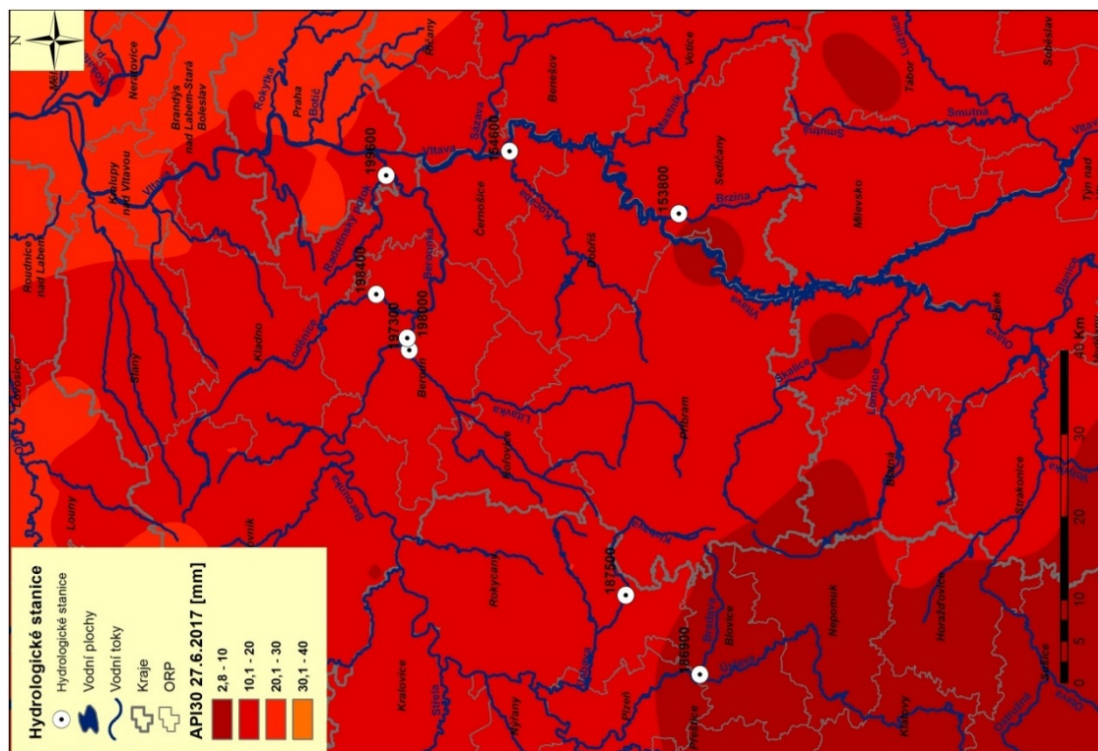
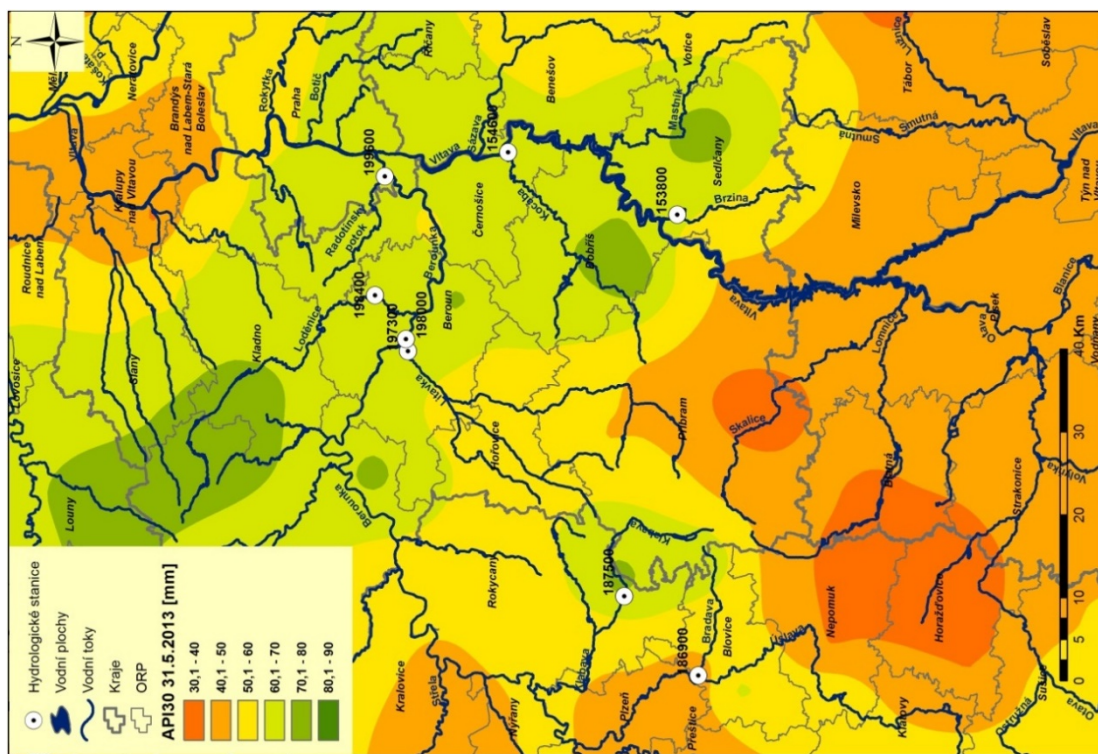
$P$  je denní úhrn srážky v milimetrech v  $i$ -tém dni před výskytem příčinné srážky.

Z map na obr. 7 je zřejmé, že hodnoty  $API_{30}$  se 27. června 2017 pohybovaly převážně v rozmezí 10–20 mm, zatímco 31. května 2017 jihozápadně od Prahy dosahovaly hodnot 60–70 mm, ojediněle i vyšších.



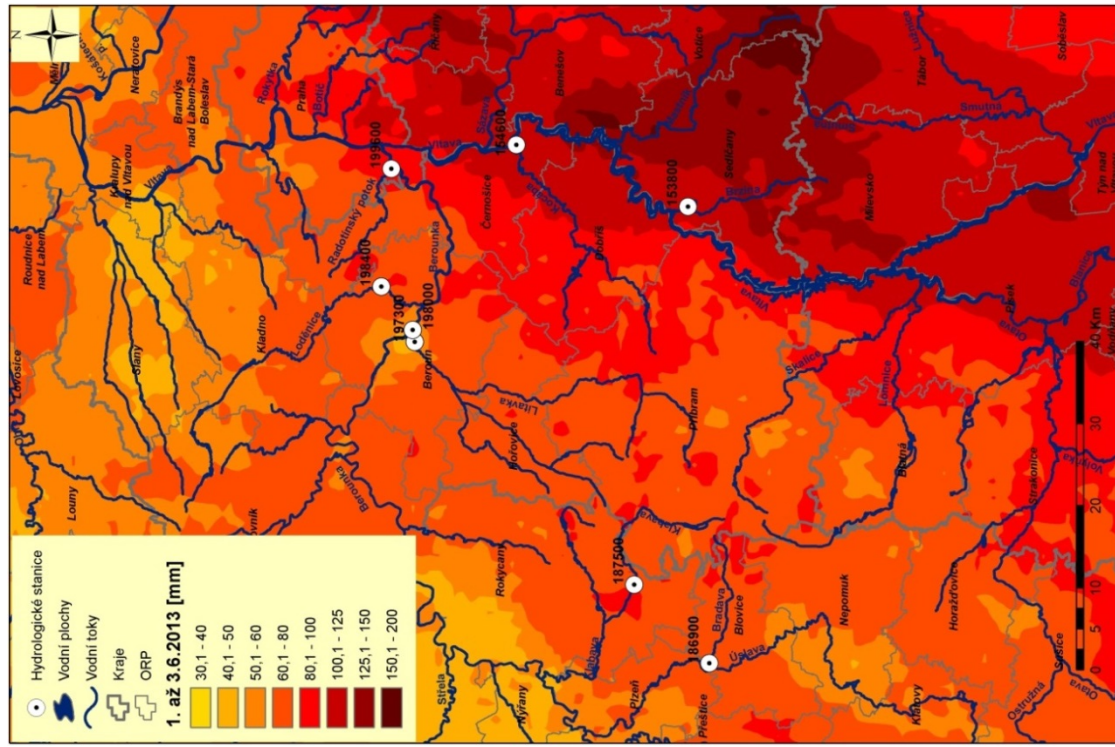
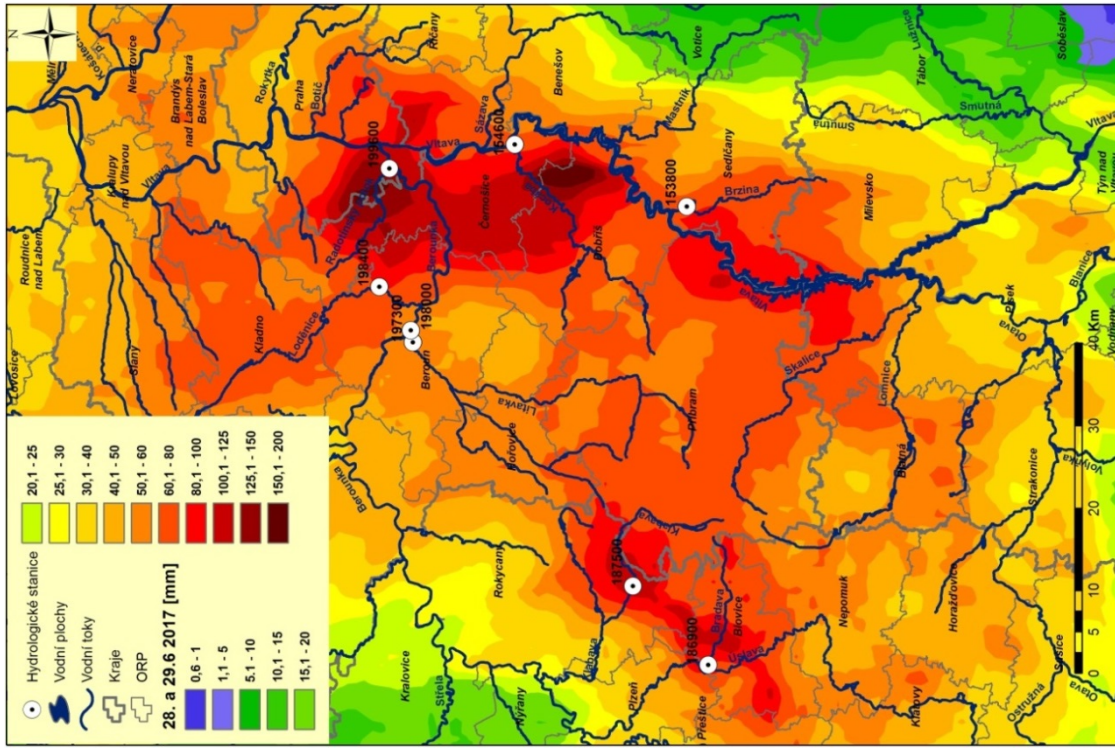
Obr. 6 Ukazatel nasytění k 27. 6. 2017 (vlevo) a k 31. 5. 2013 (vpravo).





Obr. 7 Ukazatel předchozích srážek API<sub>30</sub> k 27. 6. 2017 (vlevo) a k 31. 5. 2013 (vpravo)





Obr. 8 Rozložení úhmů srážek za 28.–29. 6. 2017 (vlevo) a 1.–3. 6. 2013 (vpravo) zpracované s využitím kombinace radarového měření a měření pozemními srážkoměry.

Tab. 1 Průměrná velikost ukazatele předchozích srážek  $API_{30}$  na povodích a průměrný denní průtok s dobou překročení ve dni před srážkovou událostí v profilech vybraných vodoměrných stanic.

Id	Tok	Stanice	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Událost	$API_{30}$	Průměrný průtok v předch. dni	
					[mm]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	Md [dny]
153800	Brzina	Hrachov	133,24	2013	58,4	4,51	> 30
				2017	11,5	0,013	355
154600	Kocába	Štěchovice	308,59	2013	65,1	7,75	> 30
				2017	13,8	0,077	355
186900	Bradava	Žákava	102,55	2013	55,9	11,1	> 30
				2017	8,3	0,023	364
187500	Klabava	Hrádek u Rokycan	158,12	2013	63,5	22,5	> 30
				2017	13,9	0,176	330
197300	Litavka	Beroun	625,49	2013	56,2	51,3	> 30
				2017	12,7	0,279	364
198000	Berounka	Beroun	8286,23	2013	52,2	185	> 30
				2017	12,4	6,57	355
198400	Loděnický p.	Loděnice	253,75	2013	70,5	10,1	> 30
				2017	16,2	0,035	364
199600	Radotínský p.	Praha-Radotín	68,21	2013	67,9	3,86	> 30
				2017	16,5	0,074	330

V tab. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty  $API_{30}$  na povodích vybraných osmi vodoměrných stanic, jejichž poloha je zakreslena na obr. 6–8. Dále pro dané stanice obsahuje hodnoty průměrného denního průtoku k předchozímu dni a jejich dobu překročení ve dnech. Hodnoty  $API_{30}$  k 27. červnu 2017 byly na vybraných povodích oproti konci května 2013 zhruba čtyřikrát až pětkrát nižší. Doba překročení průměrného denního průtoku 28. června 2017 nebyla většinou kratší než 355 dní, kdežto v roce 2013 se průtoky vlivem předchozích vydatných srážek pohybovaly vysoko nad úrovní 30denního průtoku.

### Charakteristika příčinných srážek a jejich extremity

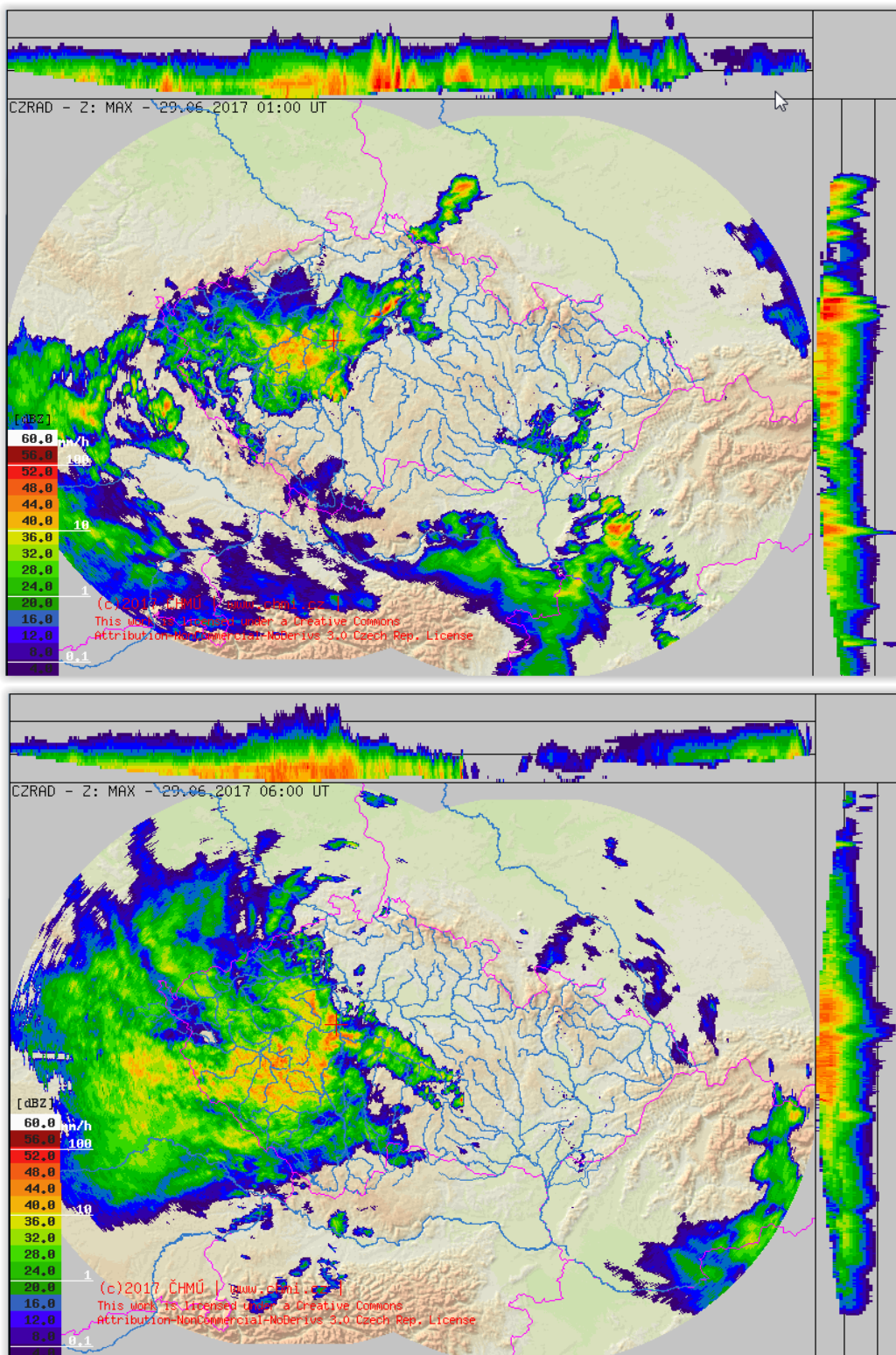
Na obr. 8 je v mapách znázorněno územní rozložení sumy srážek za 28. a 29. června 2017, resp. za 1.–3. června 2013. V tab. 2 jsou ve sloupci „Srážky“ uvedeny hodnoty průměrných srážek na povodí vybraných vodoměrných stanic.

Rozložení srážek v roce 2013 bylo rovnoměrnější a zasaženy byly spíše pravostranné přítoky Vltavy, zatímco v roce 2017 je zřetelných několik významných srážkových jader v povodích levostranných přítoků Vltavy a na jihozápadním okraji Prahy v povodí Radotínského potoka. Ukazuje to i na charakter srážek, které byly v roce 2017 daleko intenzivnější, což dokládají grafy na obr. 12 z povodí Radotínského potoka po profil Praha-Radotín.

V noci z 28. na 29. června 2017 nejprve přibližně v časovém úseku od 01:00 do 03:00 SELČ přecházelo pásmo konvekčních srážek, které však vyvolaly jen nepatrnou odtokovou odezvu. Druhá, podstatně významnější, vlna srážek trvala ve své nejintenzivnější podobě zhruba od 06:00 do 10:00 SELČ. Situace z 29. 8. 2017 03:00 SELČ, resp. 08:00 SELČ, je zachycena na radarovém snímku na obr. 9. Červeným křížkem je zhruba vyznačena poloha vodoměrné stanice v Praze-Radotíně na Radotínském potoce.

Ačkoliv je suma srážek v případě roku 2017 uváděna jako 2denní a v roce 2013 jako 3denní, ve skutečnosti převážná většina srážek spadla 29. června 2017 během 12 hodin, resp. 1. a 2. června 2013 během 24 hodin.





Obr. 9 Radarové snímky z termínu 29. 6. 2017 03:00 SELČ (nahore) a 08:00 SELČ (dole), (c) 2017 CHMI Radar Department.

V tab. 2 je uveden přehled srážkoměrných stanic s naměřeným 24hodinovým srážkovým úhrnem větším než 100 mm během 29. června 2017 a s odhadem jeho doby opakování. V případě srážkoměrů vybavených automatickým záznamem jsou uvedeny i klouzavé maximální 1hodinové a 3hodinové úhrny na základě 10minutových intenzit deště. Ve všech uvedených stanicích doba

opakování 24hodinového úhrnu dosáhla, nebo přesáhla, 100 let. V každém případě se jednalo, i s ohledem na srážkové úhrny za kratší časové období, o extrémní srážkovou událost.

Zde je nutno zmínit problém související s hodnocením extremity této srážkové události vůči historickým měřením. Denní úhrn srážek je měřen v termínu 06:00 UTC a je přisuzován předchozímu dni. Srážky, které spadly během 29. června 2017 v nočních, ranních a dopoledních hodinách, tak náleží ke dvěma klimatologickým termínům měření denních úhrnů srážek. Pokud by byla extremita deště hodnocena dle měření v klimatologických termínech jako 1denní, příp. 2denní úhrn, vycházela by menší.

Nejvyšší 1denní srážkový úhrn 29. června byl zaznamenán v Zadní Kopanině, a sice 120,4 mm. Jde i o celkově nejvyšší 1denní úhrn za 40letou dobu měření této srážkoměrné stanice. Druhý nejvyšší úhrn, 85,2 mm, zde byl naměřen dne 18. 8. 1974.

Ke srážkoměrům s dlouhou dobou měření patří Mníšek pod Brdy, kde s krátkou přestávkou probíhá měření od 1. ledna 1897. Největší denní úhrn byl v Mníšku naměřen dne 19. 7. 1981, a to 105,5 mm, přičemž dne 28. 6. 2017 spadlo 59,3 mm a 29. 6. 2017 spadlo 68,6 mm, což je 13., resp. 6., nejvyšší hodnota v 119leté řadě měření. Jinou stanicí s dlouhou dobou měření (rovněž téměř 119 let) je Jíloviště s historickým denním maximem 86 mm z 19. 7. 1981. Hodnoty 61,5 a 52,7 mm z 28. a 29. 6. 2017 jsou 8., resp. 18. nejvyšší hodnotou, v řadě 1denních úhrnů.

Tab. 2 Úhrny srážek 29. června 2017 ve vybraných srážkoměrných stanicích a jejich doba opakování.

Id	Stanice	Obec s rozšířenou působností	24hod. úhrn srážek	Doba opakování	Max. 1hod. úhrn	Max. 3hod. úhrn
			[mm]	[roky]	[mm]	[mm]
P1PZKO01	Zadní Kopanina	Praha	159,8	> 100	–	–
P1MNIS01	Mníšek pod Brdy	Černošice	127,9	> 100	–	–
P8PRAD01	Radotín	Praha	119,9	> 100	48,7	82,0
P1JILS01	Jíloviště	Černošice	114,2	> 100	–	–
L1SPOR01	Spálené Poříčí	Blovice	107,4	100	–	–
P8PSTO01	Stodůlky	Praha	103,7	100	26,5	55,7
P1DOBE01	Dobříchovice	Černošice	100,1	100	22,7	47,7

Tab. 3 Doba opakování 24 hodinových srážek na vybraných povodích.

Id	Tok	Stanice	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Událost	Srážky	
					[mm]	N [roky]
154600	Kocába	Štěchovice	308,59	2013	76,2	20–50
				2017	84,0	50
199600	Radotínský p.	Praha-Radotín	68,21	2013	61,4	10
				2017	116,1	> 100

V tab. 3 je porovnána doba opakování 24hodinových srážek na povodích Radotínského potoka a Kocáby z událostí v letech 2017 a 2013. Z údajů vyplývá, že extremity srážek v roce 2013 byla menší než extremity kulminačních průtoků (tab. 4), a naopak v roce 2017 byla extremity srážek podstatně větší než extremity kulminačních průtoků.



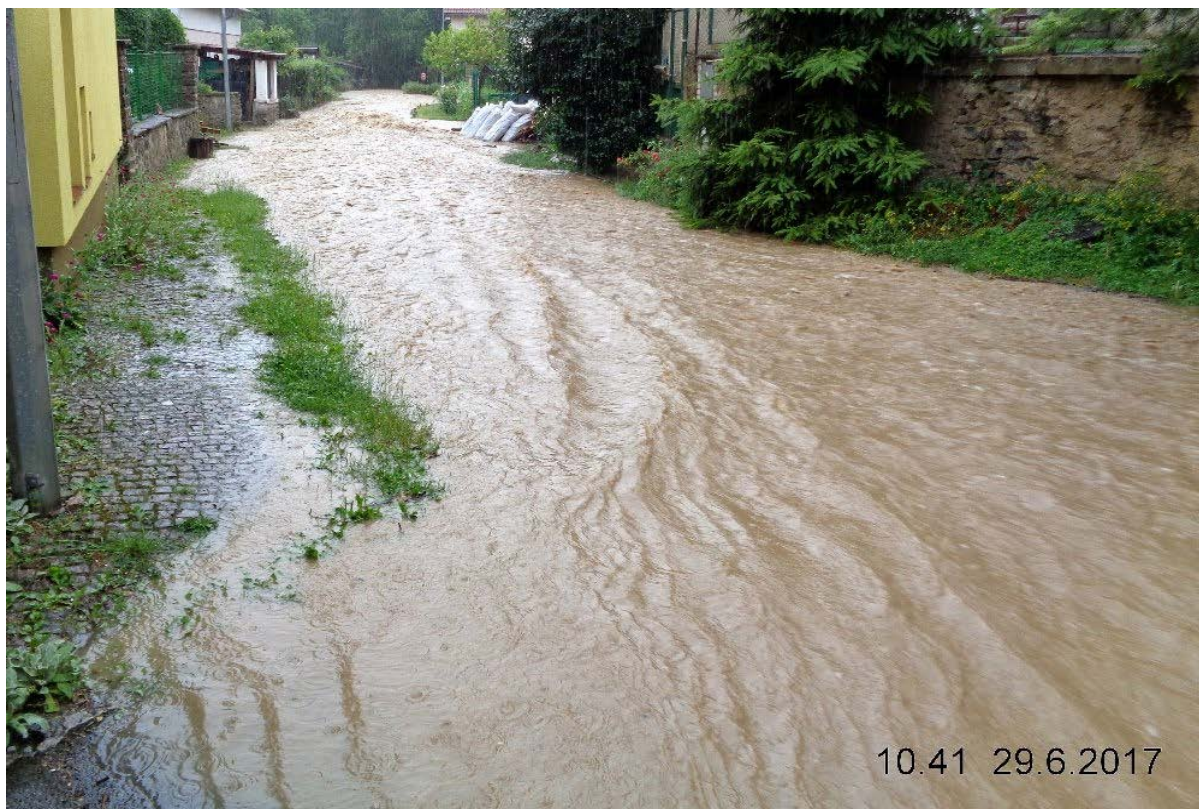
## Odtoková odezva

Po vydatných a intenzivních srážkách 29. 6. 2017 v ranních a dopoledních hodinách začaly hladiny vodních toků stoupat. Z hodnocených stanic uvedených v tab. 4 byl na Kocábě ve Štěchovicích téhož dne dosažen 2. SPA při 5letém průtoku, na Klabavě v Hrádku u Rokycan 1. SPA. Na Radotínském potoce byl zaznamenán 2–5letý průtok. V ostatních profilech doba opakování kulminačního průtoku nedosáhla dvou let.

Vzhledem k extremitě srážek byla odtoková odezva nevýrazná. Na grafu na obr. 8 jsou porovnány hyetogramy příčinných srážek a hydrogramy průměrných hodinových průtoků na Radotínském potoce v profilu Praha-Radotín v červnu 2017 a v červnu 2013. Na první pohled upoutá rozdíl v charakteru příčinných srážek a velikosti odtokové odezvy. Zatímco v roce 2013 srážky o době opakování 10 let a s nepříliš výraznou intenzitou způsobily kulminační průtok o době opakování 20–50 let, následkem velmi intenzivní srážky 29. června 2017 s dobou opakování více než 100 let (tab. 3) nebyl ani 5letý průtok.

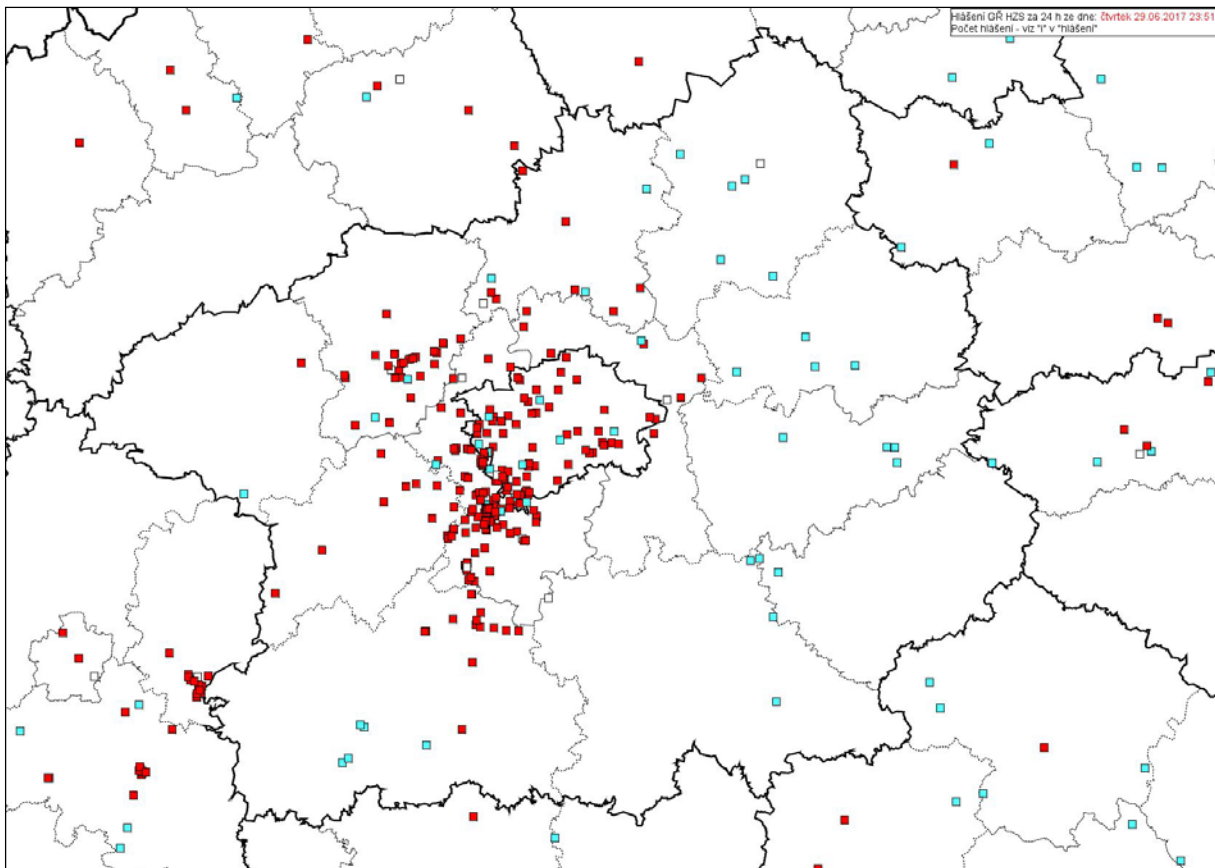
Došlo však k lokálnímu a krátkodobému zatopení místních komunikací i obytných objektů, např. v Černošicích, Praze-Radotíně, Zadní Kopanině a jinde, což zapříčinilo velké množství výjezdů hasičů (obr. 11). Výrazný odtok byl tak zaznamenán pouze z nepropustného povrchu v intravilánu, viz obr. 10.

V tab. 4 jsou pro vybrané vodoměrné stanice uvedeny údaje o velikosti příčinných srážek, objemu přímého odtoku<sup>1</sup> a koeficientu přímého odtoku. Rozdíly mezi událostmi v letech 2017 a 2013 jsou nesouměřitelné. V červnu 2017 odteklo přímým odtokem 2–8 % srážkové vody, v červnu 2013 to bylo 30–70 %. Hlavní a jedinou příčinou tohoto nepoměru je značný rozdíl v počáteční nasycenosti půdy předchozími srážkami, který byl způsoben zcela rozdílným průběhem teploty vzduchu a srážek v předchozích několika měsících.

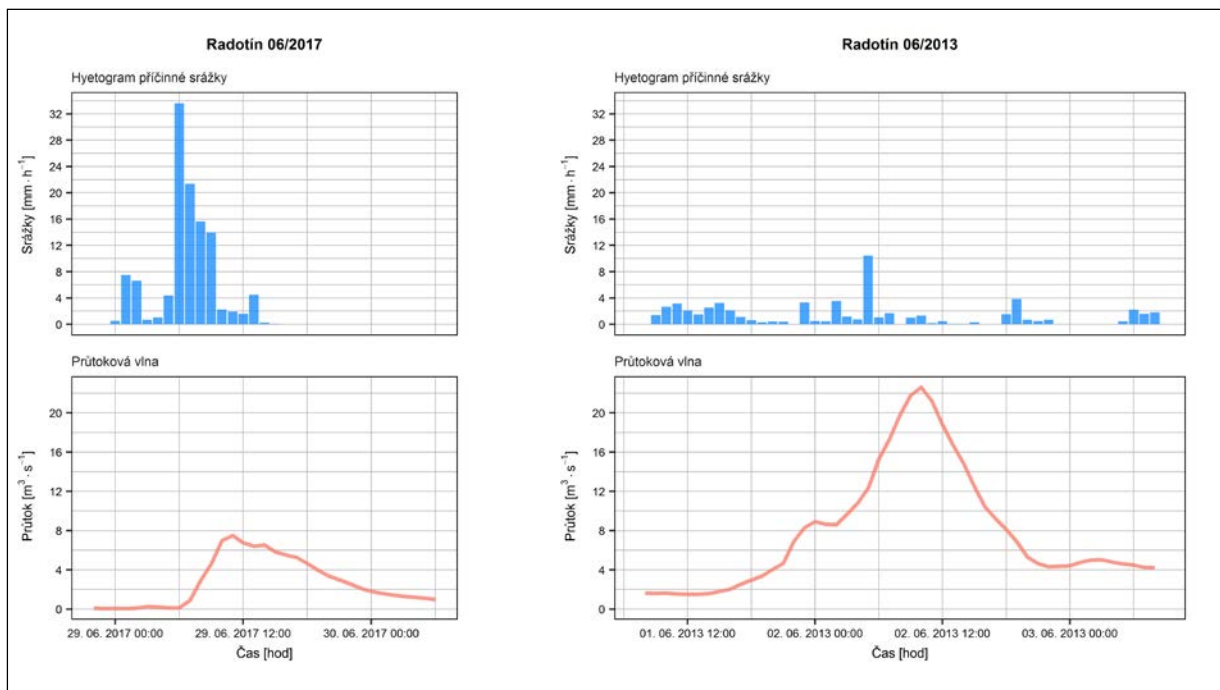


Obr. 10 Povrchový odtok po místní komunikaci v Zadní Kopanině dne 29. 6. 2017.  
Foto: pozorovatel ČHMÚ Oldřich Špaček.

<sup>1</sup> Přímý odtok byl odvozen separací hydrogramu šikmým řezem. Počáteční bod byl určen začátkem rychlého vzestupu vodního stavu. Konečný bod řezu byl zvolen v okamžiku, kdy se strmost poklesu vodního stavu viditelně zmenšila.



Obr. 11 Výjezdy hasičů ve středních Čechách a v Praze za celý den 29. 6. 2017.



Obr. 12 Hyetogram průměrných hodinových úhrnů srážek na povodí Radotínského potoka a hydrogram průměrných hodinových průtoků v profilu Praha-Radotín v červnu 2017 (vlevo) a v červnu 2013 (vpravo).



Tab. 4 Velikost příčinné srážky, odtoku a koeficientu odtoku na povodích a kulminační průtok s dobou opakování v profilech vybraných vodoměrných stanic.

Id	Tok	Stanice	Plocha povodí	Událost	Srážky	Odtok	Koef. odtoku	Kulminační průtok	
			[km <sup>2</sup> ]		[mm]	[mm]	[-]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	N [roky]
153800	Brzina	Hrachov	133,24	2013	124,9	87,7	0,70	75,5	100
				2017	65,0	1,2	0,02	3,07	< 2
154600	Kocába	Štěchovice	308,59	2013	90,3	42,6	0,47	94,4	100
				2017	84,0	5,5	0,07	25,1	5
186900	Bradava	Žákava	102,55	2013	73,8	42,5	0,58	26,5	10
				2017	79,6	6,0	0,08	9,88	< 2
187500	Klabava	Hrádek u Rokycan	158,12	2013	72,9	47,7	0,65	56,6	10
				2017	72,1	6,1	0,08	20,0	< 2
197300	Litavka	Beroun	625,49	2013	71,8	41,9	0,58	155	10
				2017	54,5	1,5	0,03	18,4	< 2
198000	Berounka	Beroun	8286,23	2013	55,7	16,6	0,30	960	20
				2017	33,6	0,7	0,02	73,6	< 2
198400	Loděnický p.	Loděnice	253,75	2013	63,8	24,0	0,38	37,9	20
				2017	58,6	1,4	0,02	4,44	< 2
199600	Radotínský p.	Praha-Radotín	68,21	2013	73,7	34,1	0,46	22,6	20–50
				2017	116,1	5,2	0,04	7,51	2–5

Během situace zvýšených hladin vodních toků a krátce po ní se uskutečnilo několik hydrometrických měření, pomocí nichž byly ověřeny, případně zpřesněny, měrné křivky průtoků. Z profilů uvedených v tab. 4 bylo měření provedeno na Kocábě ve Štěchovicích a na Radotínském potoce v Radotíně. Z nepozorovaných profilů asi nejvýznamnější měření bylo uskutečněno v Měchenicích na Bojovském potoce (56,9 km<sup>2</sup>), kde byl změřen průtok 8,62 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, což odpovídá cca 2–5letému průtoků.

V následující kapitole je uvedeno několik dalších případů významných srážkových epizod v letech 2015 a 2016, kdy předchozí nasycení půdy bylo rovněž velmi nízké.

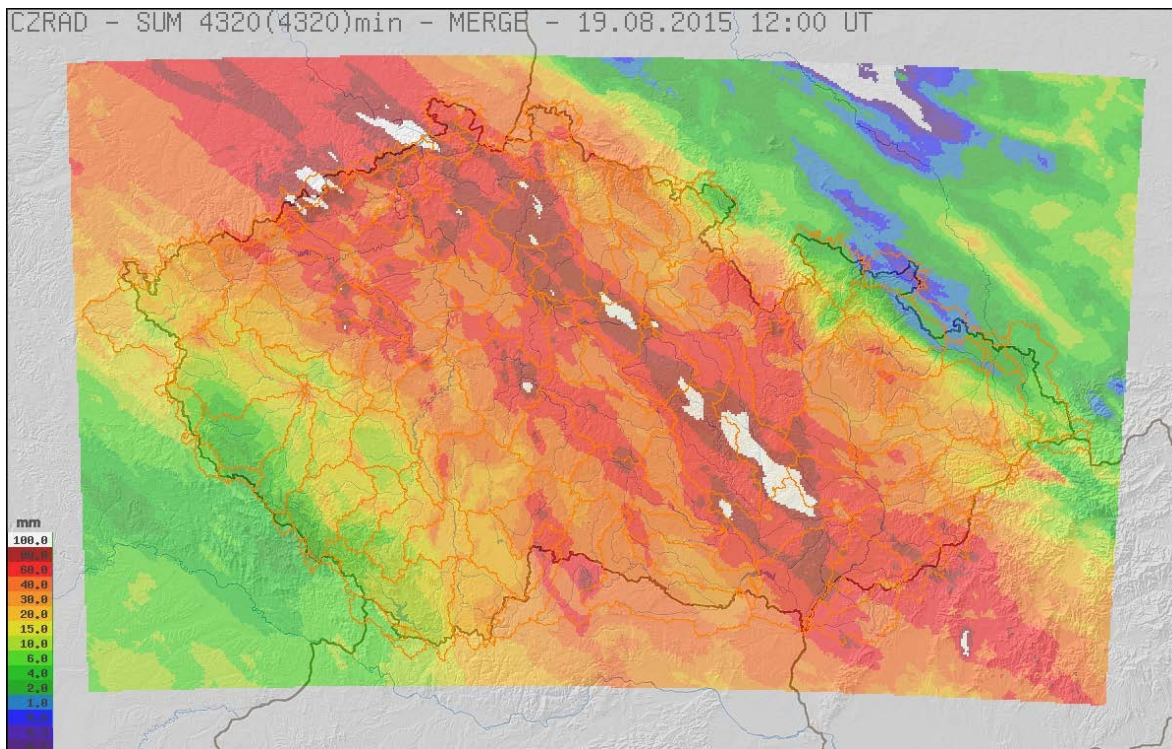
### Další případy odtokových epizod za obdobných předchozích podmínek

#### Epizoda 15.–19. srpna 2015

Zhruba od začátku července 2015 započalo velmi výrazné hydrologické sucho doprovázené vlnami extrémních veder a nedostatkem srážek. Sucho vyvrcholilo v polovině srpna téhož roku, kdy se průtoky ve vodních tocích na většině území ČR pohybovaly významně pod úrovní  $Q_{355d}$ . Sucho bylo krátkodobě zmírněno vydatnými srážkami, které se na většině území České republiky vyskytly v období 15.–19. srpna 2015, viz obr. 16.

Srážky byly spojeny s brázdou nízkého tlaku, která zasahovala do střední Evropy od jihovýchodu a v níž se udržovalo nad naším územím frontální rozhraní. Pásmo intenzivních srážek se pohybovalo zpočátku jen velmi zvolna k severovýchodu, poté k jihozápadu a postupně sláblo.

Nejvyšší denní srážkové úhrny přesahovaly 50 mm a místy dosáhly až 80 mm. Nejvydatnější srážky v těchto dnech spadly v pásmu táhnoucím se od Ústeckého kraje napříč územím ČR ke kraji Jihomoravskému a Zlínskému, viz obr. 13. Nejvyšší denní srážkový úhrn byl zaznamenán 17. srpna na stanici Bukovinky (ORP Blansko) a činil 81,4 mm, což odpovídá době opakování delší než 50 let. Přestože jednodenní úhrny srážek nebyly z hlediska extremity tak významné, v případě dvou a třídenních úhrnů srážek byly na některých stanicích překročeny i 100leté doby opakování.



Obr. 13 Rozložení úhrnů srážek za 72 hodin od 16. 8. 2015 14:00 do 19. 8. 2015 14:00 SELČ, (c) 2017 CHMI Radar Department.

Tab. 5 Velikost příčné srážky, odtoku a koeficientu odtoku na povodích v profilech vybraných vodoměrných stanic.

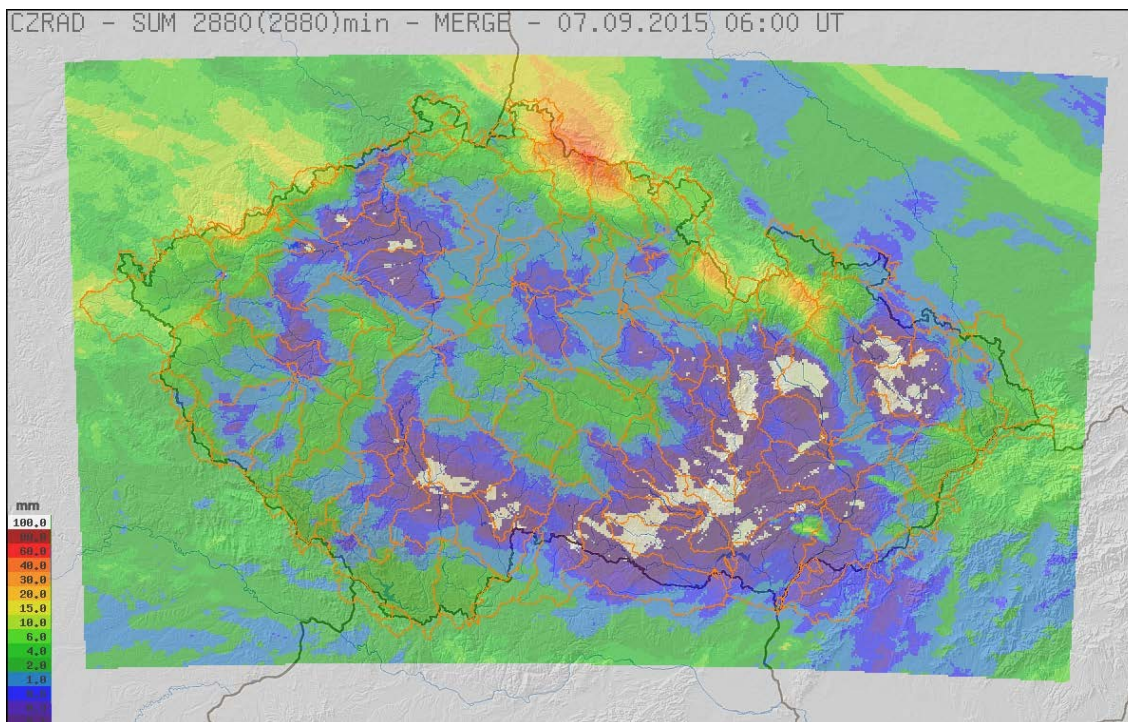
Tok	Stanice	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Koeficient odtoku [-]
Loučná	Dašice	625,41	74,8	1,6	0,02
Klenice	Mladá Boleslav	168,92	92,4	4,0	0,04
Jevíčka	Chornice	179,73	76,6	4,6	0,06
Moštěnka	Prusy	230,16	83,8	2,6	0,03
Olšava	Uherský Brod	400,94	104,6	3,2	0,03
Velička	Strážnice	172,50	89,6	2,1	0,02
Svratka	Dalečín	366,94	99,3	4,9	0,05
Svitava	Bílovice nad Svitavou	1119,98	98,0	2,6	0,03

Významné byly i plošné úhrny srážek. Např. na povodí Svitavy k profilu Bílovice nad Svitavou s plochou povodí 1 120 km<sup>2</sup> spadlo od 16. do 19. srpna 2015 v průměru 98 mm, z čehož však přímo oteklo pouze 2,6 mm. Na levostranných přítocích Moravy (Moštěnka, Olšava, Velička) byla situace obdobná, viz tab. 5. V porovnání s epizodou 29. 6. 2017 byly srážky méně intenzivní. Vyvolaly jen nevýznamné zvýšení hladin vodních toků, pouze na Jevíčce v Chornici byl překročen 1. SPA. Prakticky veškerá srážková voda se vsákla do půdy nebo se vypařila, odtok v podstatě nastal jen z nepropustných ploch.

### Epizoda 5.–6. září 2015

Po srážkách a přechodném ochlazení začátkem druhé poloviny srpna 2015 se obnovil příliv tropického vzduchu a vrátil se suchý ráz počasí. Příliv tropického vzduchu byl ukončen přechodem studené fronty 1. září. Ze 4. na 5. září se přesunula z Norského moře nad jižní Skandinávii tlaková níže, kde se ještě prohloubila a v jejím týlu k nám pronikl od severozápadu studený a vlhký

vzduch. Severozápadní vlhké proudění způsobilo orografické zesílení srážek v Jizerských horách, Krkonoších, Orlických horách a Jeseníkách, viz obr. 14.



Obr. 14 Rozložení úhrnů srážek za 48 hodin od 5. 9. 2015 08:00 do 6. 9. 2015 08:00 SELČ, (c) 2017 CHMI Radar Department.

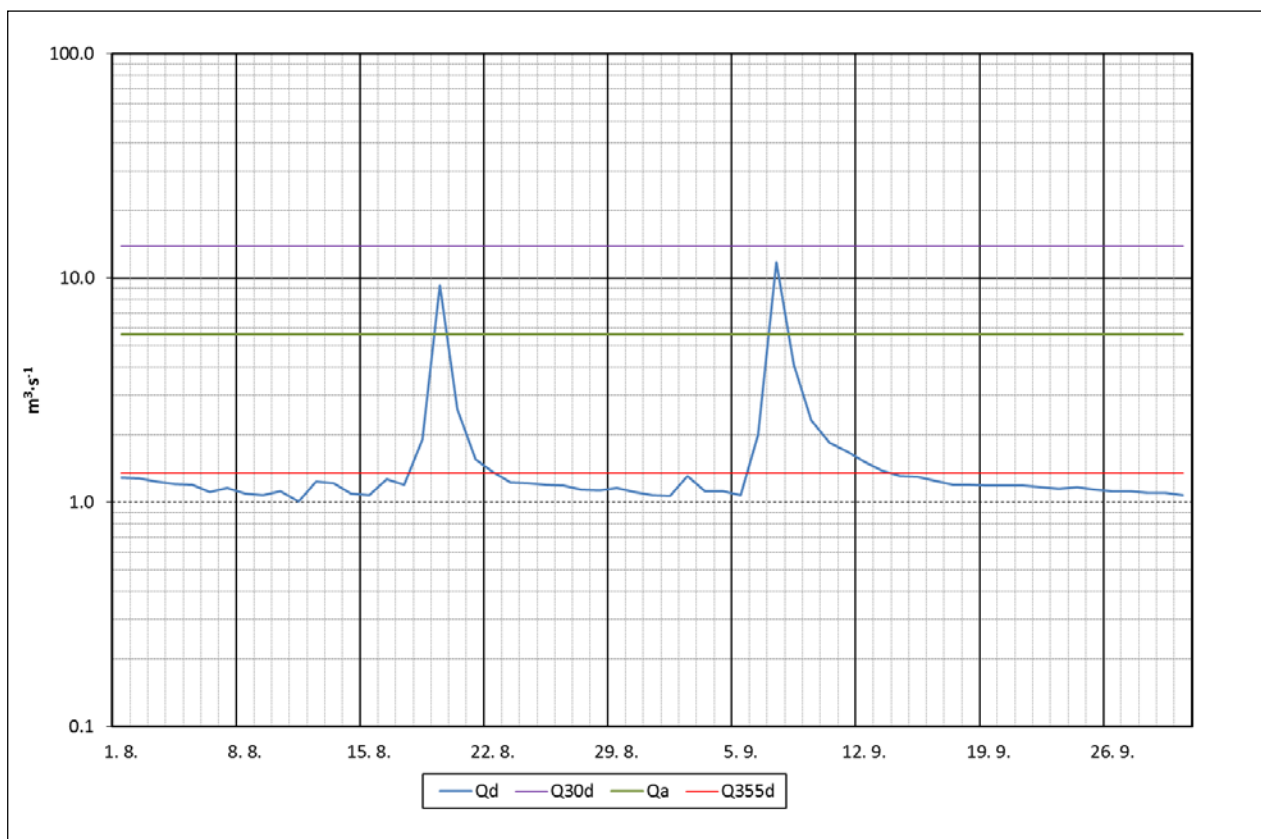
Tab. 6 Velikost příčinné srážky, odtoku a koeficientu odtoku na povodích v profilech vybraných vodoměrných stanic.

Tok	Stanice	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážky [mm]	Odtok [mm]	Koeficient odtoku [-]
Labe	Špindlerův Mlýn	53,06	56,4	3,6	0,06
Mumlava	Janov-Harrachov	51,31	49,2	1,3	0,03
Jizera	Jablonec nad Jizerou	181,31	42,4	1,3	0,03

Nejvíce srážek spadlo 6. září v Krkonoších, a to v rozmezí od 40 do 80 mm, což vyvolalo přechodné vzestupy hladin vodních toků. Stupně povodňové aktivity nebyly dosaženy. Z tab. 6 vyplývá, že i v tomto případě byl podíl přímého odtoku vzhledem ke spadlým srážkám velmi malý.

Na obr. 15 je znázorněn průběh průměrných denních průtoků na Jizeře v profilu Jablonec nad Jizerou, a sice od 1. srpna 2015 do 30. září 2015. Je zřejmé, že po přechodném zvětšení průtoků docházelo k jejich velmi rychlému zmenšování až pod hranici  $Q_{355d}$ , což svědčí o velmi malé dotaci z podzemních vod.





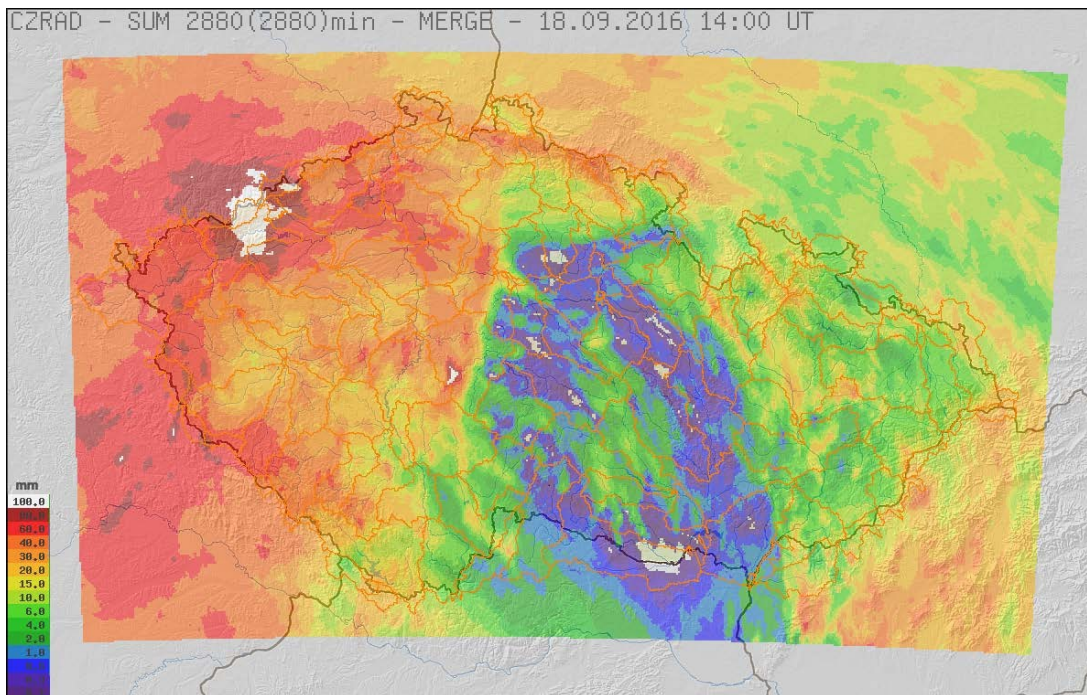
Obr. 15 Průběh průměrných denních průtoků na Jizeře v profilu Jablonec nad Jizerou v roce 2015.

### Epizoda 16.–18. září 2016

Od 12. 9. do 16. 9. ovlivňovala počasí nad střední Evropou rozsáhlá tlaková výše se středem nad Baltským mořem, která byla vyplněna teplým vzduchem. Převažovala tak malá oblačnost, dešťové srážky se nevyskytly a nejvyšší teploty se pohybovaly v rozmezí od 24 do 33°C. V průběhu 15. a 16. 9. postupovala ze západní do střední Evropy brázda nízkého tlaku vzduchu a s ní spojená studená fronta začala postupně ovlivňovat počasí u nás. V průběhu 16. 9. odpoledne, večera a noci na 17. 9. se vyskytly zejména v západní polovině Čech četné přeháňky a bouřky, které byly lokálně i velmi intenzivní a spadlo v nich většinou od 5 do 50 mm srážek, ale ojediněle i více.

Zvlněná studená fronta ovlivňovala počasí v průběhu celého víkendu 17. a 18. 9., kdy se nad střední Evropou prohloubila tlaková níže, která začala ustupovat zvolna k jihovýchodu až v samotném závěru týdne. Nejdeštivějším dnem období byla sobota, kdy se vyskytl místy vydatný déšť, a to především v horských a podhorských oblastech Čech (Liberecký, Ústecký, Karlovarský, Plzeňský a Jihočeský kraj). Srážky proměnlivé intenzity, přeháňky a ojedinělé bouřky se však vyskytly téměř na celém území. Nejvyšší denní (17. 9.) srážkový úhrn byl naměřen na stanicích Hačka 88,3 mm, Měděnec 77,1 mm, Klínovec 74,9 mm a Luční bouda 73,5 mm. V neděli 18. 9. ještě doznívaly srážky zejména na jihozápadě a severozápadě území. Nejvyšší denní úhrny srážek byly naměřeny na stanicích Zdíkov (43,3 mm), Strašín (42,9 mm) a Churáňov (41,8 mm).





Obr. 16 Rozložení úhrnů srážek za 48 hodin od 16. 9. 2016 16:00 do 18. 9. 2016 16:00 SELČ, (c) 2017 CHMI Radar Department.

Na obr. 16 je znázorněna klouzavá suma srážek za 48 hodin od 16 hodin dne 16. 9. do 16 hodin 18. 9. Během tohoto období bylo naměřeno na stanici Stráž nad Ohří necelých 97 mm srážek a na stanici Měděnec v Krušných horách dokonce téměř 130 mm srážek. Nedá se však vyloučit, že lokálně mohlo spadnout na návětrí Krušných hor i více srážek. Vysoké dvoudenní srážkové úhrny však byly naměřeny v celé západní polovině Čech, v Jizerských horách a Krkonoších.

Podobně jako v předchozích srážkových epizodách byl ale vyhodnocen velmi malý odtok ze zasaženého povodí. Průměrná srážka na povodí Bystřice v Ostrově nad Ohří činila něco přes 84 mm, ale odteklo pouhých 5 mm. Opět se tedy ukázalo, jak podstatný vliv má na následný odtok předchozí nasycenost území.

V porovnání s epizodou 29. 6. 2017 byly srážky méně intenzivní, ale naopak déletrvajcí. Vyvolaly však opět jen nevýznamné zvýšení hladin vodních toků. Na žádném toku v západní polovině Čech nebyl překročen SPA a ani nebyla dosažena hodnota 2letého průtoku.

## Závěr

Srážková událost z 29. června 2017 patří z hlediska extremity deště k nejvýznamnějším událostem, které se za dobu pozorování vyskytly. Doba opakování 24hodinových srážkových úhrnů, ale i těch s kratším trváním, v několika srážkoměrných stanicích dosáhla, nebo překročila, 100 let. Velmi významné byly i plošné srážky, např. na povodí Radotínského potoka k profilu v Radotíně doba opakování překročila 100 let, na povodí Kocáby ve Štěchovicích 50 let.

Odtoková odezva byla vzhledem ke spadlým srážkám nevýznamná. Doba opakování kulminačních průtoků ve vodoměrných stanicích nepřesáhla 5 let ani na nejvíce zasažených povodích. Podíl odtoké srážkové vody byl pouze v jednotkách procent.

Odtoková situace z června 2017 byla porovnána s událostí 1. a 2. června 2013, kdy po výskytu vydatných srážek následovaly extrémní povodně. Srážkové úhrny za 24 hodin byly srovnatelné s úhrny z 29. 6. 2017, podíl odtoku však byl řádově vyšší a pohyboval se v desítkách procent.

Ukázalo se, že předchozí nasycení území hraje naprosto zásadní roli při formování přímého odtoku, a to i za situace vydatných a zároveň intenzivních srážek. Nasycení půdy před výskytem srážek 29. 6. 2017 bylo velmi nízké, zatímco na počátku června 2013 velmi vysoké.

Vliv nízkého předchozího nasycení půdy na velikost odtoku dokladují i další srážkové události, které se vyskytly během silného hydrologického sucha v roce 2015. Podíl odtoku byl v podstatě stejný jako v případě události z 29. června 2017, tedy jen v jednotkách procent.

# ZHODNOCENÍ VÝVOJE HYDROLOGICKÉ SITUACE V OBDOBÍ 2014–2017

*Petr Šercl, Pavel Kukla, Martin Pecha, Slávek Podzimek, Lenka Černá,  
Český hydrometeorologický ústav*

## Úvod

Klimatologické a půdní sucho, dané nedostatkem srážek, které se vyskytne v průběhu jediného roku ve vegetačním období, může mít katastrofální následky, pokud jde např. o zemědělskou úrodu, ale z hlediska zásobování obyvatelstva nemusí být jeho dopady tak významné. Podstatně nepříznivější situace však nastává, když se deficit srážek prohlubuje v rámci víceletého období, kdy dochází k postupnému poklesu zásob podzemních vod. V případě výrazně zakleslých úrovní hladin podzemních vod dochází k značnému zmenšení dotace do povrchových toků a nástup hydrologického sucha na povrchových tocích může po odeznění odtoku z jarního tání nastat ve vegetačním období velmi rychle.

Výše uvedeným popisem lze charakterizovat období let 2014–2017, kdy se ve vodních tocích vyskytovaly dlouhodobě výrazně podprůměrné průtoky. V povodí Labe nad soutokem s Vltavou, v povodí Moravy nad soutokem s Dyjí a v povodí Odry se jednalo dokonce o nejméně vodné období minimálně od 30. let minulého století. V roce 2015 se nadto vyskytlo i velmi významné hydrologické sucho, které postihlo převážnou část ČR.

Hlavními příčinami byly:

- teplotně nadnormální a srážkově podnormální zimní období,
- teplotně nadnormální až silně nadnormální roky 2014, 2015, 2016 i 2017
- výrazně srážkově podnormální rok 2015,
- srážkově podnormální rok 2016 v některých regionech ČR.

Následkem byl zejména postupný pokles zásob podzemní vody během tohoto období, který přetrvával a prohluboval se i v roce 2017, zejména v jeho první polovině.

## Chronologický popis vývoje hydrologické situace

Vývoj hydrologické situace od začátku roku 2014 do konce roku 2017 je zobrazen na příkladu hydrogramu průměrných denních průtoků na Orlicí v profilu Týniště nad Orlicí. Na obr. 1 jsou pro porovnání graficky znázorněny hodnoty průměrných měsíčních průtoků a úrovně  $Q_{355d}$  a  $Q_{364d}$ . Hodnoty na ose y grafu jsou pro větší přehlednost znázorněny v logaritmickém měřítku. Profil v Týništi nad Orlicí byl vybrán proto, že hodnota průměrného průtoků za období 2014–2017 je nejmenší za celé období systematického vyhodnocení průtoků a obecně deficit srážek za toto období byl v rámci České republiky v povodí horního Labe nejvýraznější.

Příklad typického vývoje stavu podzemních vod v období 2014–2017 znázorňuje graf průběhu denních hodnot úrovně hladiny podzemních vod v mělkém vrtu Březhrad u Hradce Králové na obr. 2. Pro porovnání jsou uvedeny mediánové hodnoty měsíčních hodnot a kvantil 85 % z měsíčních křivek překročení za období 1981–2010. Vrt v Březhradu se nachází v blízkosti soutoku Orlice a Labe, a je tudíž reprezentativní i pro dolní tok Orlice, kde se nachází vodoměrná stanice v Týništi nad Orlicí.

### Rok 2014

Zima 2013/2014 byla charakteristická nadprůměrnou teplotou vzduchu a výrazně podprůměrnými sněhovými zásobami, nejmenšími od roku 1970. Nedošlo proto k významnějšímu doplnění zásob podzemní vody a rovněž jarní odtok byl v důsledku malých sněhových zásob podprůměrný.

Teplotně byl rok 2014 výrazně nadnormální, což vedlo ke zvýšenému celkovému výparu z půdy a rostlin. Srážkově byl rok z hlediska celorepublikového průměru normální, ale v severovýchodních Čechách spíše podnormální. Odtokově byl rok 2014 podprůměrný, a to zejména v důsledku nízkého jarního odtoku a nadprůměrné teploty vzduchu. Hladiny podzemní vody byly až do září podprůměrné, ale neklesly pod hranici sucha, tj. 85 % kvantilu čáry překročení měsíčních hodnot. Dotace z podzemních vod do vodních toků byla postačující k tomu, aby se jen ojediněle vyskytovaly v tocích průtoky pod hranici 355denního průtoku.

Z hlediska dlouhodobého pozorování je statisticky velmi zajímavá velikost průměrného ročního průtoku za rok 2014, který v povodí horního Labe a Sázavy nepřekročil 60 % průměrné hodnoty za období 1981–2010. Např. na Jizeře v Předměřicích šlo o třetí nejnižší hodnotu průměrného ročního průtoku od začátku systematického vyhodnocení průtoků v roce 1911.

Shrnutí: V roce 2014 se sice hydrologické sucho nevyskytlo, ale vlivem podnormálních srážek v zimním období 2013/2014 a nadprůměrných teplot nedošlo k adekvátnímu doplnění zásob podzemních vod.

### **Rok 2015**

Zimní období 2014/2015 bylo z hlediska sněhových zásob podprůměrné a teplotně nadnormální. Sníh se vyskytoval pouze ve vyšších polohách a výrazně odtál v průběhu ledna. Celková dotace do podzemních vod byla nevýrazná a úrovně hladin ve vrtech již poklesly výrazněji pod úroveň dlouhodobého měsíčního mediánu, viz obr. 2.

Rok 2015 byl obdobně jako rok předchozí teplotně výrazně nadnormální a srážkově naopak značně podnormální, což negativně ovlivnilo celkovou vláhovou bilanci, a průměrné roční průtoky byly proto podprůměrné.

Zhruba od začátku července započalo období velmi významného hydrologického sucha, kdy se průměrné denní průtoky jen s krátkými přestávkami držely pod úrovní hodnoty  $Q_{355d}$  a leckde i výrazně pod  $Q_{364d}$ . Úrovně hladin podzemních vod se dostaly pod úroveň hydrologického sucha již v průběhu června, viz obr. 2.

Období s nedostatkem srážek bylo v červenci a v srpnu doprovázeno vlnami extrémně vysokých hodnot teploty vzduchu, při kterých maximální denní teplota vzduchu překračovala po několik dní 35 °C. Na některých vodních tocích bylo dosaženo historických průtokových minim, příp. došlo k jejich vyschnutí. Průměrné denní průtoky vzrostly nad hranici  $Q_{355d}$  až v průběhu listopadu, viz obr. 1.

Hydrologické sucho v roce 2015 bylo podrobně zhodnoceno ve zprávě, která je k dispozici na webových stránkách ČHMÚ:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho\\_2015\\_kompletni\\_zprava.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_kompletni_zprava.pdf).

Článek, který uvádí hlavní aspekty vývoje sucha v roce 2015, je k dispozici v Hydrologické ročence 2015.

Shrnutí: Rok 2015 byl z hlediska hydrologického sucha v rámci období 2014–2017 nejvýznamnější. Vlivem nedostatku srážek v zimním období, extrémních teplot a pokračujícího deficitu srážek v letním období došlo k silnému zaklesnutí úrovní hladin podzemních vod a k dosažení historických průtokových minim na řadě vodních toků.

### **Rok 2016**

Zimní období 2015/2016 bylo teplotně nadnormální a z hlediska sněhových zásob průměrné až podprůměrné. Sníh se vyskytoval převážně jen ve vyšších polohách a v průběhu teplotně silně nadprůměrného února postupně odtával. Dotace do podzemních vod nebyla významná, zejména v severovýchodních Čechách v povodí horního Labe po nevýrazném vzrůstu pokračovalo klesání úrovní hladin v mělkých vrtech na podnormální hodnoty, viz obr. 2.



Rok 2016 byl teplotně výrazně nadnormální. Srážkově jej sice lze hodnotit v rámci celé ČR jako normální, ale zejména v povodí Labe nad soutokem s Vltavou došlo k prohloubení deficitu srážek, a tudíž k pokračování výrazně negativní vláhové bilance. Úrovně hladin podzemních vod v povodí horního Labe zaklesly hlouběji než v roce 2015 a průtoky se znovu dostaly pod úroveň  $Q_{364d}$ , viz obr. 1 a 2. Vlivem nízkých úrovní hladin podzemních vod se průtoky i po srážkových epizodách rychle zmenšovaly k hodnotám  $Q_{355d}$ , a to i v jiných oblastech. Odtokově byl rok 2016 spíše podprůměrný, v povodí horního Labe velmi významně.

Shrnutí: V roce 2016 došlo k prohloubení srážkového deficitu zejména v povodí horního Labe a k nejvýraznějšímu poklesu úrovní hladin podzemní vody v této oblasti.

### **Rok 2017**

Zimní období 2016/2017 bylo jako celek teplotně normální, silně teplotně podnormální byl leden, prosinec 2016 a únor 2017 byly slabě teplotně nadnormální a březen 2017 silně nadnormální. Z hlediska sněhových zásob lze hodnotit toto zimní období jako průměrné až nadprůměrné, zejména v lednu a únoru. K výraznému odtávání sněhu došlo ve třetí dekádě února, což je patrné na vzrůstu průtoků z obr. 1. Vzhledem k silnému poklesu zásob podzemní vody během roku 2016 dotace do podzemních vod v zimním období tak nebyla dostatečná k tomu, aby se hladiny ve vrtech dostaly na své obvyklé hodnoty a zůstaly až do poloviny roku 2017 silně podnormální (obr. 2).

Rok 2017 byl teplotně nadnormální, srážkově byl z pohledu celého území ČR normální s výrazně nadnormálním dubnem a říjnem. Letní měsíce byly srážkově spíše normální. Za zmínku stojí událost z 29. června, kdy v jihozápadních částech Prahy a přilehlém území Středočeského kraje spadlo za několik hodin lokálně více než 100 mm, přičemž odtoková odezva nebyla příliš výrazná. Jako vysvětlení se nabízí výrazně suchý půdní profil, který dokázal pojmout až 95 % spadlé vody. Podrobněji je tato situace vysvětlena v příspěvku „Vyhodnocení srážkové události ze dne 29. 6. 2017 aneb: Kdy extrémní srážky způsobí extrémní povodeň?“

Ke zmírnění hydrologického sucha došlo v říjnu v severní polovině území vlivem vydatných srážek zejména v horských a podhorských oblastech, což se projevilo na vzrůstu jak průtoků, tak i hladin podzemních vod (obr. 1 a 2).

Naopak k prohloubení hydrologického sucha došlo během roku 2017 na jižní Moravě, zejména v povodí Dyje, kde období od začátku ledna do konce srpna bylo druhé nejsušší od roku 1961.

Shrnutí: Rok 2017 byl již čtvrtým rokem v řadě s výrazně podprůměrnými průtoky ve vodních tocích. Ke konci roku došlo v severní polovině území ČR k částečnému zmenšení deficitu srážek a nárůstu průtoků a hladin podzemní vody.

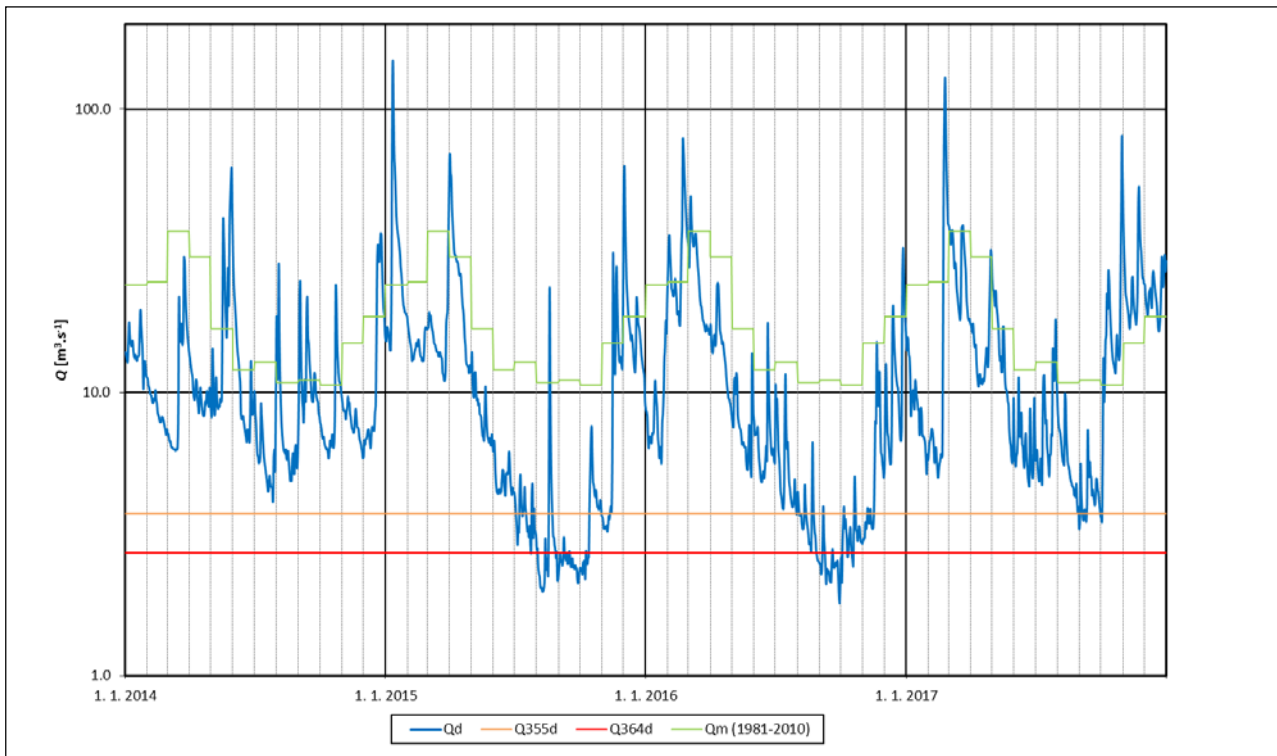
### **Charakteristika období 2014–2016**

Z hlediska vývoje hydrologického sucha a výskytu minimálních průtoků v období 2014–2017 byl nejvýznamnější rok 2015 a v oblasti východních Čech i rok 2016.

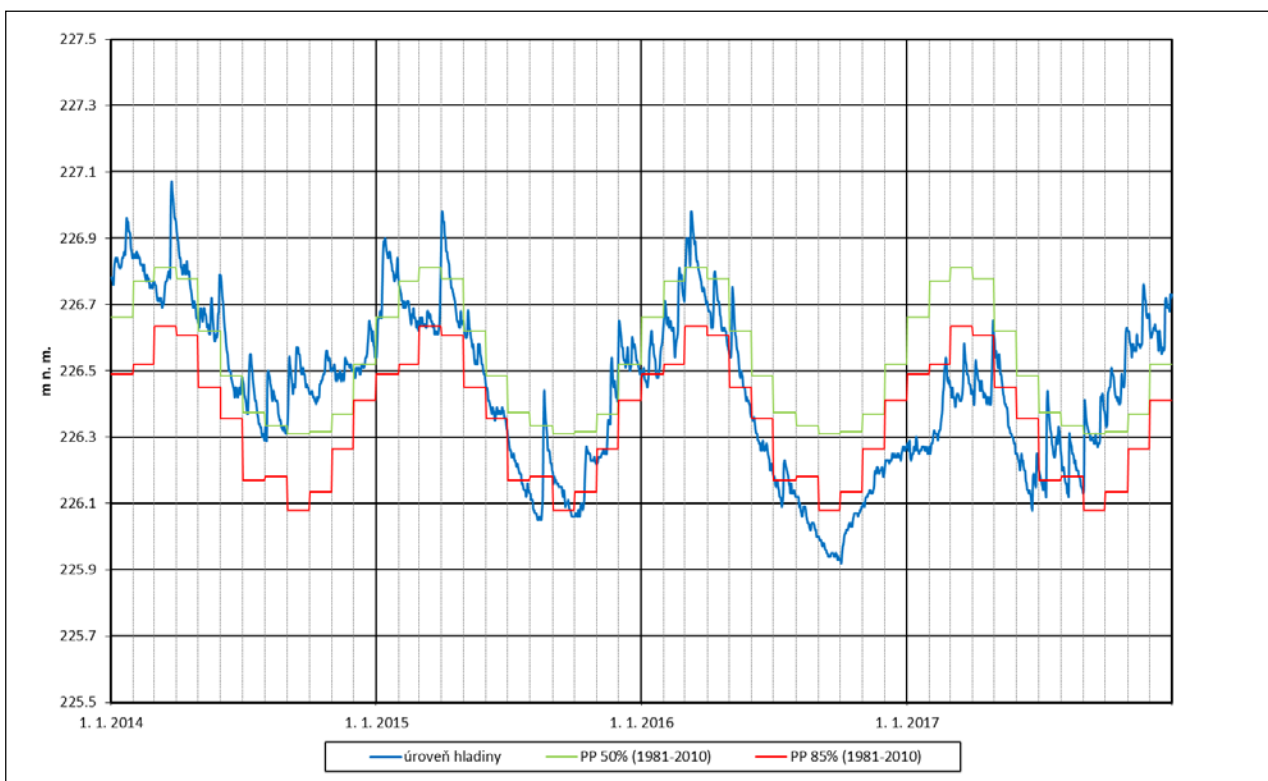
Období 2014–2016 bylo srážkově většinou podnormální a teplotně nadnormální až silně nadnormální. Největší odchylky od srážkového normálu za období 1981–2010 se vyskytly v severovýchodních Čechách, viz obr. 3. Lze konstatovat, že větší odchylky od normálu byly v horských a podhorských oblastech než v nížinách.

Zejména v roce 2015, ale i v roce 2016 docházelo k častému a někdy i k dlouhodobému výskytu minimálních průtoků pod úrovní hydrologického sucha. Mapa na obr. 4 znázorňuje celkový počet dní s průtokem rovným nebo menším než  $Q_{355d}$  za období 2014–2016 ve vybraných vodoměrných stanicích. Dle předpokladu bylo nejvíce postiženo hydrologickým suchem povodí horního Labe, ale vysoký počet dní s hydrologickým suchem byl zaznamenán rovněž na tocích na Jesenicku či v povodí Lužické Nisy.

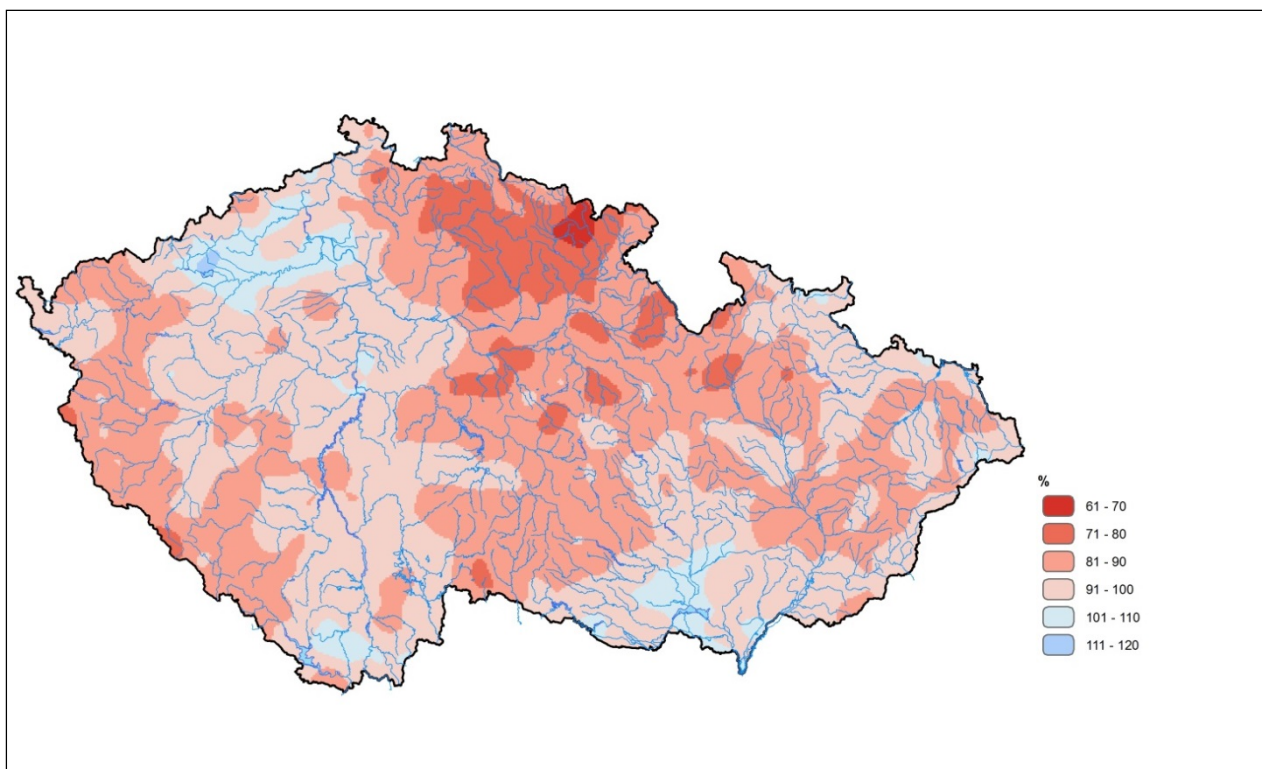
K regionům s nejmenším počtem dní s hydrologickým suchem možná pro mnohé překvapivě patří jižní Morava. Lze to vysvětlit jednak tím, že v tomto regionu nebyl zdaleka tak vysoký deficit srážek jako v jiných oblastech (obr. 3), ale i tím, že tato oblast patří ke klimaticky „přirozeně“ suchým regionům a úroveň hydrologického sucha zde proto nebylo dosahováno tak často, jako tomu bylo v ostatních oblastech ČR.



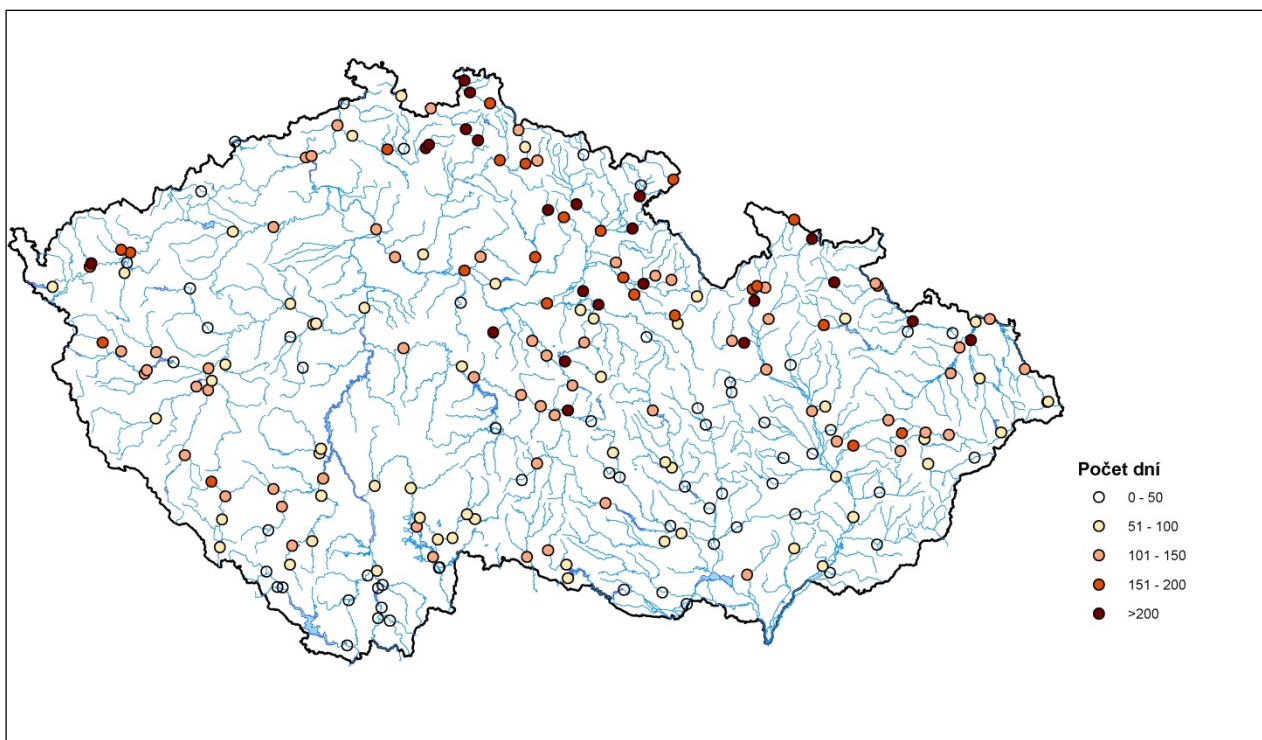
Obr. 1 Průběh průměrných denních průtoků na Orlici v profilu Týniště nad Orlicí v letech 2014–2017.



Obr. 2 Průběh denních úrovní hladin podzemní vody v mělkém vrtu Březhrad v letech 2014–2017.



Obr. 3 Poměr průměrného ročního úhrnu srážek za období 2014–2016 vůči normálu 1981–2010 vyjádřený v procentech.



Obr. 4 Celkový počet dní s dosažením nebo podkročením průtoku  $Q_{355d}$  během období 2014–2016.

## Průměrný průtok v období 2014–2017 vzhledem k dlouhodobému pozorování

Za posledních cca 100 let se vyskytlo několik víceletých období, kdy průtoky byly výrazně menší než dlouhodobý průměr, konkrétně v obdobích 1991–1993, 1972–1974, počátkem 60. let a v letech 1932–1936.

Za účelem posouzení významnosti období 2014–2017 byly spočteny hodnoty průměrných průtoků za klouzavá čtyřletá období (za hydrologické roky) ve vybraných vodoměrných stanicích od začátku jejich pozorování, resp. vyhodnocení průměrných denních průtoků. Výsledky shrnuje tab. 1, ve které je uveden poměr průměrného průtoky za období 2014–2017 k dlouhodobému průměrnému průtoky za období 1981–2010 a doba, za kterou průměrný průtok za uvedené čtyřleté období nebyl menší než tříleté průměry v historii pozorování.

Z tabulky je zřejmé, že ačkoliv rozpětí poměrů průměrného průtoky za období 2014–2017 k dlouhodobému průměru za období 1981–2010 není příliš velké (0,59–0,74), z hlediska dlouhodobého pozorování se období 2014–2017 u jednotlivých profilů liší výrazněji.

Období 2014–2017 za období pozorování bylo z uvedených stanic zaznamenáno v povodí Labe nad soutokem s Vltavou a v profilu Děčín na Labi. Průtok za období 2014–2017 byl nejmenší za posledních cca 80 let na Moravě v Olomouci a Strážnici a na Bečvě v Dluhonicích. Oproti tomu v profilech na Lužnici, Sázavě, Berounce a na Vltavě v Čechách, a na Moravě a ve Slezsku na Jihlavě, Opavě a Odře, byly průměrné průtoky ještě o něco menší relativně „nedávno“ – na počátku 90. let minulého století.

Tab. 1 Průměrný průtok za období 2014–2017 ve vztahu k dlouhodobému pozorování.

Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Počátek sledování průtoků [rok]	$Q_a$ [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	$Q_{2014-2017}$ [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	Poměr $Q_{2014-2016} / Q_a$ [-]	Doba nepodkročení [počet let]
Orlice	Týniště nad Orlicí	1 554,2	1911	18,6	12,0	0,65	> 100
Jizera	Předměřice n. Jizerou	2 157,4	1911	24,9	16,9	0,68	> 100
Labe	Kostelec n. Labem	13 183,4	1911	104	61,6	0,59	> 100
Lužnice	Bechyně	4 057,0	1911	22,2	14,1	0,64	25
Otava	Písek	2 913,7	1912	24,4	16,3	0,67	64
Sázava	Nespeky	4 038,6	1912	19,4	11,4	0,59	24
Berounka	Beroun	8 286,2	1951	37,0	23,8	0,64	24
Vltava	Praha-Chuchle	26 730,0	1901	143	90,1	0,63	24
Ohře	Louny	4 979,8	1922	37,3	25,7	0,69	65
Labe	Děčín	51 120,3	1888	315	202	0,64	> 100
Opava	Děhylov	2 037,6	1926	13,7	10,0	0,73	26
Odra	Bohumín	4 663,7	1920	41,6	30,6	0,74	24
Morava	Olomouc-Nové Sady	3 323,6	1921	26,4	17,9	0,68	82
Bečva	Dluhonice	1 592,8	1920	17,3	12,4	0,72	82
Morava	Strážnice	9 144,8	1921	59,3	38,5	0,65	82
Jihlava	Ivančice	2 680,0	1924	10,4	6,34	0,61	24

## **Závěr**

Období let 2014–2017 lze z hlediska celkového odtoku hodnotit jako silně podprůměrné. Toto čtyřleté období bylo teplotně nadnormální až silně nadnormální a srážkově většinou podnormální. V roce 2015 se vyskytlo celoplošné hydrologické sucho doprovázené poměrně dlouhými vlnami extrémně vysoké teploty vzduchu. Hydrologické sucho v povodí horního Labe pokračovalo i v roce 2016, kde se vlivem pokračujícího deficitu srážek v této oblasti dále prohloubilo.

Od roku 2014 docházelo postupně k poklesu hladin podzemních vod, což mělo za následek snižující se dotaci do povrchových vod a zmenšování průtoků na nebo pod hranici hydrologického sucha v bezesrážkových obdobích. Období sucha bylo zejména v severní polovině České republiky přerušeno vydatnými srážkami v horských a podhorských oblastech v říjnu 2017.

Z hlediska dlouhodobého pozorování se v povodí Labe nad soutokem s Vltavou a na vlastním toku Labe řadí k nejméně vodným za posledních 100 a více let, na řekách Moravě a Bečvě za posledních 80 let.

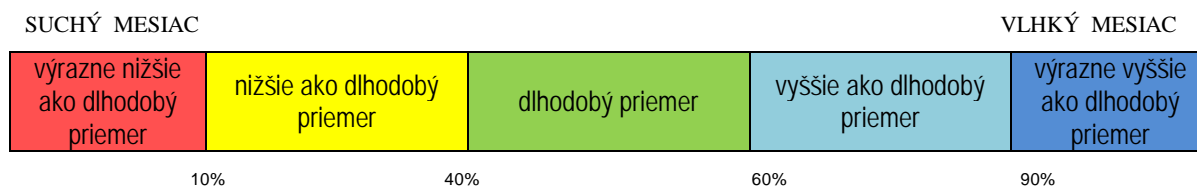


# HODNOTENIE SUCHA V POVRCHOVÝCH A PODZEMNÝCH VODÁCH NA VYBRANOM ÚZEMÍ SLOVENSKA V OBDOBÍ 2014–2016

*Lotta Blaškovičová, Martin Belan, Katarína Melová, Ľudovít Molnár, Valéria Slivová, Jana Poórová,  
Slovenský hydrometeorologický ústav*

Aktuálnou témou v súčasnosti je sucho a nedostatok vody. Pri hodnotení oblastí (napr. Kysuca, Orava) sa prejavovali odlišné trendy v povrchových a podzemných vodách, preto sme sa rozhodli prepojiť hodnotenia vo vybraných vodomerných staniciach povrchových vôd a pozorovacích objektoch podzemných vôd (šesť dvojíc). Hodnotili sme vzájomnú interakciu hladín povrchových a podzemných vôd v dennom a mesačnom kroku. Do pôvodne hodnoteného obdobia 2010–2014 v porovnaní s obdobím 2003–2007 (v ktorých bol na Slovensku zaznamenaný výskyt vlhkých aj suchých rokov) sme doplnili aj analýzy za hydrologické roky 2015 a 2016. V tomto období boli zrekonštruované dva hodnotené pozorovacie objekty podzemných vôd, v dôsledku čoho v nich došlo k zmene úrovne hladiny.

Vo vybraných staniciach sme analyzovali trendy hladín a prietokov povrchových vôd a hladín podzemných vôd. Pre stanovenie výskytu sucha v povrchových a podzemných vodách sme zvolili metódu hodnotenia na základe prietokov a hladín v mesačnom kroku, ktorá je založená na porovnaní s dlhodobými kvantilmi mesačných hodnôt nasledovne:



Interakcia hladín v jednotlivých objektoch vykazuje veľmi dobrú zhodu režimu vo vodných obdobiach a mierny posun pri nástupe suchých období v objektoch podzemných vôd z dôvodu ich dlhšej odozvy. V hodnotenom trojročnom období 2014–2016 sa vo väčšine objektov prejavilo výrazne suché obdobie s relatívne dlhým trvaním v roku 2015, v mesiacoch jún až október.

# KONCEPCE OCHRANY PŘED NÁSLEDKY SUCHA PRO ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

*Tereza Davidová, Pavel Marták, Ministerstvo životního prostředí*

## Úvod

V reakci na zvyšující se četnost výskytu suchých epizod v České republice byla v roce 2014 sestavena meziresortní komise VODA–SUCHO (dále jen komise), jejíchž hlavním cílem bylo připravit podklady pro zpracování strategického materiálu řešícího problematiku sucha a nedostatku vody napříč všemi dotčenými resorty. Tento úkol byl uložen ministrům zemědělství a životního prostředí usnesením vlády č. 620/2015 a termín pro předání materiálu členům vlády byl stanoven na konec června 2017 (Hrdinka a kol. 2017). Termín byl splněn a vláda schválila předložený dokument dne 24. července 2017 usnesením vlády České republiky č. 528. Schválení materiálu vyvolalo nevídanou vlnu zájmu ze strany medií a reakcí od různých organizací. Předkládaný příspěvek se věnuje stručnému představení obsahu Konceptce ochrany před následky sucha pro území České republiky (dále jen Konceptce) a vybraným reakcím uveřejněným v médiích.

## Příprava materiálu

Již od začátku přípravy Konceptce vyvstával zásadní problém, který byl popsán i následujícím titulkem: „Stát chce umoit sucho přehrší koncepcí. Hrozí zmatek, tvrdí právníci“ (Ferebauer, 2017). Je pravdou, že změnou klimatu a suchem se zabývá ještě několik dalších materiálů a překryvu s nimi se nebylo možné vyhnout. Prvním koncepčním dokumentem, který se problematice sucha blíže věnuje, je Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a navazující Národní akční plán pro adaptaci na klimatickou změnu. Konceptce byla formulována v souladu se strategickým rámcem Česká republika 2030 i s Rámcovou směrnicí o vodách. Opatření navržená v Konceptci přispívají k naplnění cílů všech uvedených strategických dokumentů. Nyní je ale nutná koordinace při jejich realizaci. Realizací opatření navržených v Konceptci jsou dle usnesení vlády ČR č. 528/2017 pověřena jednotlivá gesčně odpovědná ministerstva, koordinace těchto prací je svěřena komisi, která by zároveň měla kontrolovat i možné střety s ostatními materiály a platnou legislativou. Ukázalo se, že komise je velice vhodnou a účelnou komunikační platformou. Projednání záměrů již v počáteční fázi přípravy mezi dotčenými resorty by mohlo realizaci opatření významně urychlit. Zpráva o naplňování Konceptce má být předložena členům vlády do 31. prosince 2022. Na konci každého roku budou členové komise předkládat jednotlivým ministrům a uveřejňovat tzv. poziční zprávy o pokroku. Meziresortní komisi a Konceptci jsou věnovány webové stránky: [www.suchovkrajine.cz](http://www.suchovkrajine.cz).

## Analytická část

Konceptce obsahuje velice detailní popis aktuálního stavu a vytipovává největší problémy související se změnou klimatu. Prokazatelnou zjištěnou změnou klimatu je zvýšení teploty vzduchu v posledních třiceti letech přibližně o 1 °C oproti průměru z let 1961–1985. S rostoucí teplotou úzce souvisí i zvýšený výpar, což znamená, že je větší množství vody v atmosféře a méně v půdě. **Krajina se tedy postupně stává náchylnější k vysychání.** Z výsledků porovnání dostupnosti půdní vláhy mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2014 vyplývá, že na většině území v polohách pod 600 m n. m. došlo ke zvýšení počtu dní s nedostatkem půdní vláhy v průměru o 10–15 dní v období od dubna do června. Konceptce upozorňuje, že rozsah následků sucha roste v souvislosti s degradací zemědělské půdy a jejím plošným úbytkem. Zemědělská půda činí přibližně 53,5 %

území ČR a z toho je 38 % půdy orné (20 % území ČR). Vsa srážkové vody do půdy a její následná retenční kapacita v půdním prostředí patří k důležitým mimoprodukčním funkcím zemědělských půd (Kaša 2017).

Podle hydrologických a pedologických analýz poklesla **retenční kapacita půd přibližně o 40 %, oproti stavu půdy před rokem 1950**, tedy době, kdy ještě půda nebyla systematicky odvodňována, zcelována do velkých půdních bloků a obdělávána s uplatněním těžké zemědělské mechanizace. Odhadovaný rozdíl mezi stávajícím stavem a potenciální retenční kapacitou půdy činí přibližně 3 mld. m<sup>3</sup> (2,5násobek objemu přehrad na Vltavské kaskádě) viz Hrdinka a kol. (2017). Koncepce poměrně tvrdě upozorňuje na fakt, že jakost podzemních vod v souvislosti s překračováním limitů pesticidů v povrchových a podzemních vodách rychle klesá. Tyto limity jsou porušovány především u tzv. technických plodin sloužících k produkci biopaliv. V tomto ohledu se navrhuje rázné přehodnocení stávající dotační politiky v České republice, kde produkce plodin pro energetické využití předčila produkci potravin (Kaša 2017). **Nevyhovující jakost vody** může v období sucha též zapříčinit nedostatek vody. Proto je nezbytné zásadním způsobem přikročit k zavádění dostatečně účinných opatření především na snižování míry plošného znečištění. **Způsob hospodaření na zemědělské a lesní půdě zpětně ovlivňuje klimatické procesy.** Odvodněná území ponechaná dlouhou část roku bez transpirující vegetace se během teplých slunečních dní významně rychleji prohřívají, a tím urychlují ztrátu nejen půdní vláhy, ale i ztrátu vodní páry z pří povrchové vrstvy atmosféry. **Podobným způsobem působí i nárůst ploch zastavěných území.** Koncepce je prvním národním materiálem, který upozorňuje na vztah hospodaření na zemědělské půdě a jeho vliv na změnu mikroklimatu. **Z analytické části Koncepce vyplývá, že největším současným problémem je hospodaření na zemědělské a lesní půdě.**

## Návrhová část

Navrhovaná opatření v Koncepci jsou rozdělena do pěti rovnocenných pilířů, které je zapotřebí realizovat současně. Navrhovaný komplexní přístup obsahuje např. opatření na zlepšení monitoringu hydrologické situace ve vztahu k suchu a vytvoření nástrojů pro predikci očekávaného vývoje. Velký důraz je kladen na realizaci opatření na zemědělské půdě a v krajině za účelem zvýšení retenční kapacity vody v krajině, jejichž přijímání je zapotřebí zrychlit a zefektivnit. Zároveň je zapotřebí pokračovat či zahájit přípravu složitějších strategických opatření, která mají potenciál razantně snížit zranitelnost území vůči nedostatku vody – do této skupiny patří opatření na stávající vodárenské a vodohospodářské infrastrukturu včetně zajištění nových nebo alternativních zdrojů vody. Do další skupiny patří opatření pro nastavení procesů pro operativní řešení sucha a nedostatku vody. To je oblast, která zahrnuje přípravu nové hlavy vodního zákona a přípravu plánů pro zvládání sucha. Patrně nejdůležitější skupinou jsou opatření vedoucí k systematickému vzdělávání obyvatelstva a jeho osvětě.

Co je ale materiálu nejčastěji vytýkáno? V Koncepci jsou navrhována opatření, která se dotknou vlastníků půd. Může se jednat o realizaci či věcná břemena (například omezení intenzivní zemědělské činnosti kvůli ochraně povrchových vod). Možnou překážkou by tedy mohla být oblast vlastnických vztahů a s tím spojená legislativa, kterou Koncepce prakticky neřeší (Ferebauer, 2017).

Největší pozornosti se dostalo opatření týkajícího se zavádění pásmových cen vody. Ačkoliv je to krajní opatření, plánované pro extrémní situace, mnoho médií dávalo Koncepci do souvislosti pouze se zvyšováním ceny vody (Kopecký 2017). Přitom pásmové ceny vod vůbec nemusí znamenat zdražení vody, záleží, jak konkrétně by byly nastaveny hranice. Při hospodárném využívání pitné vody by voda mohla naopak zlevnit. Opatření by mělo zabránit jejímu zbytečnému plýtvání.

Dle SOVAK ČR je velice důležitou oblastí podpora hospodaření se srážkovými vodami. Srážkové vody jsou v současnosti v naprosté většině odváděny jednotnou kanalizací na čistírny odpadních vod, či oddílnou kanalizací přímo do vodotečí. V této souvislosti stojí za pozornost skutečnost, že v roce 2016 bylo v České republice na ČOV vyčištěno celkem 803,4 mil. m<sup>3</sup> vod, z toho zhruba polovinu, 368,6 mil. m<sup>3</sup>, tvořily vody srážkové. Zvýšení podílu zasakování srážkových vod v místě dopadu, což je jeden z neúčinnějších nástrojů pro zvládání negativních následků sucha. Vyšší míře podpory retence srážkových vod v krajině by přispělo i odstranění stávajících výjimek ze zpoplatnění v zákoně č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích (Wanner 2017).

## Jakým způsobem plní Ministerstvo životního prostředí své závazky?

Nutno říct, že jsme teprve necelý rok od přijetí Koncepce. Přesto se již podařilo začít s realizací některých opatření. Pro naplňování prvního pilíře „**Vytvoření informační platformy o suchu a nedostatku vody**“ Ministerstvo životního prostředí (dále jen MŽP) připravuje systémový nástroj pro předpověď hydrologické situace se zaměřením na suchu „HAMR“. Nástroj je založen na propojení modelu vláhové bilance půdy SoilClim, modelu hydrologické bilance BILAN a modelu vodohospodářské soustavy WATERES jednotlivých povodí za účelem modelování pravděpodobného vývoje hydrologické situace na cca 8 týdnů. Systému HAMR je věnován samostatný příspěvek.

Navrhovaný systém je v souladu s aktuálně připravovanou novou **hlavou zákona o vodách zaměřené na zvládání sucha**, která je připravována pod vedení Ministerstva zemědělství. Nastavit celý systém operativního řízení je též hlavním úkolem Koncepce, tedy i MŽP. K tomuto účelu byl připraven ve spolupráci s Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i. (dále jen VÚV) metodický pokyn pro obsah a sestavení plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody, který je nyní připomínkován členy pracovní skupiny sestavené k přípravě suché hlavy vodního zákona. Na půdě MŽP byl v roce 2017 připraven též **typový plán pro řešení krizové situace „Dlouhodobé sucho“**. Pro novelu vodního zákona i typový plán jsou vyhrazeny samostatné příspěvky.

Malým projektem pro zvýšení osvěty veřejnosti je právě dokončená webová aplikace běžící na stránkách [www.suchovkrajine.cz](http://www.suchovkrajine.cz). Aplikace představuje vhodný způsob řešení pro různé typy krajiny. Navržená opatření v koncepci jsou v současné době posuzována **z hlediska své efektivity a nákladovosti**. Hodnocení efektivity probíhá pomocí modelů: Bilan – změny dlouhodobých odtokových poměrů, HEC – dopady opatření na retenci, erozi a zpomalení povodní, HYPE – kvalita vody. Jednotlivá opatření budou v aplikaci popsána pomocí katalogových listů a budou i přehledně prezentovány jejich očekávané účinky, tedy výsledek modelování. Modelováno je 45 vzorových lokalit s různou kombinací navržených opatření. Webová aplikace bude fungovat pro celou Českou republiku. Tento přístup umožní koncovému uživateli vyhledání vhodného opatření pro řešení daného problému.

Za účelem ověření efektivity přírodě blízkých opatření navrhovaných pro zmírnění dopadů sucha byl zřízen v roce 2017 **v lokalitách postižených suchem podrobný monitoring**. Vybrány byly dvě lokality zapojené do projektu Generel vodního hospodářství krajiny ČR (projekt MZe), a to ZD Bulhary a Lupofyt Chrástřany, na kterých je v blízké budoucnosti plánována realizace přírodě blízkých opatření. Povodí byla osazena srážkoměrnými a vodoměrnými stanicemi, na kterých probíhá kontinuální měření. Sledován je vliv opatření proti suchu na kvantitu a kvalitu vody a půdy a na biotu. Na 8 dalších vybraných malých povodích byly postaveny meteorologické a hydrologické stanice. V roce 2017 byl zmapován stávající stav lokalit před realizací opatření. Rok 2018 je věnován přípravě realizace jednotlivých opatření na zemědělské půdě a pokračování mapování stávajícího stavu tak, aby byla zachycena minimálně jedna celá sezona.



## Závěr

Materiál byl ze strany medií i odbornou veřejností přijat velice pozitivně. Jeho nejdůležitější část je ale teprve před námi – implementace. Zrealizovat navržená opatření. Naplnit vizi Koncepce ochrany před následky sucha, která zní:

„ČR je odolná vůči nebezpečným projevům sucha a nedostatku vody i v měnících se klimatických a socioekonomických podmínkách. Odolnost je založena na porozumění riziku sucha, na připravenosti a schopnosti včas reagovat na výskyt sucha a na realizaci preventivních a strategických opatření za účelem minimalizace dopadů sucha a nedostatku vody na společnost, hospodářství a přírodní ekosystémy. Občané ČR vnímají zodpovědnost za množství a jakost dostupných vodních zdrojů, za ovlivňování vodního režimu krajiny a individuálně přispívají ke snižování zranitelnosti vůči suchu a nedostatku vody.“ A to je úkol, k jehož splnění může, resp. by měl, přispět každý z nás.

## Literatura

HRDINKA, T., NESLÁDKOVÁ, M., DAVIDOVÁ, T., PUNČOCHÁŘ, P., 2017. Příprava a zpracování Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky In: *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, roč. 59, č. 4, s. 37–43. ISSN 0322-8916.

FEREBAUER, V., 2017. Stát chce umožnit sucho přehrší koncepcí. Hrozí zmatek, tvrdí právníci [online]. [cit. 3. 9. 2017]. In: *iDnes.cz*.

KOPECKÝ, J., 2017. Chystá se boj proti suchu. Krajním opatřením jsou i různé ceny vody [online]. [cit. 24. 7. 2017]. In: *iDnes.cz*.

WANNER, F., 2017. Svak ČR ke schválení koncepce ochrany před následky sucha [online]. [cit. 28. 7. 2017]. In: *Nase-voda.cz*.

KAŠA, R., 2017. Koncepce ochrany před následky sucha. In: *Roots* [online]. 9/2017.

# TYPOVÝ PLÁN PRO KRIZOVOU SITUACI DLOUHODOBÉ SUCHO

*Jana Tejkalová, Ministerstvo životního prostředí*

## **Anotace**

Příspěvek pojednává o přípravě a obsahu typovém plánu pro řešení krizové situace Dlouhodobé sucho. Typový plán Dlouhodobé sucho byl připraven Ministerstvem životního prostředí jako příslušným orgánem v souladu úkolem plynoucím z usnesení vlády č. 369 ze dne 27. 4. 2016 k Analýze hrozeb pro Českou republiku v roce 2017. Zaměřuje na základní strukturu typového plánu, základní pojmy, předpokládaný rozsah krizové situace, možnosti predikce, možné následky krizové situace. Seznamuje se zásadami pro řešení krizové situace Dlouhodobé sucho včetně příslušných orgánů, obecných principů a dokumentů, které lze využít pro její řešení. Přibližuje jednotlivá opatření, která jsou součástí operativní části plánu. Součástí příspěvku je i stručná charakteristika typového plánu jako dokumentu.

## **Zpracování typového plánu Dlouhodobé sucho**

Typový plán je, v souladu s ustanovením § 15 nařízení vlády č. 462/2000 Sb. dokument, kterým příslušné ministerstvo nebo jiný ústřední správní úřad stanoví pro řešení konkrétního druhu krizové situace doporučené typové postupy, zásady a opatření. Typové plány jsou následně rozpracovány v operativní části krizových plánů na postupy pro řešení konkrétních druhů hrozících krizových situací identifikovaných zpracovatelem krizového plánu v analýze ohrožení.

Typy, resp. druhy krizových situací, včetně odpovědnosti za jejich rozpracování formou typových plánů, byly poprvé uvedeny v části III. materiálu Harmonogram přípravy a zpracování krizových plánů, projednaném a schváleném usnesením Bezpečnostní rady státu č. 295 ze dne 14. května 2002. V tomto dokumentu se sucho jako typ krizové situace neobjevuje. Jedním z úkolů, stanovených v Koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030, schválené usnesením vlády ze dne 23. října 2013 č. 805, bylo „Zpracovat analýzu hrozeb pro Českou republiku a její závěry promítnout do metodických a strategických materiálů v oblasti bezpečnosti státu“. Tato analýza byla zpracována v mezirezortní spolupráci pod vedením MV GŘ HZS ČR. V rámci analýzy byly nově posouzeny typy nebezpečí, které se mohou na území České republiky vyskytovat. Bylo identifikováno 22 typů nebezpečí, pro které lze odůvodněně očekávat vyhlášení krizového stavu mezi nimi i Dlouhodobé sucho, které se v žebříčku rizikivosti naturogenních abiotických nebezpečí s nepřijatelným rizikem umístilo za povodněmi. Analýzu hrozeb pro Českou republiku schválila vláda svým usnesením ze dne 27. dubna 2016 č. 369. V tomto usnesení zároveň vláda uložila ministru vnitra aktualizovat do 31. prosince 2016 Metodický pokyn ke zpracování typových plánů a dotčeným ministrům a vedoucím ústředních správních úřadů uložila zpracovat do 31. prosince 2017 nové typové plány pro oblast jejich působnosti podle již zmíněného nového metodického pokynu.

V roce 2017 na základě výše zmíněných dokumentů zpracovalo Ministerstvo životního prostředí Typový plán Dlouhodobé sucho. Na přípravě materiálu se podílel tým odborníků, kteří se účastnili přípravy Metodiky pro přípravu Plánů pro zvládání sucha a nedostatku vody. Někteří z těchto odborníků jsou též členy pracovní skupiny pro přípravu novely vodního zákona upravující problematiku sucha a nedostatku vody.

Plány pro zvládání sucha a nedostatku vody, jsou dokumenty, které by měly řešit mimořádné situace a předcházet tak vzniku krizové situace Dlouhodobé sucho. Jejich pořízení není zatím legislativně zakotveno. V říjnu roku 2017 byl Typový plán Dlouhodobé sucho zaslán v souladu

s Metodickým pokynem ke zpracování typových plánů k posouzení MV – GŘ HZS ČR. MV GŘ HZS ČR vydalo k typovému plánu souhlasné stanovisko a následně byl typový plán Dlouhodobé sucho podepsán ministrem životního prostředí. Typový plán Dlouhodobé sucho je obdobně jako ostatní schválené typové plány distribuován, včetně případných aktualizací, zpracovatelům krizových plánů prostřednictvím MV – GŘ HZS ČR.

Typový plán Dlouhodobé sucho se shodně jako ostatní typové plány a také krizové plány člení na část základní, operativní a pomocnou. V základní části je popsána charakteristika krizové situace a její následky. Typový plán Dlouhodobé sucho v rámci stručné charakteristiky obsahuje klíčové definice 2 pojmů, a to sucha a nedostatku vody. Krizová situace Dlouhodobé sucho vznikne, když se na území jednoho nebo více krajů projeví kritický nedostatek vody ve zdrojích saturujících potřeby obyvatel, kritických infrastruktur a ekosystému. Dále jsou popsány na základě současného stavu možnosti predikce sucha a možnosti pro nastavení místních směrodatných limitů, které mohou indikovat nepříznivé dopady dlouhodobého sucha. Kapitola obsahuje též indikaci skutečností, že situaci není možné zvládnout běžnou činností a výčet předpokládaných sekundárních událostí. Dále jsou zde stručně shrnuty možné dopady Dlouhodobého sucha. Jádrem typového plánu je Operativní část, která obsahuje zásady a opatření pro řešení daného typu krizové situace, včetně zpracovávaných karet opatření pro řešení krizové situace. Tato část obsahuje výčet příslušných orgánů, které by se podílely na řešení příslušné krizové situace. U Dlouhodobého sucha jsou popsány možné činnosti vlády, Ministerstva životního prostředí, ČHMÚ, Ministerstva vnitra, Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstva průmyslu a obchodu, hejtmana a podniků Povodí. Kapitola popisuje také jednotlivé vazby mezi dotčenými subjekty, způsob komunikace a předávání informací včetně grafického schématu. Z hlediska řešení krizové situace Dlouhodobé sucha je důležitou součástí výčet obecných principů podporujících připravenost a to:

- identifikace místních směrodatných limitů ORP a kraje na podporu rozhodování při řešení krizové situace Dlouhodobé sucho,
- vypracování evidence vodních zdrojů a identifikací záložních vodních zdrojů s cílem zajistit seznam vodních zdrojů využívaných pro veřejné zásobování a rovněž pro uspokojování prvků kritické infrastruktury, identifikovat potenciální záložní vodní zdroje, rozbor vlastnických vztahů a podmínek využití daného zdroje jako záložního, pravděpodobnou vydatnost a jakost vodního zdroje za normálních podmínek a za sucha. V rámci analýzy je vhodné identifikovat rovněž zdroje vody využitelné pro hašení požárů,
- hierarchizace odběratelů dle ekonomických a strukturálních dopadů omezení jejich provozu;  
výsledkem analýzy je hierarchizace významných odběratelů vody podle ekonomických a strukturálních dopadů spojených s výpadkem jejich provozu v souvislosti s nedostatkem vody. Strukturálními dopady jsou nepříznivé dopady výpadku provozu daného subjektu na ostatní prvky navázané na omezovaný subjekt,
- provedení analýzy minimálních požadavků na vodu pro udržení provozuschopnosti podniků celostátního a regionálního významu – cílem je zajistit podklady pro sestavení plánu nezbytných dodávek vody pro jednotlivé subjekty.

Důkladná příprava těchto „podkladů“ výrazně usnadní orgánům krizového řízení rozhodování během krizové situace. Kapitola dále obsahuje specifické instituty jako (např. úprava povolení nakládání s vodami, mimořádné manipulace nad rámec schváleného manipulačního řádu apod.), které lze na základě platné legislativy využít při řešení krizové situace Dlouhodobé sucho.

Zásadní částí každého typového plánu jsou návrhy jednotlivých opatření přijímaných a plněných subjekty podílejícími se na řešení krizové situace. V rámci typového Dlouhodobé sucho je navrženo celkem 10 opatření. Jejich výčet včetně subjektu odpovědného za jejich provedení a spolupracujícího, subjektu je uveden v tabulce.

Pomocná část typového plánu obsahuje další informace a dokumenty související s řešením krizové situace Dlouhodobé sucho (jiné využitelné dokumenty; geografické podklady – zejména portál ČHMÚ a portály týkající se problematiky monitoringu sucha a koncepčních dokumentů [www.suchovkrajine.cz](http://www.suchovkrajine.cz); vzory a formuláře) a identifikační údaje zpracovatelů typového plánu.

Tab. 1. Přehled opatření pro řešení krizové situace Dlouhodobé sucho (Typový plán dlouhodobé sucho).

Číslo	Opatření	Provádí	Spolupracuje
1	Výstrahy ČHMÚ	ČHMÚ	OPIS, KOPIS, AČR
2	Vyhodnocování vydaných informací o stavu sucha a výsledků monitoringu směrodatných limitů kraje	krizové štáby, ÚKŠ	ČHMÚ, s. p. povodí, provozovatelé VaK
3	Úprava povolení k nakládání s vodami na dobu nezbytně nutnou	držitelé oprávnění k nakládání s vodami	vodoprávní úřad
4	Úprava nebo omezení, popř. zákaz obecného nakládání s povrchovými vodami	všechny osoby	vodoprávní úřad
5	Uložení, popřípadě povolení mimořádné manipulace na vodním díle nad rámec schváleného manipulačního řádu vlastníkov vodního díla	vodoprávní úřad, vlastníci vodních děl	s. p. povodí
6	Přerušování nebo omezení dodávek vody nebo odvádění odpadních vod bez předchozího upozornění v případě živelní pohromy	provozovatelé vodovodů a kanalizací	dotčení odběratelé
7	Dočasné omezení užívání pitné vody z vodovodu pro veřejnou potřebu	dotčení odběratelé	vodoprávní úřad
8	Ukládání pracovní povinnosti, pracovní výpomoci nebo povinnosti poskytnout věcné prostředky	kraj, vodoprávní úřad	Provozovatelé
9	Zabezpečení nezbytných dodávek podle Plánu nezbytných dodávek	správní úřady	SSHR
10	Provádění mimořádných protipožárních kontrol, monitoring	HZS ČR, JSDH Správa NP Šumava	další složky IZS, PO/FO

## Literatura

Zákon č. 240/2000 Sb., zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).

Nařízení vlády k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

Analýza hrozeb pro Českou republiku, schválena usnesením vlády č. 369 ze dne 27. 4. 2016.

Metodický pokyn ke zpracování typových plánů, schválen usnesením vlády č. 1140 dne 14. 12. 2016.

Typový plán Dlouhodobé sucho, 2017.



## **Seznam použitých zkratek**

AČR	Armáda České republiky
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
GŘ HZS ČR	Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky
FO	fyzická osoba
IZS	integrovaný záchranný systém
KOPIS	Krajské operační a informační středisko
OPIS	operační a informační středisko
PO	právnícká osoba
SSHR	Správa státních hmotných rezerv
ÚKŠ	Ústřední krizový štáb
VaK	vodovody a kanalizace

# STAV PŘÍPRAVY NOVELY VODNÍHO ZÁKONA – „ZVLÁDÁNÍ SUCHA A NEDOSTATKU VODY“

*Alena Binhacová, Ministerstvo zemědělství*

Jedním z legislativních opatření uložených *usnesením vlády ČR č. 620 ze dne 29. července 2015 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody* je zpracovat podklady pro novelu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, týkající se problematiky sucha. Dle návrhu novely vznikne nová hlava vodního zákona „Zvládání sucha a nedostatku vody“, (obdobně jako ochranu před povodněmi upravuje celá hlava IX vodního zákona).

Na přípravě návrhu novely se spolu s Ministerstvem zemědělství podílí odborná pracovní skupina složená ze zástupců jak veřejnoprávních subjektů, tak sdružení soukromoprávních subjektů (Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Ministerstvo financí, Ministerstvo pro místní rozvoj, Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, státní podniky Povodí a Lesy ČR, Český hydrometeorologický ústav, Svaz průmyslu a dopravy ČR, Správa státních hmotných rezerv, Svaz měst a obcí ČR, Sdružení místních samospráv ČR, Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, Krajský úřad Pardubického kraje).

Návrh novely ve vymezení pojmů definuje sucho pro potřeby vodního zákona. Suchem se pro účely tohoto zákona rozumí hydrologické sucho jako výkyv hydrologického cyklu, který vzniká zejména v důsledku deficitu srážek a projevuje se poklesem průtoků ve vodních tocích a stavu podzemních vod. V návaznosti na definici sucha stanovuje další pojem, a to stav nedostatku vody, jehož vyhlášení je nezbytné pro činnost zvláštních orgánů (komisí). Stavem nedostatku vody se pro účely tohoto zákona rozumí vyhlášený dočasný stav s možným dopadem na základní lidské potřeby, hospodářskou činnost a životní prostředí, kdy v důsledku sucha požadavky na užívání vod převyšují dostupné zdroje vod, a je nezbytné omezovat hospodaření s vodou a přijímat další opatření.

Návrh novely zavádí povinnost zpracovat plány pro zvládání sucha a nedostatku vody, které budou základním operativním nástrojem, a to na úrovni krajů a na úrovni České republiky, fakultativně na úrovni obcí s rozšířenou působností. Plány by měly zajistit komplexní přehled o zdrojích a potřebách vody a nastavit pravidla pro rozdělování vody v době jejího nedostatku. Zákon proto stanovuje hierarchii, dle které je nutné jednotlivá opatření vyvážit. Plány mají přispět k zvládnutí mimořádné situace, aniž by musel být vyhlášen stav dle krizového zákona. Vodní zákon stanoví základní strukturu plánu, podrobný obsah bude upravovat metodika, kterou zpracovává MŽP a Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Zároveň se pro názornější uchopení tématu zpracovává pilotní plán.

Dle návrhu novely se ustanoví zvláštní kolektivní orgány, kterými budou komise pro zvládání sucha a nedostatku vody, které se zřídí na úrovni kraje, na ústřední úrovni a fakultativně také na úrovni ORP. Tyto komise se skládají mimo jiné ze zaměstnanců krajského/ORP úřadu, příslušných správců povodí, ČHMÚ, Hasičského záchranného sboru ČR, aj. Komise budou vyhlášovat a odvolávat stav nedostatku vody a při tomto stavu vydávat opatření (např. omezení nakládání s vodami, nařízení mimořádné manipulace na vodním díle, zprovoznění technického zařízení pro odběr ze záložního zdroje vody, aj.) formou rozhodnutí či opatření obecné povahy dle povahy věci. Podkladem jim proto bude právě výše zmíněný plán. Návrh zákona také upravuje speciální procesní úpravu vydávání rozhodnutí a opatření obecné povahy při stavu nedostatku vody. Vše s přihlédnutím k mimořádnosti situace a nutnosti včasného řešení.

Současně návrh novely obsahuje související změny v zákoně o vodovodech a kanalizacích, zákoně o krizovém řízení a zákoně o správě státních hmotných rezerv. Dle plánu legislativních prací vlády má být návrh zákona předložen vládě v listopadu roku 2018, účinnost se předpokládá na leden roku 2020.

# JAKÁ OPATŘENÍ K OMEZENÍ SUCHA A NEDOSTATKU VODY BUDOU ÚČINNÁ?

*Pavel Punčochář, Ministerstvo zemědělství*

Na rozdíl od minulosti, kdy se na našem území vyskytovala zejména regionální sucha a sucha provázená nedostatkem vody byla vesměs jednoletou záležitostí, období od r. 2014 provázejí sucha téměř průběžně. Zejména v r. 2015 výskyt sucha zemědělského přešel do sucha hydrologického, které charakterizuje nedostatek vody ve vodních zdrojích.

Nastalo období, kdy nejenom odborná veřejnost, ale také média, veřejná správa a politici začali vnímat ohrožení našeho území suchem a mírně vzrůstala pozornost k možným dopadům změny klimatu, které provází růst průměrných ročních teplot vzduchu a zvýšený počet dnů s tzv. tropickými teplotami.

Vize nárůstu průměrné roční teploty o 1,0–1,5 °C, předpovídaná před několika lety na období let 2040–2050, již byla dosažena v současnosti, takže očekávání dalšího růstu průměrných ročních teplot až o 3–4 °C po roce 2050 může být velmi reálné – pokud vývoj klimatu bude pokračovat stávajícím trendem.

S rostoucími teplotami se, samozřejmě, zvyšuje odpar a evapotranspirace, a pokud při nárůstu o 1 °C se zvyšuje o 30 % oproti současnosti, lze reálně očekávat v letech po r. 2050 nárůst o více než 100 %. To znamená, že potřeba zvýšení objemu vody v krajině a půdě je naprosto nezbytná, neboť nejenom zemědělská produkce, ale také vegetace v krajině bude čelit kritickým podmínkám. Proto volání po opatřeních na ochranu před suchem (zemědělským) jsou na místě a je třeba je podporovat a realizovat, což vyplývá z „Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky“ schválené vládou v r. 2017 (a její obsah přibliží prezentace zařazená v programu tohoto semináře).

Nepříjemná je však skutečnost, že tato opatření a aktivity k omezení následků tohoto zemědělského sucha („drought“), jsou brána jako účinná i pro zajištění dostatku vodních zdrojů, tedy k omezení nedostatku vody („water scarcity“).

Dochází k trvalému prosazování tzv. přírodě blízkých opatření jako rozhodující aktivity k omezení následků sucha – avšak neřeší nedostatek vody, tedy vodních zdrojů. Stále je opakováno neodůvodněné tvrzení, že zajištění vody v krajině a v půdním profilu zlepšeným hospodařením a péčí o strukturu krajiny zajistí dostatek vody i ve vodních zdrojích, tj. v zásobách podzemních vod a ve vodních tocích.

Experimentálně zatím nebylo prokázáno, že zvýšení vody v půdním profilu zajistí dostatečný odtok z povodí tak, aby průtoky vodních toků neklesly pod kritická minima, takže i přítoky do existujících vodních nádrží budou mít zabezpečen dostatečný průtok, aby hladina neklesala i při omezeném (řízeném) vypouštění vody k zachování tzv. minimálního zůstatkového průtoku pod přehradou.

Objektivní výsledek o vztahu odtoků z krajiny a vlivu změn zemědělského hospodaření přinesla studie Kašpárka, L., A. Viziny, R. Kožína (2017), ve které byl porovnán odtok z povodí Labe za období do r. 1950 (kdy ještě neproběhly dramatické změny ve stylu zemědělské výroby) a následného období do r. 1980. Výsledky jsou opravdu pozoruhodné, neboť prokázaly, že odtokové poměry se podstatně nezměnily, i když značně poklesl objem vody zadržované v půdním profilu. Naopak výsledky svědčily o tom, že dokonce vyšší naplnění půdního profilu vodou spíše omezí infiltraci do podzemních vod. Omezení hydrologického sucha péčí o krajinu a zvýšení objemu vody v půdě by dosahovalo maximálně zhruba 10 % k „nadlepšení“ základního odtoku z povodí. Je téměř příznačné, že obdobný závěr, doložený konkrétními údaji, byl potvrzen i pro účinnost přírodě blízkých opatření pro omezení povodní (viz např. publikace Disse, M. (2015)).

Přesto stále ochránci přírody tato fakta neberou v úvahu (spíše je ignorují), opakují stereotypně svá tvrzení o nutnosti uplatňovat „přírodě blízká opatření“ jako základní předpoklad pro omezení následků hydrologických extrémů, nejenom povodní, ale také sucha. Jako by neexistovalo poučení z historie civilizace, že jediným efektivním opatřením k zabezpečení vodních zdrojů byly a jsou přehradní nádrže, které vznikaly již před tisíci léty. Také u nás se na začátku minulého století výstavba přehrad rozběhla po zkušenosti s povodněmi a následnými obdobími sucha, vznikaly přehradní nádrže, které slouží dosud (např. Kamenička, Janov, Bílá Třemošná, Bedřichov atd.). Přes všechny tyto skutečnosti ochránci přírody zásadně odmítají přehradní nádrže a novináři, média i politici tyto nepodložené argumentace podporují. Zjevně z prostého důvodu, nebude třeba zásahů do území, žádných změn ve vlastnictví a všude bude maximálně rozvíjena příroda s mnoha krásami, situaci za všechny musí vyřešit změna zemědělského hospodaření. Této situaci totiž nahrávalo (a ještě nahrává), že voda u nás dosud výrazně nechyběla. Že je to díky dosavadní dostatečné akumulaci ve vodních nádržích, pořízených v posledním století na území, z něhož všechna voda odtéká a vodní bohatství závisí výhradně na atmosférických srážkách, se taktně přehlíží. Až do prvních větších problémů – a není vyloučeno, že letos přicházejí.

Zcela kontraproduktivně se dokonce připravuje navýšení úrovně minimálních zůstatkových průtoků stanovením tzv. ekologického průtoku, což by vedlo k navyšování (nadlepšování) průtoků pod přehradními nádržemi. Tedy akumulované vody bychom se měli rychleji zbavovat – bez záruky, že akumulace budou doplněny. Ještě pozoruhodnější v tomto kontextu jsou argumenty, že toto nadlepšování je nástroj vodohospodářů, kvůli kterému se mají stavět přehrady!

Zastánci trendu přírodě blízkých opatření jsou vstřícní nanejvýše k výstavbě, obnově rybníků, zřizování tůň terénními úpravami a v obnově či vytváření (umělých) mokřadů – např. přerušením odvodňovacích drenáží. K tomu je ovšem třeba uvést, že všechny tyto vodní útvary přispívají opravdu k posílení výskytu vody v krajině a k vytváření mikro podmínek k udržení biodiversity a vegetace v nejbližším okolí, což prodlouží nástup následků sucha v krajině. Vodní zdroje se tím samozřejmě neposílí, což je zjevné z porovnání funkce rybníků a přehradních nádrží. Rybníky nemají účelově vytvářený zásobní prostor, slouží k produkci ryb a jejich snahou je udržet co nejdéle co největší objem vody. Ani průtočné rybníky při klesajícím průtoku v přítoku nikdy vodu neodpouštějí. Krom toho jde vesměs o mělké vodní útvary, kde je velký poměr plochy hladiny k hloubce, voda má vyšší teploty než v přehradních nádržích, takže také vzrůstá odpar. Ostatně to je zřejmé ze srovnání objemů a ploch existujících rybníků a významných přehradních nádrží v připojené tabulce.

Tab. 1 Přehled existujících nádrží a rybníků.

Vodní útvary	Počet (ks)	Objem akumulované vody (mil. m <sup>3</sup> )	Plocha hladiny (ha)
významné přehradní nádrže	165	3 360	30 000
rybníky	cca 23 000	cca 600 (včetně sedimentů) <sup>x)</sup> , voda cca 400–500	51 000

<sup>x)</sup> údaje ověřeny v Rybářském sdružení České republiky



Přehradní nádrže mají vymezen objemný zásobní prostor, jehož velikost se odvíjí od potřeb a účelů nádrže, mají rovněž retenční (volný) prostor, takže slouží k efektivní ochraně před oběma extrémy – povodněmi i suchem.

Dosavadní malé potíže s překlenutím krátkodobého nedostatku vody (obvykle jednoletého) se daří překlenout právě díky existenci 165 významných nádrží (49 je vodárenských). Pokud by neexistovaly, pak rok 2015 by byl v řadě míst kritický – jak v oblasti vodárenství, tak průtoků ve vodních tocích. Funkce přehradních nádrží je víceletá, tedy jeden rok až několik let omezených přítoků nevede k nezbytnosti přísného omezování odběrů.

Nezmiňuji se o závlahách, Ministerstvo zemědělství závlahy podporuje, včetně výstavby jednoúčelových „závlahových“ nádrží, které ovšem mohou plnit funkci jen tehdy, pokud se z dostatečných vodních zdrojů bude dařit jejich každoroční doplňování. Uvidíme letos – v povodí Dyje je stav velmi neutěšený, zásobní prostor Vranovské nádrže je naplněn kolem 70 %, takže pokud se nedoplní, byla by pro následující rok situace velmi napjatá.

Na závěr je třeba jasné doporučení souběžně podporovat opatření ke zvýšení výskytu vody v krajině, posílit objem vody v půdě a zároveň pečlivě prověřit, jak bude vypadat dostatečnost našich vodních zdrojů při vývoji klimatu podle alespoň průměrného scénáře. Pokud se ukáže napjatost nebo nedostatečnost vodních zdrojů k pokrytí stávajících a zejména očekávaných požadavků, je třeba urychleně připravit další nezbytné akumulace v přehradních nádržích. Neobjektivní obstrukce samosprávy, majitelů pozemků a ochránců přírody totiž neúměrně prodlužují dobu jejich přípravy, v současnosti na zhruba 20 i více let.

Veřejnost by opravdu měla vnímat rozdíl mezi opatřeními na ochranu před suchem a opatřeními před nedostatkem vody. Je až neuvěřitelné, že rozdílný efekt těchto opatření nedostatečně vnímají i mnozí pracovníci z odborných institucí včetně akademických ústavů. Heroické zastavení přípravy na výstavbu některých přehrad se zjevně v blízké budoucnosti vymstí. Zemědělci si to již ověřili – přímý odběr ze stávajících vodních zdrojů není v řadě regionů dostatečný, takže si budují doplňkové akumulace v závlahových nádržích. Rovněž očekávám, kdy začnou jednání o změně účelu mnohých malých nádrží vybudovaných pro závlahy v minulosti (Státní meliorační správou a později spravovaných Zemědělskou vodohospodářskou správou), které se staly rybářskými revíry, a proto nedovolují prázdňení podle potřeb závlah.

Scénáře vývoje klimatu a hlasy odborné klimatologické, meteorologické a vodohospodářské veřejnosti varují – ovšem pozornost jim bude věnována, až problémy opravdu narostou. Poznání potřebnosti opatření proti nedostatku vody v době, kdy vodní zdroje již docházejí, přichází pozdě, protože řešení sucha a nedostatku vody není rychlé. To lze vidět na situaci v Jihoafrické republice – zjevně tamní výhled nepředpokládal, že hydrologické sucho se bude opakovat nebo bude dlouhodobé.

## Literatura

KAŠPÁREK, L., VIZINA, A., KOŽÍN, R., 2017. Využití hydrologického modelu BILAN pro odhad změny schopnosti půdy zadržet vodu. *Vodní hospodářství*, roč. 67, č. 6, s. 6–9.

DISSE, M., 2015. Technical and non-technical flood defence measures in transboundary watersheds. Spolupráce sousedních zemí při hospodaření s vodou a ochraně před povodněmi. Sborník referátů z mezinárodní konference. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. 48–58.

# PŘIPRAVOVANÝ ON-LINE SYSTÉM PRO ZVLÁDÁNÍ SUCHA – OPERATIVNÍ ŘÍZENÍ BĚHEM SUCHÉ EPIZODY

*Adam Vizina, Martin Hanel, Miroslav Trnka, Jan Daňhelka a kolektiv Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Ústav globální změny CzechGlobe, Český hydrometeorologický ústav*

## Abstrakt

Zvýšený výskyt suchých období v České republice s sebou přináší potřebu vytvořit či upravit legislativu. Neméně důležité je vytvoření nástroje, který bude sloužit pro rozhodování v období sucha na jednotlivých úrovních managementu. Princip tohoto nástroje/systému je popsán v tomto článku. Systém je založen na propojení modelu půdního, modelu hydrologické a vodohospodářské bilance. Tyto modely spolu se vstupními klimatologickými daty reprezentují sucho meteorologické, zemědělské a hydrologické sucho. Nástroj bude poskytovat informaci, jaký je současný stav vodních zdrojů a jak by se měl vyvíjet na základě předpovědi, která bude podkladem pro operativní řízení vodních zdrojů.

## Úvod

V České republice, ale i ve světě ve stále větším počtu oblastí velmi rychle narůstá nedostatek vody a výskyt sucha, který v některých případech dosahuje úrovně živelné katastrofy s masivními dopady. V případě sucha dochází k nárůstu jeho četnosti v některých oblastech včetně střední Evropy. Tento jev úzce souvisí s procesem globální klimatické změny. Problém zabezpečení vodních zdrojů se už začíná projevovat i v oblastech, v nichž obyvatelstvo projevy sucha dosud příliš nepocíťovalo. Navíc míru dopadů sucha a nedostatku vody na obyvatelstvo a průmysl v posledních letech příznivě ovlivnila skutečnost, že došlo k poklesu odběrů vody přibližně o polovinu oproti situaci v roce 1990. Zmírňující efekt tohoto vývoje se však již postupně vytrácí. V roce 2015 byly v ČR zaznamenány problémy se zásobováním obyvatelstva v obcích s nedostatečně spolehlivými vodními zdroji a výrazně vzrostly dopady sucha na zemědělskou produkci a lesní hospodářství, kde se dopady tohoto jevu projevují obvykle nejdříve, a ostatní hospodářské sektory. Došlo ke zvýšení počtu dní s nedostatkem vláhy v klíčovém období pro produkci většiny plodin. Do budoucna lze očekávat, že stávající vodní zdroje nebudou dostatečné, a to nejen z hlediska potenciálně snižujícího se dostupného množství vody, ale i z hlediska nevyhovující jakosti vody. Z těchto důvodů se řada institucí zabývá v posledních více než 10 letech výzkumem problematiky sucha a upozorňuje na problém, který se již začíná výrazně projevovat. Jednou z klíčových výzkumných činností je v současnosti tvorba nástroje pro predikci stavu vodních zdrojů v dlouhodobém měřítku, který je představen v tomto příspěvku.

V současné době rozhodování dispečerů správců povodí v období sucha a nedostatku vody probíhá na základě předchozích zkušeností, bez podpůrných nástrojů. Tento stav by šel přirovnat k situaci zvládnutí povodní bez jednotlivých prognostických nástrojů a modelů. Dispečeré jsou schopni stav zmírnit, ale bez podpory expertního systému mohou dělat opatření, která nemusí být optimální a může docházet k ekonomickým ztrátám v případě suché epizody (v případě povodní by mohlo docházet v krajních případech i k ohrožení společnosti). Pro rozhodování má dispečeré správců povodí nyní k dispozici:

- manipulační řady vodních děl,
- informace o aktuální klimatické a hydrologické situaci – měřené hodnoty srážek, teploty vzduchu, přítoku a odtoku z nádrží, stavu hladin v nádržích, průtoků atp.,

- informaci o dlouhodobých statistických charakteristikách hydrologických poměrů v daném měsíci,
- informaci o nutných opravách na vodních dílech, aj.

Pro rozhodování v období sucha však dosud zcela chybí informace o předpokládaném vývoji hydrologické situace ve výhledu následujících týdnů až měsíců, která může napomoci optimalizaci řízení vodohospodářských soustav pro efektivní distribuci vody v čase a prostoru. Z těchto důvodů byl na základě iniciativy MŽP vyvinut systém **HAMR**.

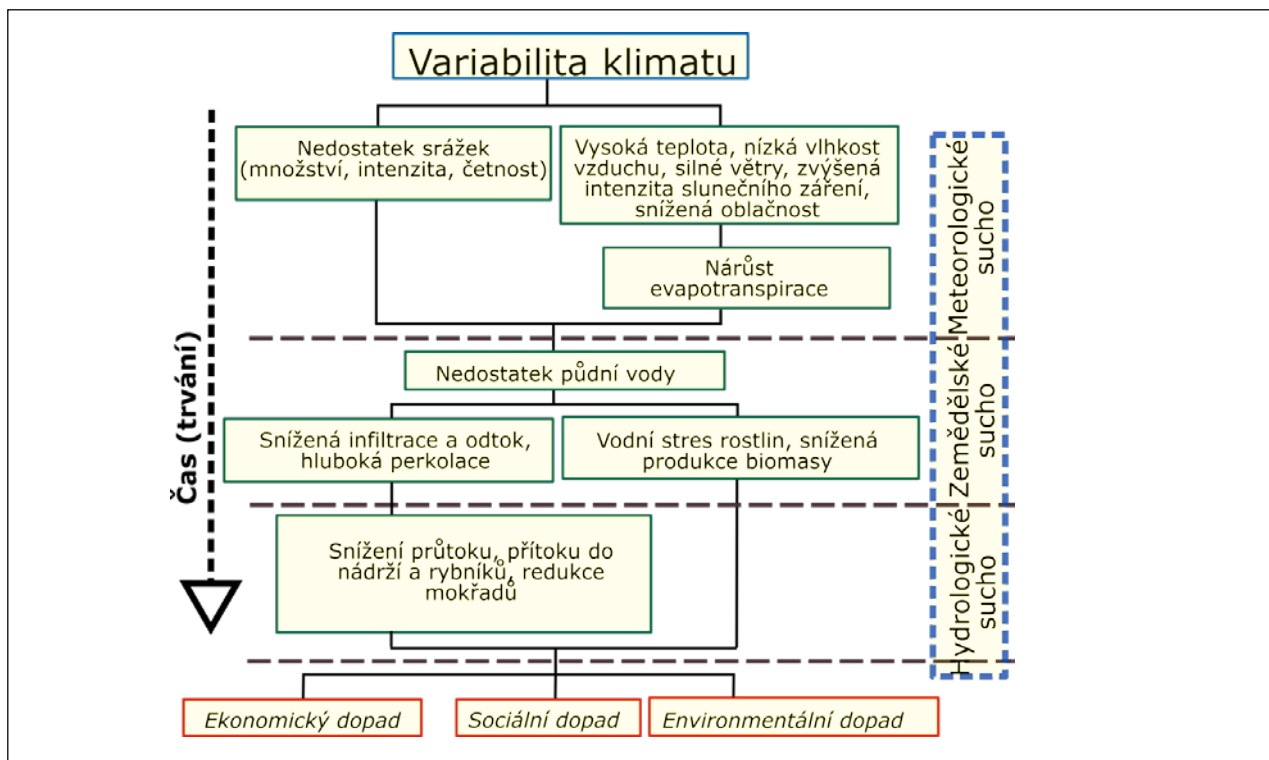
## Metodika

Sucho a nedostatek vody jsou pojmy, které je třeba od sebe správně rozlišovat.

Sucho představuje dočasný pokles dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev. Pro sucho je charakteristický jeho pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. Přirozeně dochází k výskytu sucha, pokud se nad daným územím vyskytne anomálie v atmosférických cirkulačních procesech v podobě vysokého tlaku vzduchu beze srážek, která setrvává po dlouhou dobu nad určitým územím.

Nedostatek vody je definován jako situace, kdy vodní zdroj není dostatečný pro uspokojení dlouhodobých průměrných požadavků na vodu.

Dopady sucha mohou být méně nápadné – začátek a konec sucha lze stanovit jen velmi obtížně. Účinky sucha mají kumulativní charakter, neboť velikost sucha se zvyšuje s jeho délkou. S dopady sucha se setkáváme ještě několik let po výskytu normálních dešťů (Blinka 2004). Sucho nepříznivě ovlivňuje různá odvětví lidské společnosti, např. zemědělství, energetiku, zásobování vodou, průmysl, lodní dopravu; může mít i sociální a environmentální dopady. Četná odvětví jsou potenciálně ohrožená v důsledku nedostatku vody v různých složkách hydrologického cyklu zemského povrchu (Peters 2003; Bratršovská 2013; Panu, Sharma 2002; Hayes 2000). Dopady sucha lze rozdělit do tří základních kategorií: ekonomické, environmentální a sociální (obr. 1).



Obr. 1 Propagace sucha do jednotlivých částí hydrologického cyklu (Vizina 2014).

I když bývá kvantifikace škod způsobených suchem velmi obtížná, je jisté, že ztráty způsobené suchem dosahují značných rozměrů. Podle různých studií převyšují odhady ztrát způsobených suchem škody z jiných přírodních katastrof. Například Witt (1997) označil sucho jako nejnákladnější přírodní katastrofu, roční náklady na sucho ve Spojených státech odhaduje na 6–8 miliard dolarů, což je více, než náklady na hurikány nebo povodně (Peters 2003). Sucho také postihuje větší území než jiná přírodní rizika a zároveň postihuje více lidí než jakákoli jiná nebezpečí (Blinka 2004; Trnka et al. 2003; Wilhite 2000). V posledních desetiletích má sucho významný dopad na ekonomiku a život ve střední a východní Evropě. Pomineme-li povodně, jsou sucha považována za nejničivější přírodní katastrofy v České republice. I když poslední výskyt sucha u nás nemohl být přímo spojen s člověkem způsobenou změnou klimatu, odhadované dopady sucha ukazují zranitelnost těchto oblastí, co se sucha týče. Navíc nedávná studie Brázdila et al. (2015) jasně ukázala, že trendy k výskytu častějšího a intenzivnějšího sucha nelze vysvětlit jinou přirozenou příčinou, jakými jsou kolísání sluneční aktivity, vulkanická činnost či přirozené klimatické oscilace. Vzhledem k předpokládanému zvýšení teploty nad střední Evropou s jen mírným růstem srážek v některých obdobích (jaro, podzim, zima) a poklesu v letním období, je velmi pravděpodobné, že se četnost výskytu sucha a jeho závažnost bude v budoucnosti ve střední Evropě zvyšovat a dopady související s těmito událostmi se zhorší. Navíc, rostoucí poptávka po vodě (i rostoucí tlak na další přírodní zdroje) v důsledku populačního růstu, zvyšující se urbanizace, a větší důraz kladený na ochranu životního prostředí mění zranitelnost obyvatelstva vůči období sucha (Trnka et al. 2003; Wanders et al. 2010). Je však důležité si uvědomit, že v rozvinutých vlhkých a subhumidních oblastech jsou škody způsobené suchem především finančního charakteru, zatímco nejzávažnější důsledky sucha se často vyskytují v rozvojových oblastech s (polo-) suchým klimatem, kde je dostupnost vody nízká již za normálních podmínek, kde se potřeba blíží nebo převyšuje dostupnost přirozenou, kde společnost má jen zřídka možnost zmírnění sucha či přizpůsobení se suchu a kde sucho často ohrožuje samotné životy lidí (Peters 2003; Stahl et al. 2010). Sucho, nebo kombinace sucha a lidské činnosti v těchto oblastech mohou vést ke vzniku pouští, přičemž půdní struktura a úrodnost půdy jsou degradovány a bio-produktivní zdroje se snižují, nebo mizí (Kundzewicz 1997). Nicméně lepší monitorování a management vodních zdrojů a pochopení vývoje sucha mohou dopady sucha zmírnit.

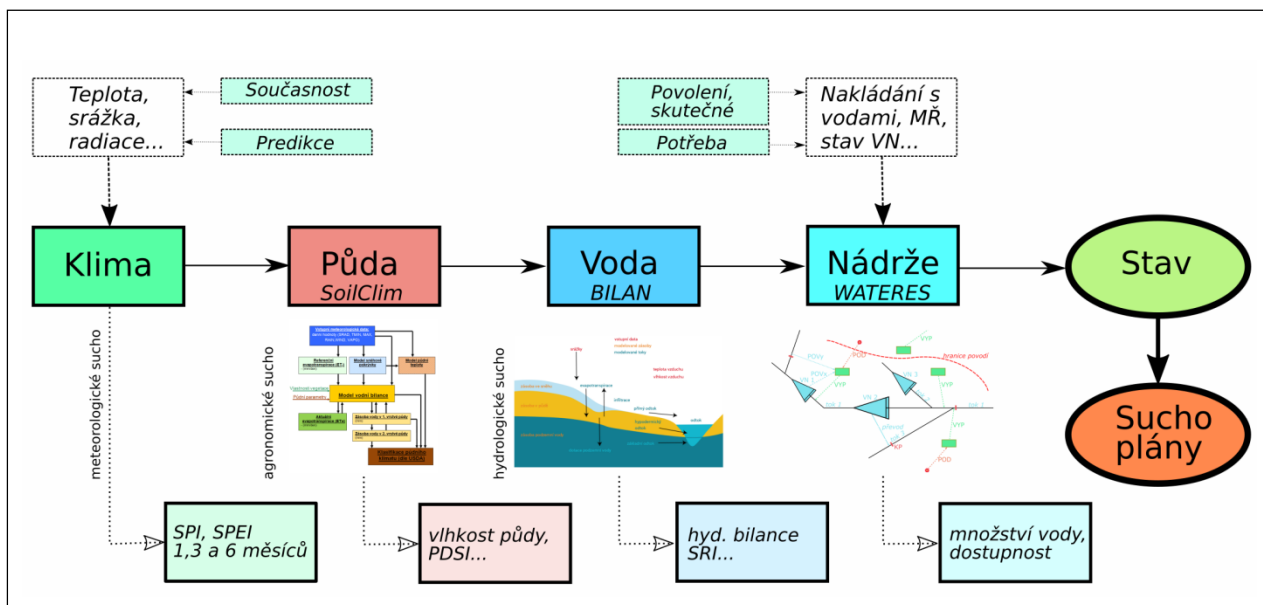
### **Systémový nástroj pro předpověď hydrologické situace HAMR**

Nástroj HAMR je založen na propojení modelu vláhové bilance půdy SoilClim, modelu hydrologické bilance BILAN a modelu vodohospodářské soustavy jednotlivých povodí WATERES za účelem modelování pravděpodobného vývoje hydrologické situace na cca 8 týdnů dopředu. Schéma systému je zobrazeno na obr. 2. Jednotlivé komponenty jsou podrobněji popsány níže. Systém nese název HAMR, který v sobě skrývá všechny komponenty systému, a to:

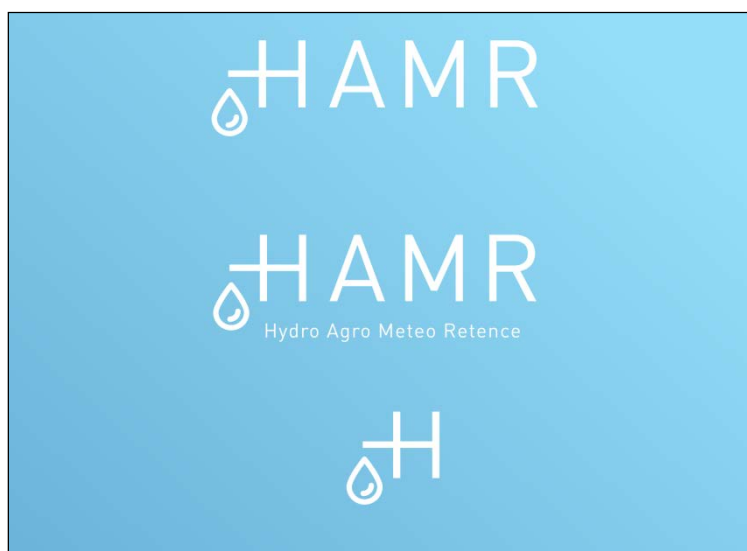
**H**ydrologie, **A**gronomie, **M**eteorologie, **R**etence,

a také samotné slovo „hamr“ je přímo spojené s vodou, konkrétně se jedná o dílnu, která je poháněna vodním kolem. Výhodou názvu rovněž je jeho shodnost i v anglickém jazyce. Pro systém HAMR bylo navrženo jednoduše identifikovatelné grafické logo (obr. 3).





Obr. 2 Schéma systému pro předpověď hydrologické situace.



Obr. 3 Grafické logo systému HAMR.

Cílem je zajištění podkladů pro operativní řízení nádrží a vodohospodářských soustav pro dispečinky státních podniků Povodí a pro rozhodování „komisí pro zvládnutí sucha“ svolaných v souvislosti s probíhajícím suchem. Dále je to vytvoření platformy pro sdílení informací o aktuálních požadavcích na vodu ze strany odběratelů pro optimalizaci řízení.

### Data

Vstupem do systému jsou následující data:

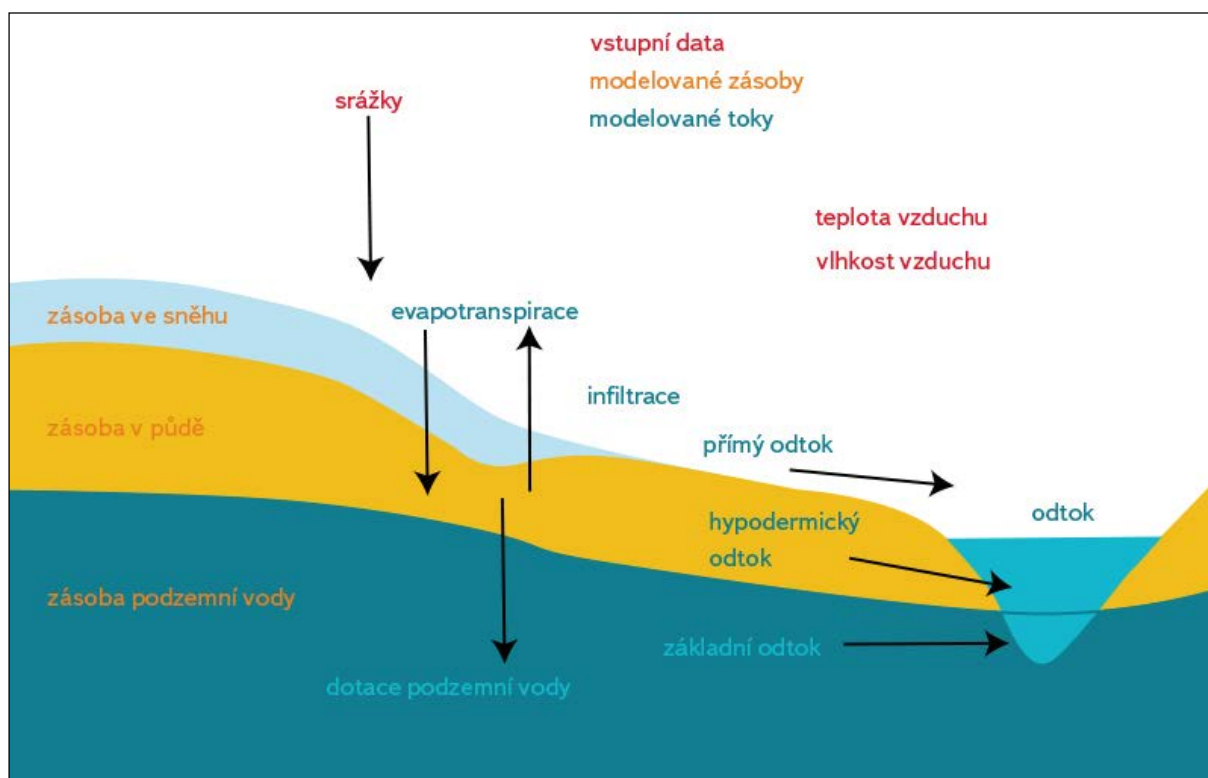
- 1) klimatologická data:
  - srážkové úhrny
  - teplota vzduchu
  - globální radiace
  - rychlost větru

- 2) vodohospodářská data:
  - průtok a jeho charakteristiky ( $M$ -denní vody)
  - manipulační řády nádrží
  - batygrafické křivky nádrže
  - data o užívání vod z databáze VÚV v měsíčním časovém kroku (1979–2016)
- 3) Zemědělské informace a charakteristiky půd:
- 4) Jiné:
  - satelitní data

Data jsou v denním kroku za období 1979–2016 (testovací období) a jsou pro model agregována na podrobnost vodních útvarů (pro mnoho veličin je původní informace podrobnější, která se následně agreguje). Jako testovací povodí pro vývoj systému bylo zvoleno povodí Vltavy.

## BILAN

Konceptuální model BILAN (Vizina 2015), simulující hydrologickou bilanci v denním či měsíčním časovém kroku, je ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka vyvíjen a používán od 90. let 20. století. Vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí v zóně aerace, do níž je zahrnut i vegetační kryt povodí, a v zóně podzemní vody. Jako ukazatel bilance toků energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i hypodermický odtok) a základní odtok. Schéma modelu je uvedeno na obr. 4.



Obr. 4 Schéma modelu Bilan.

V roce 2011 byla původní softwarová implementace modelu BILAN, napsaná v jazyce Object Pascal, kompletně přepsána do jazyka C++, čímž se výrazně zjednodušil další vývoj modelu. Zároveň byla vytvořena dvě rozhraní k modelu: grafické uživatelské rozhraní (GUI) založené na multiplatformní knihovně Qt a balík pro statistické a programovací prostředí R. Obě rozhraní se

vzájemně doplňují (individuální a hromadné zpracování). K dispozici je také online verze modelu na adrese <http://bilan.vuv.cz>. Model Bilan se využívá pro řešení mnoha komerčních a výzkumných projektů, jako jsou například projekty „Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu“ viz <http://rscn.vuv.cz> a „Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod“ viz <http://lapv.vuv.cz>.

### **SoilClim**

Základem pro provoz modelu SoilClim je využití databáze meteorologických prvků v denním kroku (maximální a minimální teploty vzduchu, sumy globální sluneční radiace, úhrnů srážek, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu) pro současné klima, která vychází z měření na jednotlivých stanicích v rámci celé ČR. Tyto hodnoty jsou interpolovány do gridů (500 m x 500 m) pokrývajících ČR. Pro tyto gridy jsou pak stanoveny hodnoty indikátory referenční a aktuální evapotranspirace (ET<sub>r</sub> a ET<sub>a</sub>), vodní bilance, vlhkosti a teploty půdy a popis půdního klimatu. Ve výpočtech SoilClimu je zohledněna retenční kapacita půdy (pro každý grid) ve dvou vrstvách (0–40 a 40–100 cm) a pravděpodobné zastoupení vegetace (dle informací o LandUse). SoilClim byl vyvinut jako modifikace přístupu FAO-56 (Allen et al. 1998) a pro podmínky České republiky byl kalibrován a validován Hlavinkou et al. (2011). Tento nástroj pracuje na modulární bázi (skládá se z několika samostatných modulů – sad algoritmu), kdy výstupy ze základních modulů jsou využity jako vstupy do navazujících výpočtů (viz obr. 5).

Prvním krokem výpočtu je odhad referenční evapotranspirace ET<sub>r</sub> pro hypotetický travní porost s využitím metody Penman-Monteith (Allen et al. 1998). Paralelně s odhadem ET<sub>r</sub> dochází na základě denních hodnot teploty vzduchu a srážkových úhrnů k odhadu výskytu sněhové pokrývky (vč. obsahu akumulované vody) modelem SnowMAUS (Trnka et al. 2010). Tímto způsobem jsou odhadovány i termíny a intenzita případného postupného tání sněhu, což je významný údaj pro korektní modelování vodní bilance v obdobích s možností výskytu sněhové pokrývky, přičemž je zohledněna i odhadovaná hodnota sublimace. SoilClim následně prostřednictvím kombinace výpočtů v denním kroku umožňuje modelovat obsah vody v půdě (pro každou ze dvou definovaných hloubek) s využitím tzv. kapacitního přístupu. Významnou roli zde sehraává odhad odběru vody aktuální evapotranspirací (ET<sub>a</sub>), který je dán dostupností půdní vlhkosti a vlastnostmi předpokládaného vegetačního krytu či povrchu. K tomuto je v modelu SoilClim využívána metoda tzv. crop koeficientů (K<sub>c</sub>) (Allen et al., 1998), které popisují vlastnosti daného povrchu vzhledem k referenčnímu trávníku. Hodnota K<sub>c</sub> se mění v průběhu sezony dle aproximovaného vývoje listové plochy a dalších vlastností vegetace.

### **WATERES**

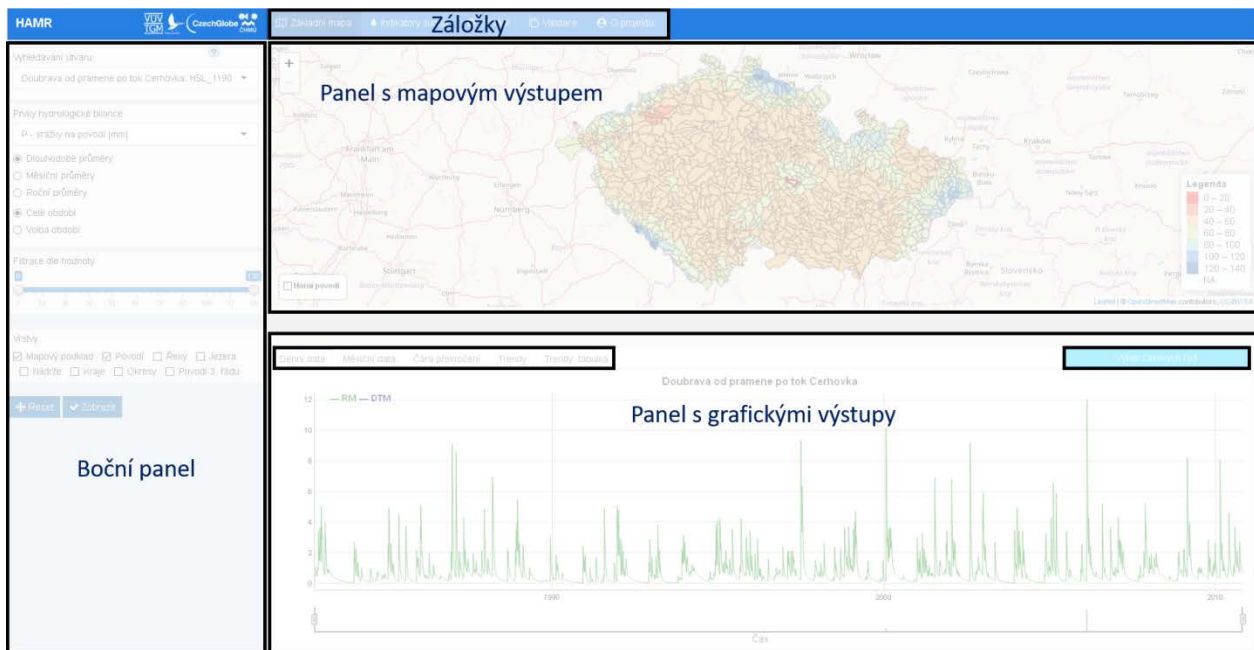
Model WATERES je vodohospodářský model vyvinutý ve VÚV TGM v Praze a je zaměřený na výpočet charakteristik a provádění simulací na vodních nádržích. Model je dostupný ve formě R balíku (volně stažitelný z GitHubu). Model WATERES lze využít k výpočtu:

- dlouhodobé vodní bilance nádrží a vodohospodářských soustav,
- charakteristik vodních nádrží a odhadu účinnosti vodní nádrže,
- nedostatkových objemů (pro posouzení sucha) v povodí nádrže a vodohospodářské soustavy,
- transformace povodňových vln.

Podrobnější informace o modelu jsou uvedeny na webových stránkách <http://lapv.vuv.cz>. Na obr. 6 je uvedeno ilustrační schéma vodohospodářské soustavy, ve kterém je také zobrazeno nakládání s vodami.







Obr. 7 Základní rozložení systému HAMR.

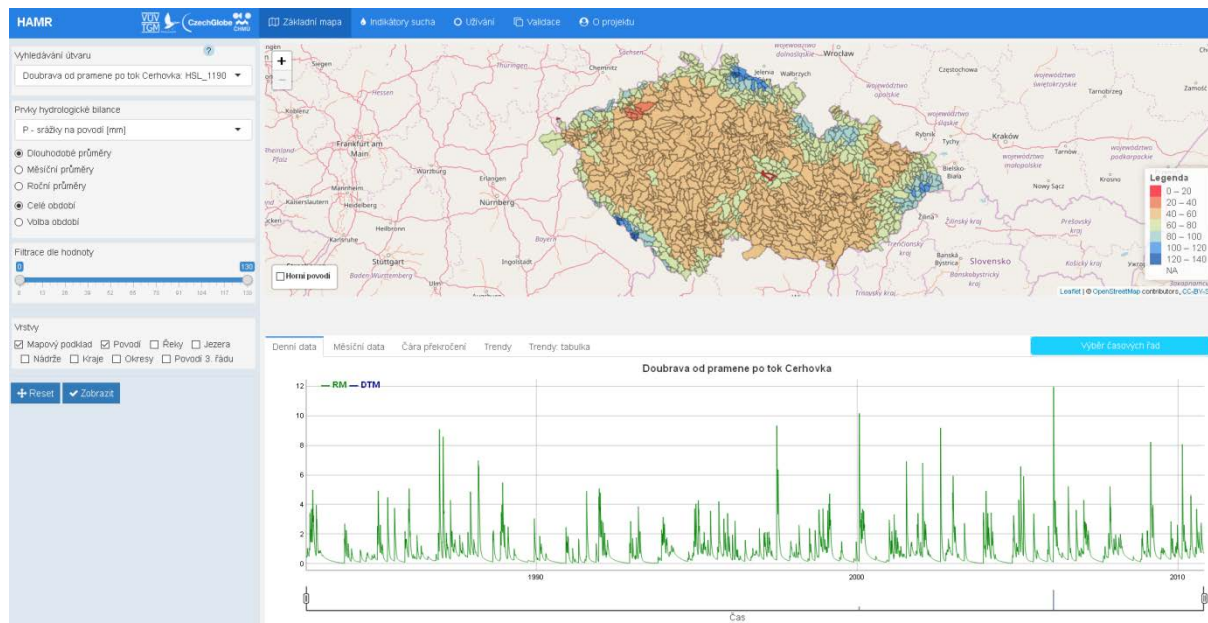
“Základní mapa” je první záložkou a zobrazí se ihned po spuštění aplikace. Obsahuje informace o hydrologické bilanci povodí České republiky. Záložka základní mapa je rozložena na boční panel, panel s mapovým výstupem a panel s grafickým výstupem.

V bočním panelu se nacházejí pole “Vyhledávání útvaru”, “Prvky hydrologické bilance”, “Filtrace dle hodnoty”, “Vrstvy” a tlačítka “Reset” a “Zobrazit”. Uživatel volí proměnnou hydrologické bilance, dle níž jsou zbarveny jednotlivá povodí, zobrazená na mapě. Hodnoty proměnné jsou agregovány do měsíčních a ročních kroků, lze je také vykreslit jako dlouhodobé průměry, tzn. průměry za celé období nebo za konkrétní periody po 30 letech: 1961–1990, 1971–2000 a 1981–2010. “Filtrace dle hodnoty” v počátečním stavu obsahuje všechny hodnoty zvolené proměnné a dále umožňuje nastavení rozsahu hodnot, který omezí vykreslená povodí. “Vyhledávání útvaru” je jedinou částí bočního panelu, která je propojená nejenom s mapou, ale i s grafickými výstupy. Mapové objekty jsou vykresleny pomocí Leaflet. Pro zvolené povodí se vypočítají časové řady z měsíčních a denních dat (pomocí balíčku dygraphs), čára překročení pro celé období, roční období a měsíce (pomocí balíčku Plotly) a trendy: grafické znázornění a tabulka s vyhodnocením statistické významnosti (ggplot2). Zvolené povodí se zvýrazní v mapě červeným okrajem. Kliknutím na jiné povodí se přepočítají grafické výstupy a název nově zvoleného povodí s jeho UPOV\_ID se promítne do pole “Vyhledávání útvaru”. Základní mapa je zobrazena na obr. 8.

### Indikátory sucha

Záložka “Indikátory sucha” (obr. 9) se skládá z bočního panelu, mapového panelu a grafického panelu. V bočním panelu se obdobně jako v záložce “Základní mapa” nachází pole “Vyhledávání útvaru” a “Vrstvy”. Dále v bočním panelu lze zvolit indikátor a krok, do kterého budou data agregována. Dále lze zvolit datum pro vykreslení mapy. Protože data mají měsíční časové měřítko, volba konkrétního dne v kalendáři nehraje pro vykreslení žádnou roli, ale volba data ve formátu “mm–YYYY” zatím není možná. Momentálně v mapě jsou zobrazeny indikátory SPI (Standardized Precipitation Index), SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) a PDSI (Palmer Drought Severity Index) a scPDSI (Self-calibrating Palmer Drought Severity Index), které jsou

počítány klouzavě s krokem 1, 3, 6, 9 a 12 měsíců. Povodí se dělí do 7 kategorií podle hodnoty příslušného indikátoru tak, aby se dostatečně projevila variabilita viz Tab. 1.



Obr. 8 Základní mapa systému.

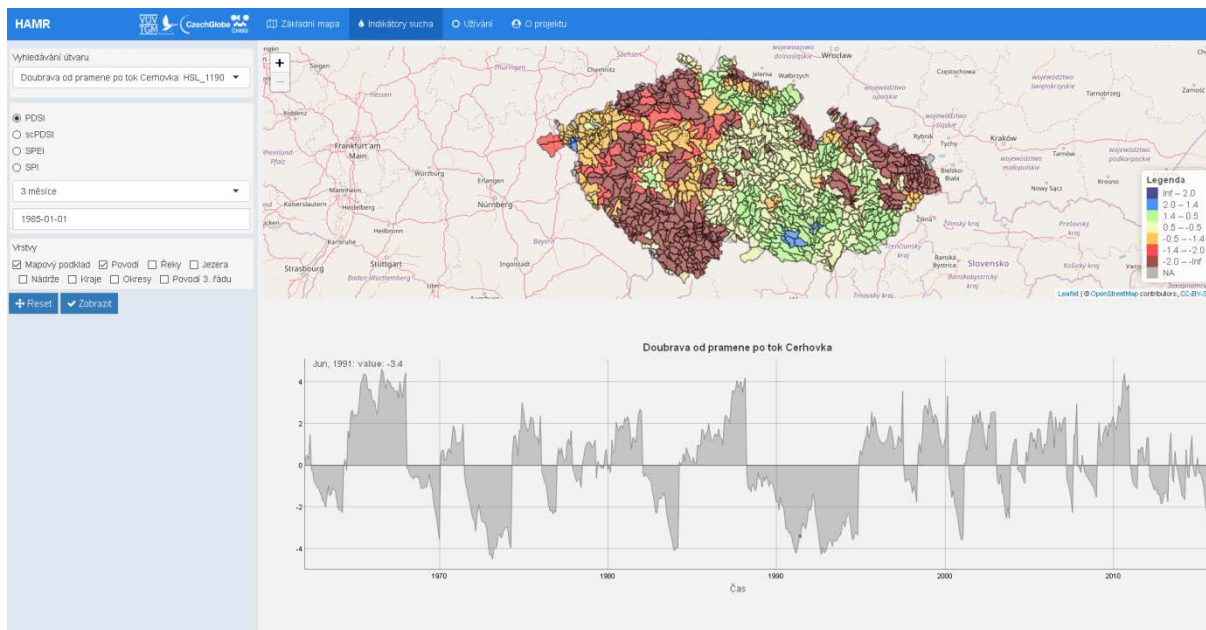
Tab. 1 Hodnocení intenzity sucha pro jednotlivé indikátory.

$\infty$ až 2,0	extrémně vlhké
2,0 až 1,4	silně vlhké
1,4 až 0,5	mírně vlhké
0,5 až - 0,5	bez výskytu sucha
- 0,5 až - 1,4	slabé sucho
- 1,4 až - 2,0	silné sucho
- 2,0 až $-\infty$	mimořádné sucho

Mapové objekty jsou vykresleny pomocí Leaflet. V grafickém panelu se vykresluje časová řada indikátoru pro zvolené povodí pomocí balíčku dygraphs.

## Užívání

Záložka “Užívání” obsahuje informace o užívání vody v ČR a je rozdělena do pěti částí: boční panel, panel s mapovým výstupem, dva panely s grafickými výstupy a jeden panel s tabulkovým výstupem. Boční panel obsahuje pole “Vyhledávání útvaru” a “Vrstvy”. Pole “Vrstvy” je rozšířeno o vrstvu “Odběratele”, avšak postrádá administrativní členění České republiky. Mapový panel spojuje místa odběru do shluků. Po přiblížení lze na bod kliknout. Po kliknutí se zobrazí popis s informací o odběrateli a vykreslí se časová řada odběrů. Kliknutím na povodí se obdrží informace o všech odběratelích v tabulkovém panelu a časová řada pro jednotlivé jevy v grafickém panelu (odběry z podzemních vod POD, odběry z povrchových vod POV či vypouštění VYP). Grafické panely jsou vytvořeny pomocí dygraphs. Tabulka je vytvořena pomocí balíčku DT a je interaktivní. Komponenta pro nakládání s vodou je na obr. 10.



Obr. 9 Komponenta indikátory sucha.

## Validace

Záložka “Validace” se dělí na tři části: boční panel, panel s mapovým výstupem a panel s grafickým výstupem. Boční panel obsahuje standardní pole “Vrstvy” a přepínač mezi následujícími možnostmi: denní průtoky, měsíční průtoky, přepínání parametrů a  $M$ -denní průtoky.

Mapový výstup denních průtoků obsahuje polohu 153 měrných stanic a grafický panel po zvolení konkrétní měrné stanice vytvoří časovou řadu pozorovaných a simulovaných průtoků, které lze vykreslit v denním, měsíčním a ročním kroku pomocí menu “Výběr časových řad” (nachází se v oblasti bočního panelu). Záložku grafického panelu lze přepnout z grafů na tabulky, které nejsou interaktivní. Tabulka denních průtoků obsahuje pouze základní přehled o datech (počet pozorování, střední hodnotu atd.).

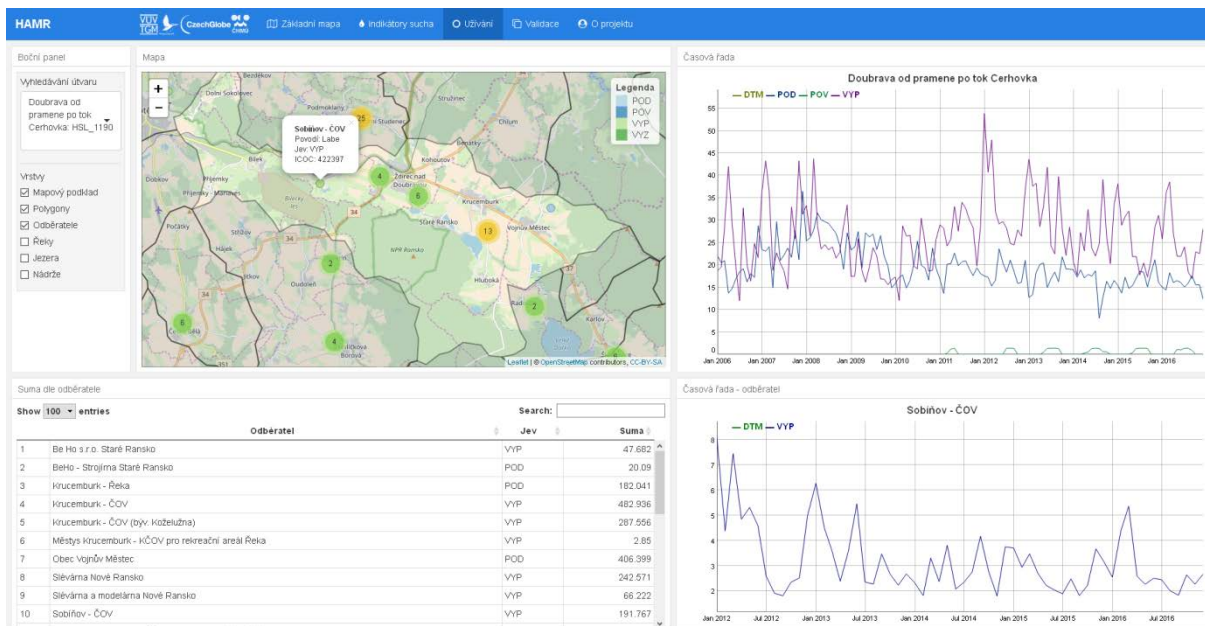
Mapový výstup měsíčních průtoků obsahuje pozice 542 vodoměrných stanic. Body vodoměrných stanic jsou propojeny s informacemi o UPOVu, do kterého spadají. Kliknutím na bod se objeví popisek stanice a vykreslí se horní povodí, obdobně jako v záložce “Základní mapa”. Graf obsahuje časové řady pozorovaných a simulovaných průtoků a tabulka obsahuje číselné vyhodnocení přesností simulovaných dat vůči pozorovaným datům. Výpočet je uskutečněn pomocí funkce  $gof()$  z balíčku `hydroGOF`<sup>2</sup>.

Po zvolení “Přepínání parametrů” se v bočním panelu objeví pole s nabídkou parametrů ( $Spa$ ,  $Alf$ ,  $Dgm$ ,  $Soc$ ,  $Mec$ ,  $Grd$ ). Momentálně “Přepínání parametrů” obsahuje pouze panel s mapovým výstupem pro vizualizaci plošného rozložení parametrů. UPOVy jsou zbarveny dle stávajících hodnot parametru (current).

Po zvolení  $M$ -denních průtoků se objeví v bočním panelu nabídka  $M$ -denních vod ( $Q_{30d}$ ,  $Q_{60d}$ ,  $Q_{90d}$ ,  $Q_{120d}$ ,  $Q_{150d}$ ,  $Q_{180d}$ ,  $Q_{210d}$ ,  $Q_{240d}$ ,  $Q_{270d}$ ,  $Q_{300d}$ ,  $Q_{330d}$ ,  $Q_{355d}$ ,  $Q_{364d}$ ). Také se objeví pole “Vyhledávání útvaru”, které propojuje mapový a grafický panel. Útvary mapového výstupu se zbarvují dle hodnoty proměnné, kterou zvolí uživatel. Grafickým výstupem je `Plotly` objekt, který obsahuje seřazené hodnoty pozorovaných a simulovaných  $M$ -denních průtoků pro zvolené povodí. Tabulkový výstup obsahuje tytéž hodnoty. Komponenta je na obr. 11.

<sup>2</sup> Dokumentace balíčku je dostupná na adrese <https://cran.r-project.org/web/packages/hydroGOF/hydroGOF.pdf>

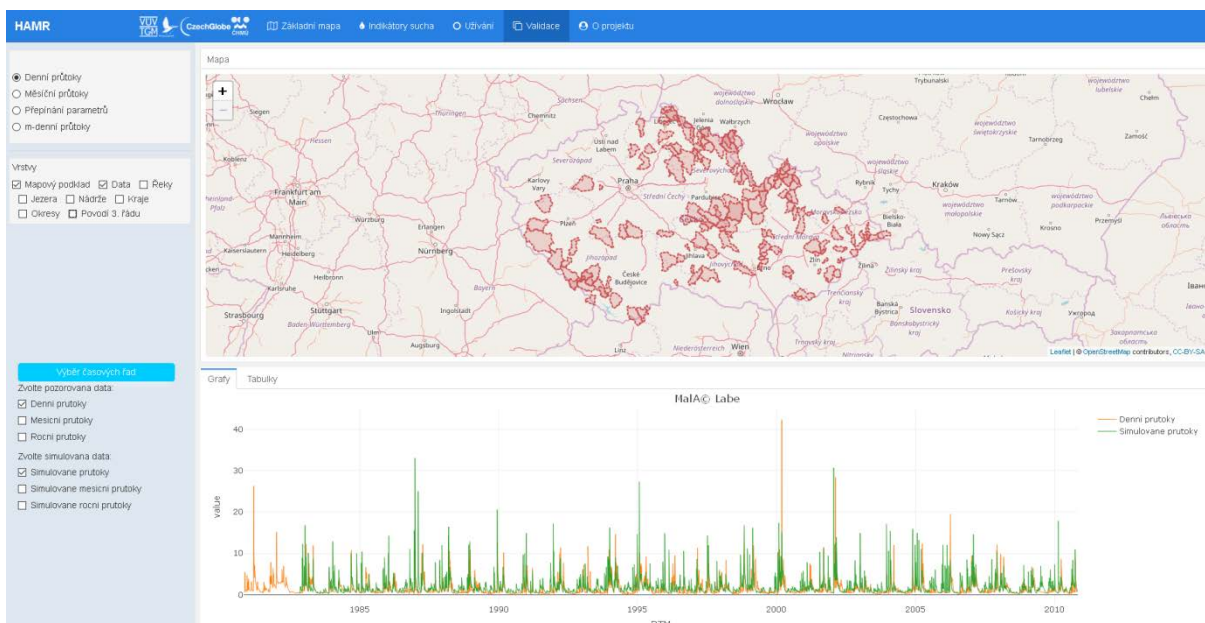




Obr. 10 Komponenta nakládání s vodou.

## Diskuze a závěr

V předloženém příspěvku je ukázka navrženého systému, který by měl být v letošním roce zprovozněn v testovacím režimu, tzn., bude provedeno propojení jednotlivých komponent modelu a model bude kalibrován v rozlišení vodních útvarů. Vzhledem k tomu, že model teprve vzniká, tak není možné prezentovat jeho konkrétní výsledky. Dalším cílem je propojení modelu s aktuálními daty, tzn. propojení na databázi ČHMÚ a tvorbu předpovědi hydrologické a vodohospodářské bilance pro období následujících několika týdnů.



Obr. 11 Komponenta validace průtoků a parametrů hydrologického modelu.



## Poděkování

*Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky a na základě výsledků různých výzkumných úkolů.*

## Literatura

ALLEN, M., 1999. Do it yourself climate prediction. *Nature*, Vol. **401**, No. 642.

BLINKA, P., 2004. Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876–2003. Seminář „Extrémny počasí a podnebí“, Brno.

BRÁZDIL, R., TRNKA, M., MIKŠOVSKÝ, J., ŘEZNÍČKOVÁ, L., DOBROVOLNÝ, P., 2015. Spring-summer droughts in the Czech Land in 1805–2012 and their forcings. *International Journal of Climatology*, Wiley, roč. **35**, č. 7, s. 1405–1421. ISSN 1097-0088. doi: 10.1002/joc.4065.

BRATRŠOVSKÁ, L., 2013. Vyhodnocení propagace sucha hydrologickým cyklem na povodí Tiché Orlice a Střely – Diplomová práce. ČZU, Praha.

GARANGANGA, B., 1999. Role of regional climate system monitoring and prediction in drought management. In Proceedings of the International Conference on Integrated Drought Management: Lessons for Sub-Saharan Africa, 20–22.

HAYES, M. J., 2000. Drought indices. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska.

KUNDZEWICZ, Z. W., 1997. Water resources for sustainable development. *Hydrological Sciences Journal*, 42(4), 467–480.

PANU, U., SHARMA, T., 2002. Challenges in drought research: some perspectives and future directions. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. **47**(S1), S19–S30.

PETERS, E., 2003. Propagation of drought through groundwater systems: illustrated in the Pang (UK) and Upper-Guadiana (ES) catchments. Wageningen Universiteit.

TRNKA, M., SEMERÁDOVÁ, D., EITZINGER, J. et al., 2003. Selected methods of drought evaluation in South Moravia and Northern Austria. XI International poster day. Transport of water, chemicals and energy in soil-crop atmosphere system, Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia.

VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M., 2015. Nové možnosti modelu Bilan. *VTEI*, roč. **55**, s. 4–5.

VIZINA, A., HANEL, M., MELIŠOVÁ, E., 2015. Analýza propagace sucha pomocí generátoru počasí. *Vodní hospodářství*, roč. **56**, č. 6, s. 5–11. ISSN 1211-0760.

WANDERS, N., VAN LANEN, H., VAN LOON, A. F., 2010. Indicators for drought characterization on a global scale.

WILHITE, D. A., 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Drought, a global assessment*, 1, 3–18.

WITT, J. L., 1997. National Mitigation Strategy: Partnerships for Building Safer Communities. Diane Publishing.

# KATALOG PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ A WEBOVÁ APLIKACE TYPOVÁ OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ

*Miriam Dzuráková, Pavla Štěpánková, Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, v. v. i.*

## Úvod

**Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině** (dále jen „katalog opatření“) představuje metodickou pomůcku pro návrhy systému opatření při adaptaci území na projevy extrémních hydrologických situací – především sucha a povodní. Tyto dva extrémy nelze od sebe oddělovat, už z toho důvodu, že každé plánované opatření by mělo pokud možno plnit co nejvíce účelů. Přírodě blízká opatření mají za cíl především zadržení vody v krajině a tím pádem jsou podporou při zvládnutí obou výše zmiňovaných hydrologických jevů.

Katalog opatření obsahuje vzorová opatření a měl by napomoci k jednotnému přístupu při přípravě, návrhu a zpracování účinných systémů opatření v rámci hydrologického celku. Cílem katalogu opatření je představit možná řešení a nastínit jejich využití v území včetně popisu jejich případných vlivů na složky životního prostředí i společnost.

Sestavení vlastního katalogu opatření vycházelo z podkladů a poznatků projektů a úkolů řešených ve VÚV TGM, v. v. i., a to především:

- Podpora výkonu státní správy v problematice sucha (Ministerstvo životního prostředí, 2016–2018),
- Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice (Ministerstvo životního prostředí, financováno z Operačního programu Životní prostředí, 2014–2015),
- Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekonomické udržitelnosti (Ministerstvo zemědělství, projekt QJ1520268, 2015–2018).

Katalog opatření je v souladu se strategickým dokumentem „Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky“ schváleného dne 24. července 2017 usnesením vlády č. 528/2017. Jednou z příloh Koncepce je seznam plošných a liniových opatření na zemědělské a lesní půdě a opatření na tocích a údolních nivách, která jsou obecně vhodná pro zadržení vody v krajině. Z obsahu této přílohy katalog vychází.

Katalog opatření je určen pro zpracovatele studií proveditelnosti, projektanty pozemkových úprav, zástupce státní správy a samosprávy a v neposlední řadě i pro širokou odbornou a laickou veřejnost. Měl by se stát nedílnou součástí plánovacích procesů, ať již podle Rámcové směrnice EU (2000/60/ES) nebo Povodňové směrnice (2007/60/ES), kde by měl doplnit již stávající katalogy opatření.

## Druhy a typy opatření

Katalog opatření vymezuje pět druhů opatření, které byly hodnoceny z hlediska účinnosti a efektivnosti. Těchto pět druhů zahrnuje celkem 26 typů opatření (tab. 1). Některé typy jsou dále členěny na detailní typy (např. malé vodní nádrže, průlehy, příkopy) nebo komponenty (např. revitalizace). Katalog opatření je doplněn o dva další informační listy Agrolesnická opatření a Hospodaření s dešťovou vodou. Do katalogu byly zařazeny pro ucelený pohled na zadržování vody v krajině.

Tab. 1 Vymezení druhů a typů opatření.

Druh opatření	Typ opatření	Detailní typ opatření
PLOŠNÁ OPATŘENÍ NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ	organizační	návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku
		trvalé zatravnění a zalesnění
		protierozní osevní postupy a protierozní rozmísťování plodin
		pásové střídání plodin
	agrotechnická	technologie ochranného zpracování půdy
		hrázkování/důlkování
		mulčování
		setí do krycí plodiny
	opatření na speciálních kulturách	zatravnění meziřadí
		hrázkování/důlkování meziřadí
		mulčování
		vrstevnicový směr výsadby
BIOTECHNICKÁ OPATŘENÍ	průleh	záchytný
		svodný
		zasakovací (retenční)
	příkop	záchytný
		svodný
		zasakovací (retenční)
	zasakovací pás stabilizace dráhy soustředěného odtoku	
	hrázky	záchytné zasakovací (retenční)
	meze	
	přehrážky	
	terasy	
	větrolamy	
MALÉ VODNÍ NÁDRŽE	malé vodní nádrže	vodárenské
		závlahové
		retenční suché
		retenční nádrže s malým zásobním prostorem
		čistící a usazovací
		krajinotvorné nádrže ležící mimo vodní tok
OPATŘENÍ V LESÍCH	tvorba polyfunkčního lesa s pestrou dřevinnou skladbou	
	omezení smrku ve 3. a 4. LVS	
	podpora hospodářských způsobů s trvalým půdním krytem s dlouhou nebo nepřetržitou obnovní dobou	
	vhodné postupy při těžbě a důsledná sanace po těžebních či jiných technologických narušení půdy	
	nízký les	
	ochranné lesní pásy kolem vodohospodářsky významných vodních toků	
	hrazení strží	
	hrazení bystřin	
	ochrana lesních pramenů a pramenišť	
OPATŘENÍ NA TOCÍCH A V NIVÁCH	opatření na tocích v nezastavěných územích	
	opatření na tocích v zastavěných územích	
	opatření v údolních nivách toků	
	mokřadní biotopy	

Každé opatření je popsáno pomocí jednotné struktury katalogového listu (tab. 2). Případného uživatele katalogu seznamuje se základními charakteristikami konkrétního opatření, jeho přínosy a případně i negativními vlivy na různé složky životního prostředí a společnost. Struktura katalogového listu vychází částečně i z katalogu pro plánování dle Rámcové směrnice (MZe 2005).

Tab. 2 Struktura katalogového listu.

Katalogový list opatření				
ID opatření				
Druh opatření				
Typ opatření				
Popis				
Technické parametry				
Podmínky realizace				
Možné střety				
Interakce/synergie				
Stanovení nákladů				
Časové hledisko	Příprava a realizace	krátkodobá	0–3 let	
		střednědobá	4–6 let	
		dlouhodobá	7 a více let	
Rychlost efektu		krátkodobá	0–3 let	
		střednědobá	4–6 let	
		dlouhodobá	7 a více let	

#### Řez/situace

Pokud je k dispozici

#### Fotodokumentace příkladů realizací

Pokud je k dispozici

Hodnocení vlivu opatření	
Detailní typ	
Charakteristika	
A) Vliv na kvantitu vody	
B) Vliv na hydromorfologii toku	
C) Vliv na kvalitu vody	
D) Vliv na vodní a vodu vázané ekosystémy	
E) Vliv opatření na krajinu a suchozemské ekosystémy	
F) Socio-ekonomický dopad	
N) Ekonomické náklady na realizaci a údržbu	

Katalogový list se skládá z následujících částí:

**Popis** – Popis opatření, včetně jeho možných modifikací.

**Technické parametry** – Technické parametry, které často vycházejí z platných nebo i závazných předpisů – normy, metodiky apod.

**Podmínky realizace** – Jsou uváděny základní podmínky, za kterých je možné opatření realizovat.

**Možné střety** – Popisuje možné střety, ke kterým může docházet při realizaci opatření, např. zábor zemědělské půdy, zvýšení náročnosti obdělávání pozemků apod.

**Interakce/synergie** – Jednotlivá opatření je často nezbytné navrhovat společně s dalšími prvky tak, aby bylo dosaženo požadovaného účinku. Naopak, v některých případech může docházet k negativním dopadům na další složky životního prostředí, např. malé vodní nádrže umístěné na toku mohou ovlivňovat průtoky pod nádrží.

**Stanovení nákladů** – Tam, kde je to možné, jsou uváděny řádově náklady na realizaci opatření. Jedná se o velmi hrubé odhady, které je třeba upřesnit pro konkrétní návrhy pro konkrétní lokalitu.

**Časové hledisko** – Odhad časové náročnosti realizace opatření rozdělený na tři časové horizonty (krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé). Podobným způsobem je uváděna i rychlost efektu daného opatření.

**Řez/situace** – Schématické zobrazení technického řešení opatření, pokud je relevantní.

**Fotodokumentace příkladů realizací** – Ukázka realizace opatření, pokud je k dispozici. Snahou je uvést příklady pro všechny popisované detailní typy opatření v rámci každého katalogového listu.

**Hodnocení vlivu opatření** – Byla zpracována podrobná analýza vlivu jednotlivých typů opatření na šest skupin indikátorů (tab. 3). Slovní hodnocení vlivu opatření uvedené v katalogovém listu prezentuje pohledy, které byly při analýze efektivnosti brány v potaz.

Tab. 3 Indikátory pro hodnocení vlivu opatření a jejich rozdělení do skupin.

Skupina	Indikátory
<b>A) Vliv na kvantitu vody</b>	snížení objemu odtoku snížení rychlosti odtoku zvýšení vsaku do půdního profilu a podzemních vod vytvoření zásoby vody pro využití v období sucha nadlepšování průtoků v období sucha
<b>B) Vliv na hydromorfologii toku</b>	podpora přirozené struktury dnových sedimentů habitatová diverzita (refugia pro vodní organismy) zvýšení migrační prostupnosti podpora přirozeného vývoje vodního toku
<b>C) Vliv na kvalitu vody</b>	podpora samočisticích procesů omezení eutrofizace povrchových vod omezení vnosu znečištění cizorodými látkami snížení odnosu půdy do povrchových vod
<b>D) Vliv na vodní a vodu vázané organismy</b>	vliv na ryby vliv na makrozoobentos vliv na fytoobentos vliv na cévnaté rostliny vliv na obojživelníky
<b>E) Vliv na krajinu a suchozemské ekosystémy</b>	snížení erozní činnosti tvorba nových biotopů podpora biodiverzity rozčlenění obhospodařovaných ploch do menších celků zlepšení migrační prostupnosti



## F) Socio-ekonomický dopad

podpora rekreace a turistiky  
zvýšení estetické hodnoty území  
snížení degradace půdy a dopadů eroze  
zvýšení pracovních příležitostí pro místní obyvatele  
podpora živočišné výroby  
změna mikroklimatu

---

Celkem bylo vytvořeno 13 katalogových listů pro opatření na zemědělské půdě a samostatný list pro malé vodní nádrže (MVN). Opatření na lesní půdě jsou uvedena na celkem 9 katalogových listech a pro opatření na tocích a v nivách existují 4 katalogové listy. U některých typů opatření (např. průleh, organizační, agrotechnická) existují ještě podrobnější modifikace (např. záchytný průleh apod.), která jsou podrobněji charakterizována v jednotlivých katalogových listech jako detailní typy. List pro MVN obsahuje popis 6 detailních typů vycházejících z normy ČSN 75 2410 a to těch, které se ukázaly jako vhodné pro účely řešení zadržování vody v krajině. Tam, kde to bylo relevantní, byla doplněna fotodokumentace vzorových příkladů opatření, popř. jejich schématické nákresy. Dokument je volně dostupný ke stažení na informačním portálu <http://suchovkrajine.cz/>.

## Webová aplikace Typová opatření pro zadržování vody v krajině

Interaktivní webová mapová aplikace si klade za cíl ukázat uživateli možnosti, jak zlepšit zadržování vody v krajině v určitém území pomocí vzorových příkladů. Aplikace obsahuje soubor tzv. vzorových lokalit s realizovanými nebo navrženými komplexy opatření a dle analýzy vybraných charakteristik zájmového území zvoleného uživatelem ukazuje možnosti (varianty/návrhy) optimálního řešení.

Celkem bylo vybráno 17 vzorových lokalit pro opatření na zemědělské půdě a 11 vzorových lokalit pro toky a nivy mimo zastavěné území. Vhodné úpravy toků v intravilánu jsou popsány pomocí jednoho informačního listu, který uvádí více příkladů. Vzorové lokality pro lesní půdu budou doplněny v následné fázi.

Pro celé území České republiky byla provedena klastrová analýza vybraných fyzicko-geografických charakteristik vztažených k povodím 4. řádu. Na výsledcích této analýzy byla založena kategorizace území, kde každé povodí 4. řádu náleží do určité kategorie a tu reprezentuje jedna, nebo více, vzorových lokalit.

Uživatelé v rámci aplikace získají představu, jakým způsobem je ve vybraném území možné řešit zadržování vody v krajině. Po výběru zájmového území (povodí 4. řádu) dostanou informace, která opatření jsou vhodná pro zemědělskou půdu nebo vodní toky a jejich nivy. Toto řešení je reprezentováno vybranou vzorovou lokalitou, ke které je v rámci aplikace k dispozici základní popis jednotlivých opatření, fotodokumentace a situační nákres umístění opatření v prostoru. Pro jednotlivá opatření je možné také zobrazit katalogový list s jeho základními charakteristikami.

Aplikace „Typová opatření pro zadržování vody v krajině“ je přístupná na webovém portálu „Sucho v krajině“ v sekci „Mapové kompozice“ (<http://www.suchovkrajine.cz/mapove-kompozice>).

## Literatura

MZE, 2005. Katalog opatření. Dostupné na WWW:  
[http://eagri.cz/public/web/file/36941/pruvodni\\_zprava.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/36941/pruvodni_zprava.pdf) a  
[http://eagri.cz/public/web/file/36961/katalogove\\_listy.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/36961/katalogove_listy.pdf)

# PŘÍPRAVA NAŘÍZENÍ VLÁDY PRO STANOVENÍ HODNOT MINIMÁLNÍCH ZŮSTATKOVÝCH PRŮTOKŮ

*Pavel Balvín, Adam Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, v. v. i.*

## Souhrn

Nový metodický přístup stanovení minimálních zůstatkových průtoků (dále jen MZP) slouží jako podklad pro Nařízení vlády ČR a samozřejmě vyvolává širokou diskusi nad jejím dopadem, a to jak z hlediska ochrany přírody, tak rovněž, a to především z hlediska jejího dopadu na nakládání s vodami a hospodaření na nádržích. Už v počátcích řešení a hledání nového přístupu bylo jasné, že nebude možné najít ideální rovnováhu a uspokojit všechny zúčastněné. Problematika MZP totiž vyvolává přirozený rozpor mezi nakládáním s vodami a ochranou přírody a jen u minima případů lze nalézt ideální kompromis, který by uspokojil všechny zúčastněné. Článek předkládá souhrn poslední verze způsobu stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků, dokumentuje zvolený přístup a porovnává změny hodnot MZP s původním metodickým pokynem z roku 1998.

## Úvod

Novela zákona č. 254/2001 Sb. byla zásadním impulsem pro přehodnocení dosavadního přístupu k problematice minimálních zůstatkových průtoků. Novela § 36 pověřila MŽP ČR vypracovat nařízení vlády o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku. MŽP ČR následně pověřilo VÚV TGM, v. v. i. přehodnocením dosavadního přístupu používaném v metodickém pokynu MŽP ČR z roku 1998. VÚV TGM, v. v. i. byl zároveň pověřen, aby do způsobu stanovení MZP implementoval nové postupy a kritéria, která by více zohledňovala hydrologickou variabilitu jednotlivých regionů ČR, sezonně rozdělila velikost MZP během roku a posoudila velikost MZP hlediska tzv. ekologických průtoků.

Minimálním zůstatkovým průtokem se podle § 36 vodního zákona rozumí průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s vodami a ekologické funkce vodního toku. Novela vodního zákona ukládá vodoprávním úřadům stanovit hodnotu minimálního zůstatkového průtoku s přihlédnutím k podmínkám vodního toku, charakteru nakládání s vodami a k opatřením k dosažení cílů ochrany vod přijatých v plánu povodí. Tyto požadavky dané zákonem bylo třeba zohlednit v návrhu nového metodického přístupu, který bude sloužit jako podklad pro zpracování nařízení vlády. Nově navržený koncept vychází z doposud platného metodického pokynu Odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zásadám stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích z roku 1998 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** S cílem lepšího zohlednění požadavků vodních ekosystémů, ekosystémů vázaných na vodní prostředí, environmentálních standardů používaných v jiných zemích EU a požadavků MŽP ČR, byl oproti původnímu pokynu uplatněn regionální přístup ke stanovení hodnoty MZP, hodnota MZP je proměnná v roce a při jejím stanovení se přihlíží i k cíli ochrany vod pro dotčený vodní útvar.

Velikost minimálního zůstatkového průtoku má značný vliv na ekologický i na chemický stav vodního útvaru dotčeného nakládáním s vodami, neboť zajišťuje přežití vodních a na vodu vázaných ekosystémů v období sucha a zajišťuje dostatečné ředění vypouštěných vod. V tomto kontextu je možné se v literatuře setkat s termínem ekologický (environmentální) průtok. Velikost ekologického průtoku je zpravidla stanovována na základě znalosti specifík dané lokality, ke kterým patří např. struktura ekosystému (převažující, chráněné druhy organismů a rostlin), hydromorfologie dotčeného úseku toku, výskyt habitatů atd. Pro stanovení velikosti ekologického průtoku existuje řada expertních metod, které však v každém případě vyžadují odborné posouzení konkrétní lokality a jsou často časově i finančně náročné. Není tedy možné je doporučit pro rutinní stanovení hodnoty MZP vodoprávním úřadem pro všechna povolovaná nakládání s vodami. Při

odvození nové metodiky stanovení minimálního zůstatkového průtoku byla snaha přiblížit se co nejvíce konceptu ekologického průtoku (EC 2015), ale zároveň vypracovat metodu uplatnitelnou v praxi.

## Data

Pro návrh nového způsobu stanovení MZP byly k dispozici statistické charakteristiky průtoků pro 276 vodoměrných stanic z celé ČR za období 1981–2010, které byly pořízeny od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Sledované charakteristiky zahrnovaly velikost dlouhodobého ročního průměrného průtoku,  $p$ -procentní a  $M$ -denní průtoky, koeficient variace a asymetrie řady denních průtoků, hodnoty průměrného průtoku v jednotlivých měsících v roce a hodnoty pravděpodobnostního pole průměrných měsíčních průtoků. Střední hodnota velikosti plochy povodí vybraných vodoměrných stanic činí 222 km<sup>2</sup>.

ČHMÚ stanovuje  $M$ -denní průtoky na základě pozorovaných hodnot, které odpovídají přirozenému nebo více či méně ovlivněnému hydrologickému režimu. I když je pro výpočet MZP doporučeno vycházet právě z odovlivněných hodnot hydrologických charakteristik, bylo nutno přistoupit k pragmatickému řešení a ve výsledném nařízení vlády budou použity pouze hydrologické charakteristiky odvozené z pozorovaných, tedy mnohdy ovlivněných průtoků.

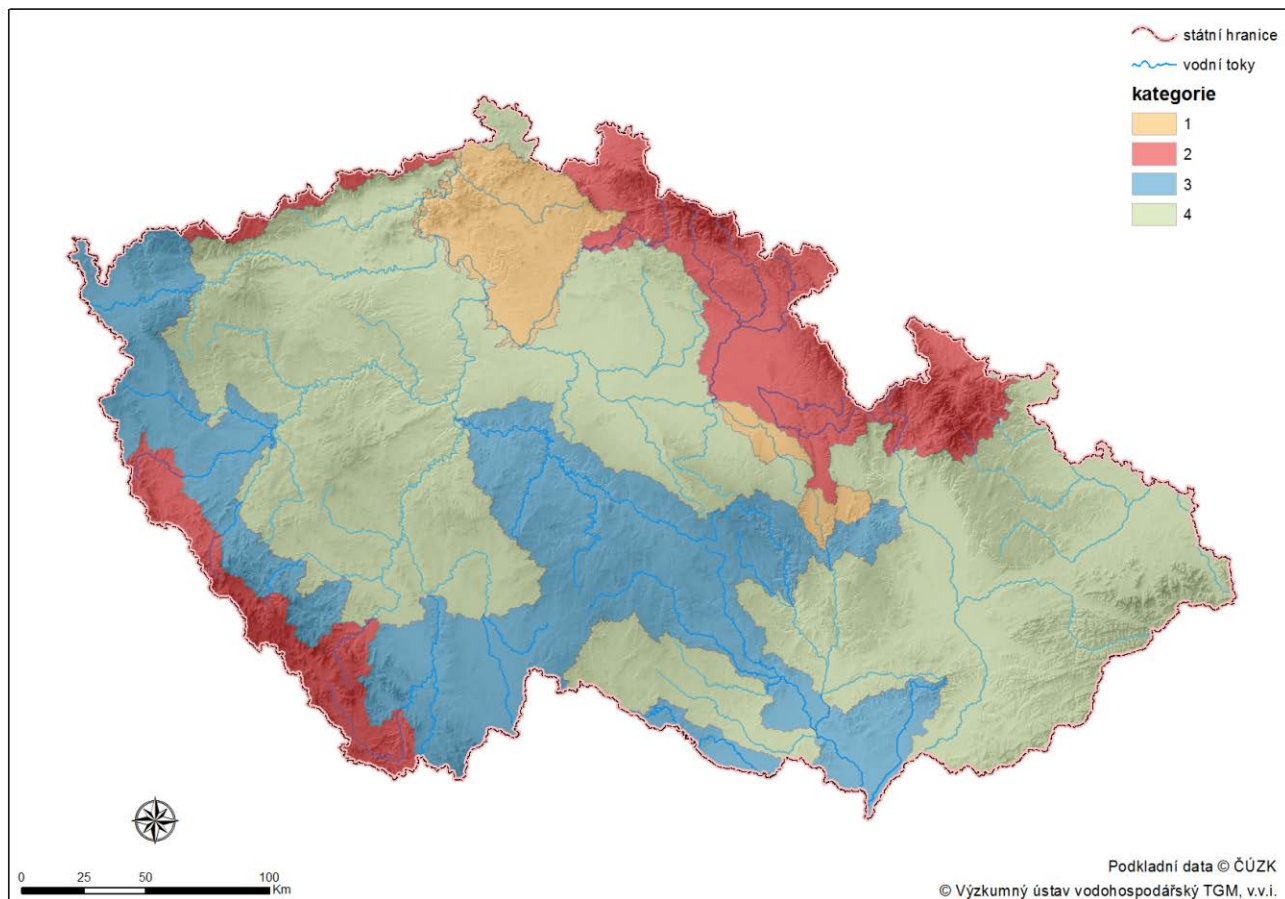
Tento pragmatický přístup byl v počátcích považován za jediný možný, ale postupem času byl silně kritizován, a to především v souvislosti se stanovením MZP na vodních dílech sloužících k akumulaci vod.

## Návrh regionálního rozdělení ČR

Zohlednění přírodních podmínek toku při návrhu regionalizace ČR bylo založeno především na uvážení klíčových procesů podílejících se na tvorbě celkového odtoku z povodí. Bylo třeba vymezit oblasti, kde si celkový odtok po většinu roku zachovává vyrovnaný charakter, a tedy nedochází k výraznému poklesu vodnosti toku v létě a na začátku podzimu. Jedná se především o oblasti, kde je celkový odtok po většinu roku dotován ze zásob podzemních vod, nebo o oblasti, kde je celkový odtok z velké míry tvořen především povrchovým odtokem z dešťových srážek. Na druhou stranu bylo třeba vymezit oblasti, které mohou být potenciálně zranitelné vůči suchu, kde je celkový odtok během roku výrazně nevyrovnaný. Pro návrh regionalizace byl vybrán parametr  $K_{99}$ , který udává poměr mezi průměrným denním průtokem s pravděpodobností překročení 99 % během referenčního období a hodnotou průměrného dlouhodobého průtoku  $Q_a$  za stejné období. Čím vyšší je hodnota parametru, tím vyrovnanější chod průtoků během roku můžeme předpokládat.

Hodnoty parametru  $K_{99}$  v testovaných vodoměrných stanicích byly vykresleny do mapy hydrogeologických rajonů. Na základě souvislosti hodnot parametru  $K_{99}$ , hydrogeologických poměrů a nadmořské výšky bylo navrženo rozdělit území ČR do čtyř typů kategorií. Samostatnou třídu tvoří kategorie křídových sedimentů, které představují drenážní báze a kde základní odtok, tj. odtok ze zásob podzemních vod, tvoří podstatnou část celkového odtoku. Patří sem pravostranné přítoky Labe, horní Metuje, Loučná, pramenné oblasti Svitavy a Třebůvky, Říčka. Hodnota parametru  $K_{99}$  je v těchto oblastech zpravidla větší než 0,18. Druhou třídu tvoří horská území, která jsou rovněž relativně vodná. Vyrovnaný charakter odtoku je zde dán především vysokými srážkami. Hodnota parametru  $K_{99}$  je v těchto územích zpravidla větší než 0,15. Do této třídy byly zařazeny především Krkonoše a Jizerské hory, Šumava, Jeseníky, vrcholky Krušných hor a dále do této kategorie byla klasifikována i část povodí Tiché Orlice, která má obdobně vyrovnaný charakter. Třetí kategorii představují oblasti tvořené převážně krystalinickými strukturami, které se nacházejí v podhůří pohraničních pohoří a v oblasti Českomoravské vrchoviny. Jedná se o území s velmi podobným průběhem čáry překročení jako u třídy 2. Vzhledem k nižší nadmořské výšce než, která je

dosahována v oblastech kategorie 2, zde dochází k dřívějšímu nástupu období jarního tání. Také srážky jsou zde nižší než u kategorie 2. Hodnota parametru  $K_{99}$  se v těchto oblastech zpravidla pohybuje od 0,1 do 0,15. Do čtvrté kategorie byly klasifikovány oblasti, které se vyznačují výrazně nevyrovnaným režimem průtoků během roku, kde hodnota parametru  $K_{99}$  je menší než 0,1. Mapa rozdělení ČR do jednotlivých kategorií je na obr. 1.



Obr. 1 Rozdělení ČR do 4 kategorií podle  $K_{99}$ .

## Návrh způsobu stanovení MZP dle nových kritérií

Navržený způsob stanovení MZP má dostatečně respektovat potřeby vodních ekosystémů a ekosystémů na vodu vázaných. V první řadě proveden rozbor existujících studií zaměřených na stanovení hodnoty MZP s využitím expertní metody „Instream Flow Incremental Methodology“ (Bovee 1998), v podmínkách ČR. Jedná se o metodu, která využívá pro stanovení hodnoty MZP výsledky rekognoskace zájmového úseku toku z hlediska jeho hydraulických parametrů, charakteru habitatu a vyskytujících se živočišných a rostlinných druhů. Metoda zahrnuje simulaci vážené využitelné plochy habitatu při různě velkých průtocích. Výsledky simulačního modelování jsou dále uplatněny při diskuzi nad volbou kompromisní úrovně MZP, která umožní zachování stávajících ekosystémů a zároveň umožní rozumnou míru nakládání s vodami“ (Balvín, Mrkvičková 2011). Odvození hodnoty MZP pomocí metody IFIM trvá zpravidla 1,5 až 2 roky a vyžaduje opakovaný sběr biologických a hydraulicko-hydrologických dat z úseku toku, který bude dotčený navrhovaným nakládáním. Rešerše zahrnovala 15 lokalit v ČR a vedla k závěru, že výsledná ideální hodnota MZP se ve většině případů pohybovala na úrovni průtoku s pravděpodobností překročení 330 dní v roce.

Studie provedené na základě metody IFIM byly většinou zpracovány pro lokality v oblastech kategorií 2 a 3, tedy horských a podhorských oblastech. Pro tyto kategorie platí, že hodnota  $Q_{330d}$  činí přibližně 26–31 %  $Q_a$  (viz tab. 1). Z tabulky je rovněž patrné, že pro kategorii 1 odpovídá průtok o velikosti 30 %  $Q_a$   $M$ -denní průtok s dobou překročení 364 dní v roce, zatímco pro stanice v zařazené do kategorie 4 by se jednalo o průtok s dobou překročení přibližně 300 až 270 dní v roce. Pro návrh metody stanovení MZP byl dále uvažován orientační požadavek, aby MZP činilo přibližně 20–30 %  $Q_a$ . Tento požadavek je v souladu se závěry dokumentu „Environmental Flows as a tool to achieve the WFD Objectives – discussion paper“ **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** V prvních pracovních verzích tohoto dokumentu bylo doporučeno pro dosažení dobrého ekologického stavu zajistit ekologický průtok v rozsahu 25–50 %  $Q_a$ , navržená úroveň 20–30 % tedy představuje dolní hranici z daného rozpětí. Nicméně, zde je nutno podotknout, že v současné době již nejsou tyto hodnoty v dokumentu uváděny. Vzhledem k výše uvedeným faktům bylo rozhodnuto, že pro výpočet hodnoty MZP bude odvozován od hodnoty průtoků s pravděpodobností překročení 330 dní v roce.

Tab. 1 Podíl hodnoty  $M$ -denního průtoků s danou dobou překročení a průměrného dlouhodobého průtoků – průměr pro pilotní vodoměrné stanice zaříděné do jednotlivých kategorií

Kategorie	$M$ -denní $Q/Q_a$ [-]						
	$Q_{210d}$	$Q_{240d}$	$Q_{270d}$	$Q_{300d}$	$Q_{330d}$	$Q_{355d}$	$Q_{364d}$
1	0,72	0,65	0,59	0,53	0,46	0,38	0,29
2	0,57	0,5	0,43	0,37	0,31	0,24	0,17
3	0,54	0,46	0,39	0,33	0,26	0,18	0,11
4	0,44	0,35	0,28	0,22	0,15	0,08	0,04

Původní metodický pokyn pro stanovení MZP z roku 1998 pracuje se skutečností, že s velikostí vodního toku se průtokový režim stává vyrovnanější, a pro stanovení MZP u vodnějších toků je doporučeno uplatnit hodnoty průtoků s vyšší pravděpodobností překročení. Podobný přístup je rovněž uplatněn např. ve švýcarském vodním zákoně (FASC, 1991), kde velikost minimálního zůstatkového průtoků („residual water flow“) roste v závislosti na hodnotě průtoků s pravděpodobností překročení 347 dní v roce s mocninou menší než 1. Aby byl popsán princip zachován i v nově navrhované metodice stanovení MZP, bylo nejprve provedeno vyhodnocení závislosti podílu průtoků s dobou překročení 330 dní v roce a dlouhodobého průměrného průtoků  $Q_a$  na velikosti průtoků  $Q_{330d}$ .

Pro odvození vztahu vhodného pro stanovení MZP pro jednotlivé kategorie byla vykreslena funkce podílu návrhové hodnoty  $MZP/Q_{330d}$  na velikosti  $Q_{330d}$  pro jednotlivé kategorie zvlášť. Nicméně bylo rozhodnuto, že míra redukce velikosti MZP v závislosti na velikosti řídicího průtoků  $Q_{330d}$  bude pro celé území ČR stejná a rozdílný bude parametr násobku v rovnici. Výsledné rovnice pro stanovení MZP pro jednotlivé kategorie byly odvozeny opět z požadavku dosažení poměru  $MZP/Q_a$  přibližně na úrovni 25 %. Výsledné rovnice jsou uvedeny v tab. 2.

Součástí zadání ze strany Ministerstva životního prostředí bylo rovněž rozdělení hodnoty MZP do minimálně dvou období, která by tak více popisovala rozdělení průtoků během roku. Tím by bylo zajištěno, že oproti původnímu metodickému pokynu by MZP nebyl konstantní během celého roku, ale v jarním období by docházelo nadlepšení MZP. Výsledným rozdělením bylo stanovení tzv. hlavní sezony v období květen až leden a jarní sezony v období únor–duben.



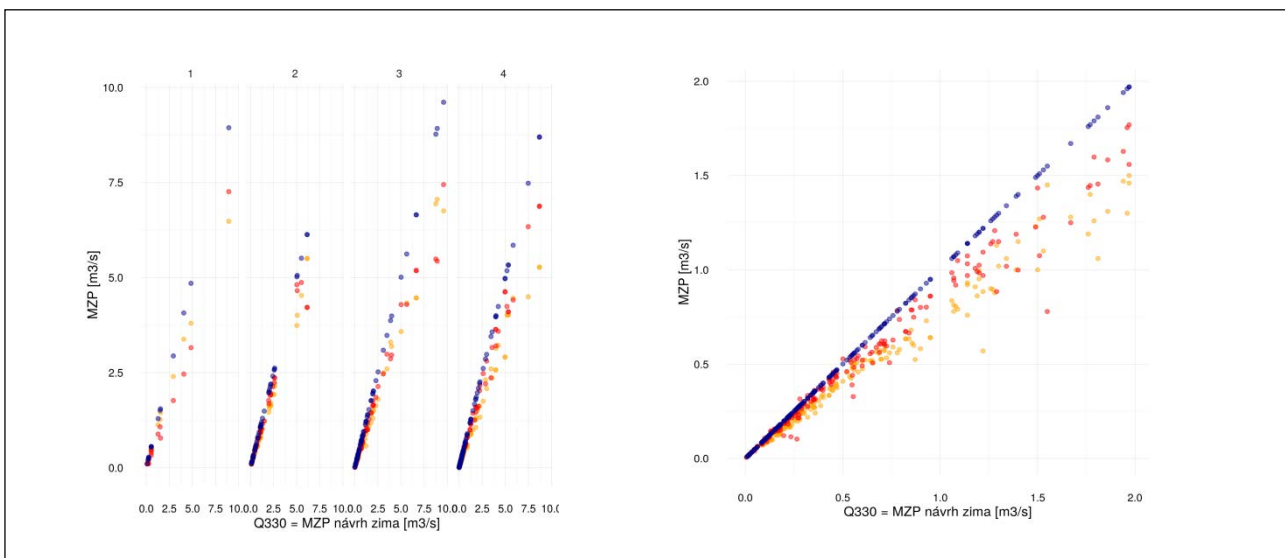
Tab. 2 Návrh výpočetního postupu pro stanovení MZP v jednotlivých kategoriích pro dvě sezony v roce

Kategorie	Hlavní sezona		Jarní sezona	
1	květen–leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) Q_{330d} 1,1$	únor–duben	$Q_{330d}$
2	květen–leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) Q_{330d} 1,2$	únor–duben	$Q_{330d}$
3	květen–leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) Q_{330d} 1,05$	únor–duben	$Q_{330d}$
4	květen–leden	$(1 - Q_{355d}/Q_a) Q_{330d} 1,07$	únor–duben	$Q_{330d}$

## Vyhodnocení navrženého přístupu stanovení MZP

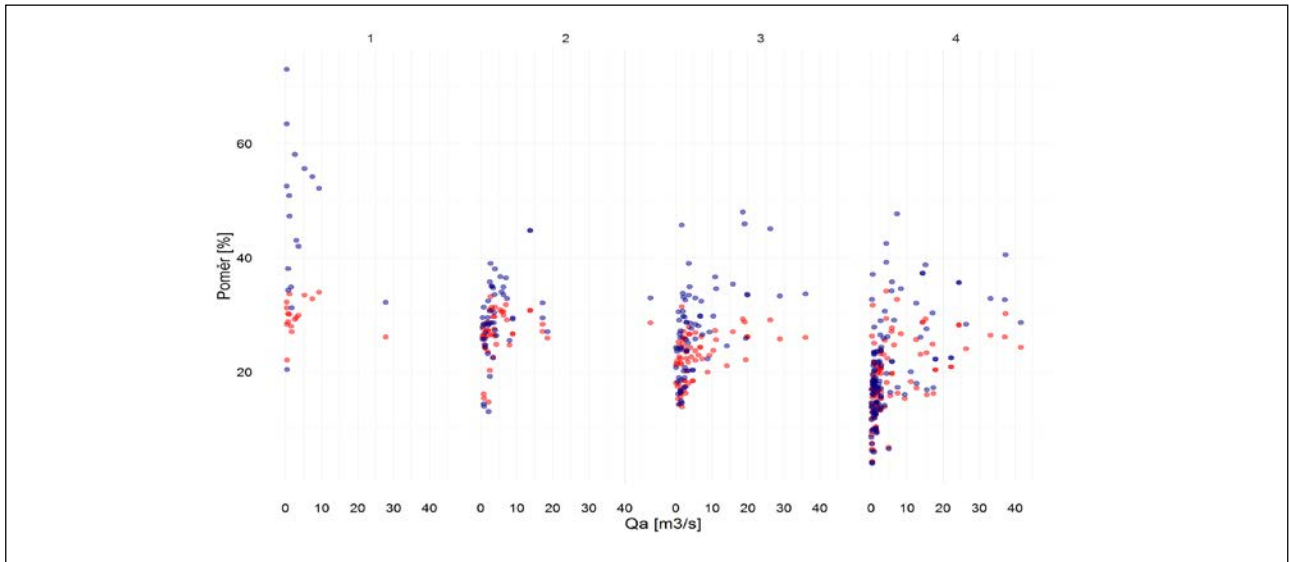
V následující kapitole jsou zobrazeny výsledky a je provedeno porovnání návrhových hodnot minimálního zůstatkového průtoku s hodnotami stávajícími. Analýza byla provedena na řádově 276 povodích v České republice. Většina profilů však má průměrný průtok do  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Po návrhu byla na daných povodích provedena citlivostní analýza, která měla za cíl posoudit, zda v jednotlivých měsících jsou navrhované hodnoty MZP reálné a je možné v méně vodných měsících těchto hodnot dosáhnout s určitou pravděpodobností. Pro posouzení byly také napočítány nedostatkové objemy s konstantní a variabilní limitní hodnotou. Tyto nedostatkové objemy byly porovnány s hodnotami nedostatkových objemů, kde vstupem byla konstantní limitní hodnota platného MZP. Podmínkou pro hodnocení bylo, aby jednotlivá událost měla délku minimálně 5 dní a mezi jednotlivými událostmi byly alespoň dva dny (Vizina a kol. 2015).

Na obr. 2 jsou zobrazeny navrhované hodnoty MZP pro letní (červeně), zimní (modře) sezonu a současné (oranžově) hodnoty MZP rozdělené do jednotlivých kategorií. Na ose x jsou zobrazeny hodnoty  $Q_{330d}$  a na ose y jsou vyneseny hodnoty MZP. V tomto případě jsou zobrazena všechna hodnocená povodí. Na obr. 3 jsou potom pouze povodí, jejichž hodnota  $Q_{330d}$  je menší nebo rovna  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , z důvodu lepší prezentace výsledků. Na tomto grafu je provedena sumarizace pro všechny kategorie. Lze pozorovat, že všechny navrhované hodnoty jsou pod hodnotou  $Q_{330d}$  a v případě malých průtoků jsou rozdíly minimální a dá se uvažovat, zda jsou tyto rozdíly vůbec měřitelné. Tento problém se však vyskytuje u všech toků, kde se vyskytují nízké průtoky (desítky l/s).

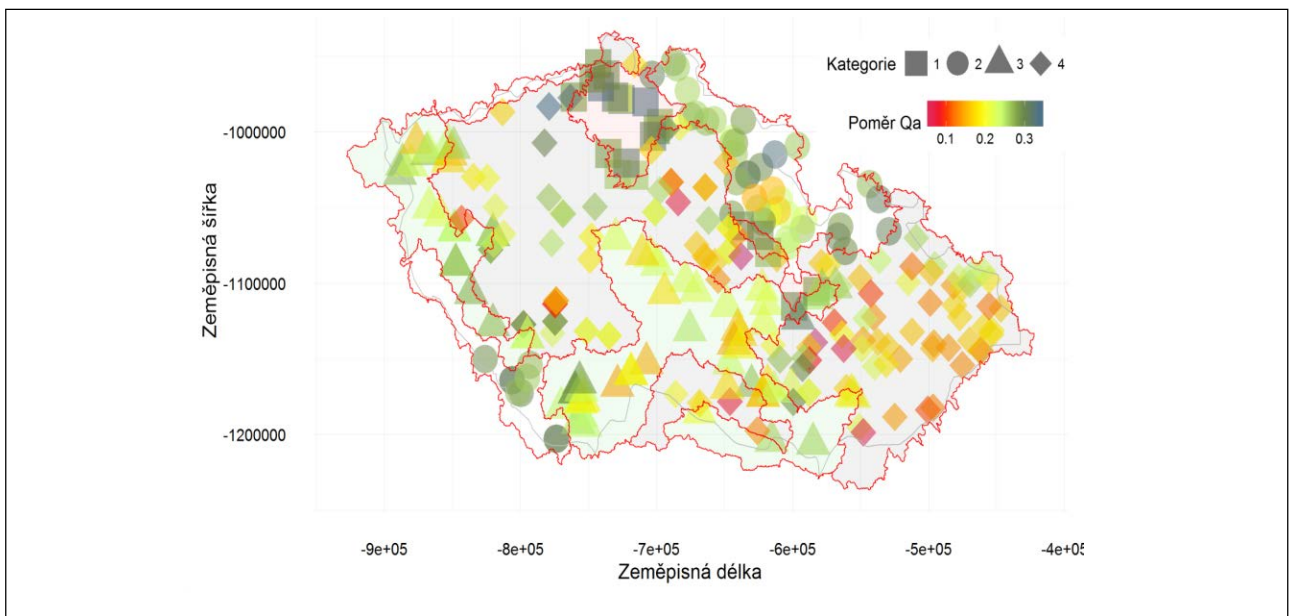


Obr. 2 Porovnání platné hodnoty MZP (oranžová barva) a navrhovaných hodnot pro letní (červeně) a zimní (modře) sezonu.

Na obr. 3 jsou zobrazeny poměry navrhovaných hodnot MZP pro letní (červeně) a zimní (modře) sezonu k hodnotám  $Q_a$ . Z grafu je možné pozorovat, že se tyto poměry pohybují kolem 28 % pro letní sezonu (29,4 % pro kategorii 1, 26,8 % pro kategorii 2, 22,7 % pro kategorii 3 a 18,6 % pro kategorií 4) a 44 % pro sezonu zimní (48,3 % pro kategorii 1, 29,6 % pro kategorii 2, 27,4 % pro kategorií 3 a 21 % pro kategorií 4). Na obr. 4 jsou poté tyto poměry pro hlavní sezonu zobrazeny na ploše České republiky. Vyšší hodnoty u vedlejší sezony nejsou na škodu, jelikož v tomto období je vody dostatek a nebude problém tyto hodnoty splňovat.



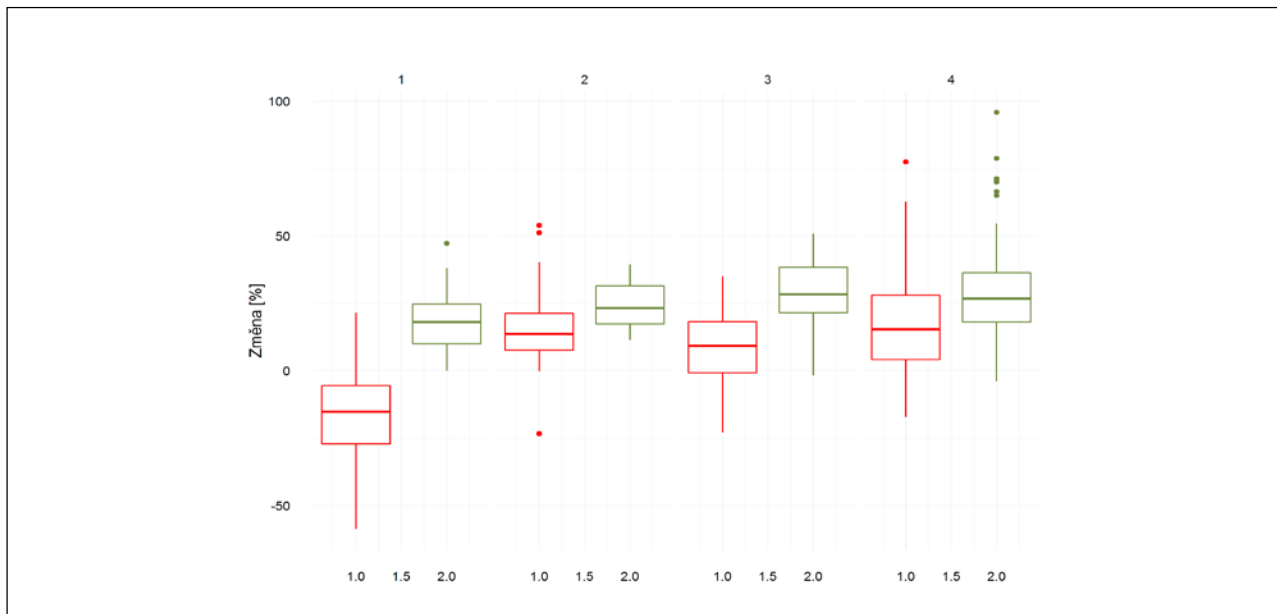
Obr. 3 Poměr hodnoty MZP ku průtoku  $Q_{50\%}$  – červeně hlavní sezona, modře vedlejší sezona.



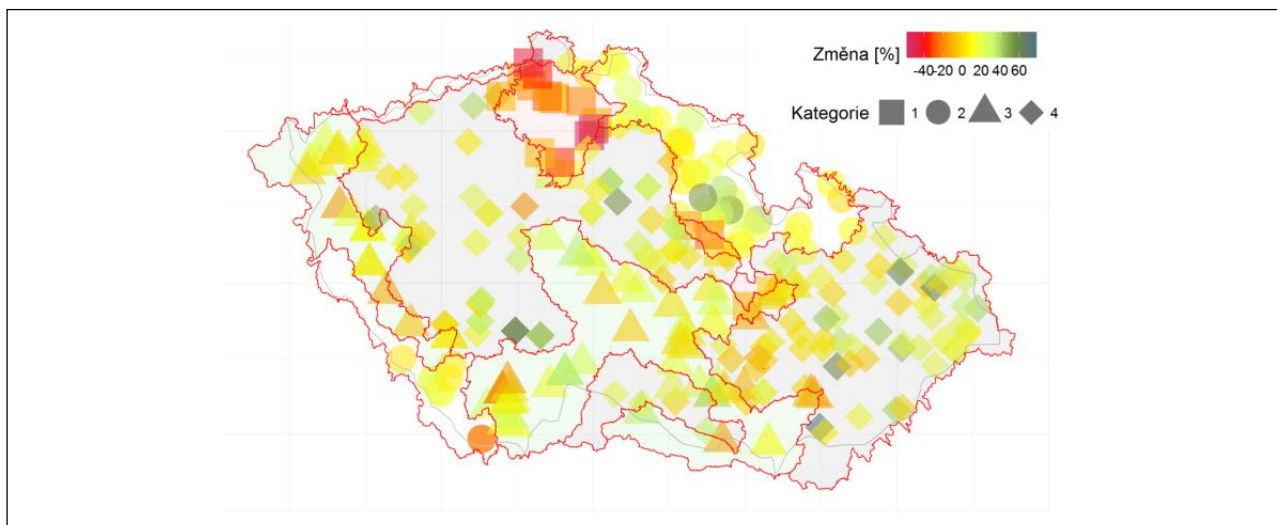
Obr. 4 Plošné rozmístění poměru hodnoty MZP ku průtoku  $Q_{50\%}$  (hlavní sezona).

Na obr. 5 jsou změny navrhovaného MZP pro obě sezony k hodnotě stávající reprezentovány grafem typu boxplot, u kterého nám obdélník udává kvantily 25 a 75 %, čára uprostřed boxu medián a jednotlivé čáry vycházející z boxu 5 a 95 %. Hodnoty jsou rozděleny do jednotlivých kategorií (na ose x). Na ose y je potom procentuální změna od současné hodnoty pro všechna povodí řešená v dané kategorii. Na obr. 6 jsou potom tyto změny pro hlavní sezonu rozloženy do

plochy České republiky. Lze pozorovat, že změny pro hlavní sezonu (červeně) se průměrně pohybují od -25 % procent pro kategorii 1 do cca 20 % u kategorie 2. U sezony vedlejší jsou tyto změny cca o 20 % vyšší.



Obr. 5 Změna hodnoty MZP (návrh/současná hodnota) – červeně hlavní sezona, modře vedlejší sezona.



Obr. 6 Plošná distribuce změny hodnoty MZP (návrh/současná hodnota) – (hlavní sezona).

## Výsledky a diskuze

Nový přístup stanovení minimálních zůstatkových průtoků, který slouží, jako podklad pro Nařízení vlády ČR přináší zcela jistě oproti původnímu, ale stále ještě platnému metodickému pokynu z roku 1998 zásadní změny. Zvolený přístup ve většině případů vede ke zvýšení požadavků na MZP oproti směrným hodnotám, které odpovídají požadavkům původního metodického pokynu z roku 1998. Zpřísnění podmínek se týká především toků v kategorii 4 s rozkolísaným průtokovým režimem, která podle navržené regionalizace na území ČR plošně převažuje.

Metodický pokyn z roku 1998 stanovuje hodnotu MZP především na základě tabulky směrných hodnot, kdy je základním kritériem hodnota  $Q_{355d}$  (tab. 3). Už samotný pojem směrné hodnoty

umožňuje na jedné straně jistou flexibilitu při stanovení MZP, ale na straně druhé je jasné, že se jedná o hrubý odhad, to metodický pokyn sám přiznává. Stanovení MZP je rovněž skokové, což není spravedlivé a z hydrologického hlediska příliš logické. Nicméně, je že to věc zvoleného přístupu odpovídají své době. Další argument mluvící v neprospěch stávajícího přístupu je založen na tvrzení, že zmiňovaná tabulka nebyla původně vůbec odvozena pro stanovení hodnot MZP, ale pro potřeby ředění odpadních vod pod ČOV. Ze strany orgánů ochrany přírody jsou všeobecně hodnoty MZP vyplývající z metodického pokynu chápány jako nízké a přístup je příliš flexibilní.

Tab. 3 Tabulka směrných hodnot MZP dle metodického pokynu MŽP z roku 1998.

$Q_{355d}$	Minimální zůstatkový průtok
menší než $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{330d}$
$0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{355d}$
větší než $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

Na druhé straně nový přístup je mnohem komplexnější, ale to s sebou samozřejmě přináší širší pohled na věc a s tím i logické komplikace. Na základě zadání a požadavku ze strany MŽP měl nový přístup zohlednit hydrologickou variabilitu v podobě regionálního rozdělení ČR s definovatelnými hranicemi povodí. V případě nového přístupu se jedná o hranice povodí 4. řádu. Autoři nového přístupu jsou si zcela vědomi, že jakýkoli pokus o regionální rozdělení plochy ČR z hlediska hydrologické variability pro potřeby stanovení MZP musí být zatížen jistou nepřesností a nelze postihnout všechny charakteristické typy povodí. Nicméně, rozdělení podle koeficientu  $K_{99}$  ( $Q_{99\%}/Q_a$ ) je z našeho pohledu považováno za dostatečně reprezentativní, aby popsal vyrovnanost odtokového režimu.

Vzorce, které jsou pak následně použity pro výpočet hodnoty MZP zavádí do výpočtu daleko více hydrologických charakteristik ( $Q_a$ ,  $Q_{355d}$ ,  $Q_{330d}$ ) než stávající metodický pokyn. Přispívá tak k objektivnějšímu stanovení MZP.

Výsledné hodnoty MZP jsou odvozeny tak, aby se výsledné hodnoty  $MZP/Q_a$  byly cca 25 %. Tento požadavek vyplynul, z požadavku na tzv. ekologický průtok, který byl uváděn v původních textech dokumentů EU (EC, 2015). Zde je nutno poznamenat, že tento požadavek (doporučení) již není v dokumentech EU uváděn, ale v požadavcích na nový metodický přístup byl ponechán.

Z hlediska sezonního rozdělení MZP lze konstatovat, že rozdělení MZP během roku je zcela logické a v sousedních (západních) státech zcela běžné. Je nutno poznamenat, že již původní metodický pokyn doporučoval rozdělit zůstatkový průtok sezonně během roku a kladl značný důraz na vazbu s biologií, především na ryby a zoobentos.

Sezonní dělení MZP však s sebou nese určité provozní komplikace, která jsou spojena především s vlastním měřením obou sezonních hodnot. Obě hodnoty se liší maximálně 10–20 % a to je z hlediska měření a souvisejícím nejistotám málo. Může se pak stát, že vyšší hodnota v jarní sezoně bude těžko kontrolovatelná oproti hodnotě v hlavní sezoně, jelikož si budou např. na vodočetné lati velice blízké.

Samostatnou kapitolu tvoří nádrže, kde se hodnota MZP nestanovuje na základě metodického pokynu, ale podle účelu vodního díla, a tedy na základě vodohospodářského řešení nádrže. Z hlediska stanovení hodnot MZP je nemožné odvodit univerzální vzorec pro výpočet MZP, který by byl aplikovatelný na multifunkční vodní díla, nebo tyto vodní díla kategorizovat podle určitých parametrů a následně pro ně odvodit příslušný algoritmus výpočtu MZP. Jaké řešení a přístup zvolit? Přestože nové nařízení nebude mít zpětnou platnost, je zde v případě nádrží riziko, že v rámci přehodnocení manipulačního řádu může dojít i k přehodnocení MZP. To s sebou nese riziko, že nově nastavený MZP způsobí problémy z hlediska zabezpečení jednotlivých funkcí nádrže a nádrž nebude schopna plnit svoji funkci např. zásobování pitnou vodou. Aby k těmto situacím nedocházelo, mělo by nařízení vlády umožnit výjimku, která by umožnila stanovit MZP

odpovídající účelům vodního díla. Z hlediska nádrží je nutné se domnívat, že tuto výjimku bude nutno uplatnit na všechny významnější nádrže v ČR.

Závěrem lze konstatovat, že problematiku nového způsobu stanovení MZP čeká jistě zajímavá diskuse. Diskuse bude o to zajímavější, že v současnosti probíhá meziresortní připomínkové řízení. Z důvodu zpracování Nařízení vlády v paragrafovém znění, jsou totiž možnosti nastavení specifických kritérií např. formou doporučení velice omezené.

## Poděkování

*Autoři by rádi poděkovali všem, kteří spolupracovali nejen na přípravě nového přístupu, ale i těm kteří se svou konstruktivní kritikou zasloužili o vývoj přístupu až do současné podoby.*

## Literatura

BALVÍN, P., MRKVIČKOVÁ, M., 2011. Stanovení minimálních zůstatkových průtoků. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI)*, 2011, roč. **53**, č. 4, s. 1–3, příloha Vodního hospodářství č. /2011.

BOVEE, K. D., LAMB, B. L., BARTHLOW, J. M., STALNAKER, C. B., TAYLOR, J., HENRIKSEN, J., 1998. Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology: U.S. Geological Survey Information and Technology Report 1998–0004. 130 s. Dostupný online na WWW: <http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/3910/preface.html>.

EC, 2012. Environmental Flows as a Tool to Achieve the WFD Objectives – discussion paper, dostupný online na: <https://circabc.europa.eu/sd/d/0898cf3d-657a-4018-b53d-b34ac3460997/55171-Eflows-Discpap-Ed2-20120613.pdf>.

FASC, 1991. Federal Law on the Protection of Water 814.20, 1991, The Federal Assembly of the Swiss Confederation.

MŽP, 1998. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích č. j. ZP16/98.

VIZINA, A., VLNAS, R., KAŠPÁREK, L., HANEL, M., HRABÁNKOVÁ, A., 2015. Hydrologické sucho v České republice, SOVAK, 7–8/2015, s. 38–43.

EC, 2015. Ecological flows in the implementation of the Water Frame Directive, Guidance document No. 31, Technical Report 2015-086 European Union, Luxembourg.



# ZKUŠENOSTI PROVOZOVATELŮ VODOVODŮ A KANALIZACÍ S PROJEVY SUCHA V ROCE 2015

Oldřich Vlasák, SOVAK ČR

## Abstrakt

SOVAK ČR provedl u vybraných provozovatelů vodovodů a kanalizací interní šetření s cílem shromáždit informace a zkušenosti, zda a případně jak čelili negativním projevům sucha v roce 2015. Výsledky tohoto šetření potvrdily, že jak v oblasti zásobování obyvatel pitnou vodou, tak i odvádění a čištění odpadních vod se provozovatelé potýkaly s projevy sucha, ať už snižováním dostupnosti místních zdrojů podzemních vod, či zakoncetrováním vod odpadních. Za jednoznačně nejdůležitější nástroj pro řešení následků sucha v oblasti zásobování obyvatel pitnou vodou lze považovat další budování a propojování vodárenských soustav.

## Úvod

V roce 2015 jsme na území České republiky zaznamenali výrazné negativní projevy sucha. Po skončení této první velké epizody sucha v novodobých dějinách provedl SOVAK ČR u vybraných provozovatelů vodovodů a kanalizací interní šetření s cílem shromáždit informace a zkušenosti, zda a případně jak čelili negativním projevům tohoto sucha. Souhrnné základní údaje dotazovaných společností jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2. Z těchto statistických údajů je patrné, že výsledky získané z tohoto šetření jsou založeny na datech provozovatelských společností, které zásobují pitnou vodou více jak 40 % obyvatelstva České republiky a odvádějí a čistí odpadní vody pro více jak jednu třetinu obyvatel České republiky.

Tab. 1 Základní statistické údaje respondentů v oblasti zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

Počet zásobovaných obyvatel	Délka sítě	Počet přípojek	Počet úpraven vody	Voda vyrobená vlastní	Voda převzatá	Voda předaná
	[km]			[tis. m <sup>3</sup> ]	[tis. m <sup>3</sup> ]	[tis. m <sup>3</sup> ]
4 204 973	31 513	818 453	508	239 797	35 176	28 749

Zdroj: SOVAK ČR – Ročenka 2016

Tab. 2 Základní statistické údaje respondentů v oblasti odvádění a čištění odpadních vod.

Počet napojených obyvatel	Délka sítě	Počet ČOV	Počet přípojek	Množství čištěných OV	Z toho splaškových
	[km]			[tis. m <sup>3</sup> ]	[tis. m <sup>3</sup> ]
3 459 432	15 600	696	526 137	314 217	110 314

Zdroj: SOVAK ČR – Ročenka 2016

## **Dopady sucha na zásobování obyvatelstva pitnou vodou**

Velké provozovatelské i vlastnické společnosti se v roce 2015 ve většině případů potýkali s nepříznivými dopady sucha. K výraznému omezení dodávek surové vody pro výrobu vody pitné ani k zhoršení kvality této vody nedošlo. Za největší problém se ukazují mělké, málo vydatné individuální zdroje podzemních vod, které co do stability zajištění dodávek pitné vody pro obyvatelstvo představují jeden z nejméně spolehlivých zdrojů. Jednotlivé provozovatelské společnosti v některých případech zaznamenaly zvýšené provozní náklady na výrobu vody pitné, v naprosté většině případů ji však nejsou schopny přesně vyčíslit. Jedním z prvotních důsledků negativních projevů sucha je zvýšení spotřeby pitné vody obyvatelstvem, což s částečným omezením zdrojů surové vody může přinášet provozní potíže.

## **Dopady sucha na čištění odpadních vod**

Také v případě čištění odpadních vod byl zaznamenán významný vliv negativních projevů sucha v roce 2015. Na většině ČOV provozovaných respondenty interního šetření SOVAK ČR bylo zaznamenáno nižší hydraulické zatížení při zvýšení koncentrací sledovaných látek v přítékající odpadní vodě, především fosforu. S tím souvisí i v některých případech výrazné snížení objemu čištěné odpadní vody. Zvýšení provozních nákladů na čištění odpadních vod v souvislosti se suchem nebylo ve většině případů pozorováno, či jej jednotliví provozovatelé nejsou schopni vyčíslit. Za pozornost stojí problematika prodloužení doby zdržení odpadní vody v stokové síti, kdy dochází ke kvalitativním změnám odpadní vody, především zvyšování koncentrací jednotlivých ukazatelů znečištění a tím spojené vyšší nároky na čištění odpadních vod. Současně dochází v době snížených nátoků na ČOV k rychlejšímu zanášení všech prvků stokových sítí, které s sebou přináší řadu provozních problémů a nákladů. Nabízí se otázka v takto exponovaném období jímat vyčištěnou odpadní vodu a opět ji přečerpávat zpět do stokové sítě za účelem zvýšení průtoků, snížení rychlosti zanášení stokových sítí a omezení kvalitativního složení odpadních vod.

## **Souhrn a doporučení**

Nejen z tohoto interního šetření vyplývá, že základním nástrojem, jak čelit nepříznivým následkům sucha do budoucna je další napojování jednotlivých obcí a měst na větší vodárenské celky a páteřní vodohospodářskou infrastrukturu. S nepříznivými následky sucha se totiž daleko lépe dokáže vypořádat velká provozní či vlastnická společnost, která má k dispozici nejen více zdrojů vod pro výrobu vody pitné, úpraven vod, odpovídající technické zázemí a vybavení, ale i zkušené a kvalifikované pracovníky (technici, technologové, vodohospodáři atd.), kteří dokáží lépe zvládnout nepříznivé podmínky pro řádný provoz vodovodů a kanalizací. Naprosto zásadní se pak ukazuje systém propojených vodárenských celků, které lépe dokáží čelit případným výpadkům lokálních zdrojů vod.

V současné době se na území České republiky nachází deset vodárenských soustav, které zásobují vodou přes 3 miliony obyvatel ČR a dále desítky oblastních nebo regionálních skupinových vodovodů. Tato páteřní vodohospodářská infrastruktura byla vybudována v šedesátých až sedmdesátých letech minulého století, jejichž životnost v současné době končí nebo skončí v nejbližších letech. To znamená, že s nutnými investicemi je třeba počítat v horizontu nejbližších pěti let. Při transformaci odvětví došlo i k dělení majetku této páteřní infrastruktury mezi jednotlivé vlastníky vodohospodářské infrastruktury. Často došlo k situaci, že relativně malá společnost vlastněná městem či obcí má ve svém vlastnictví i značnou část této páteřní infrastruktury, na jejíž obnovu nemá možnost vzhledem k vyšší plateb za vodné a stočné vygenerovat dostatečné prostředky. Pokud má být zachována funkčnost této klíčové páteřní

infrastruktury, bude nutné v mnoha případech zajistit financování její obnovy i jiným způsobem, než jen z prostředků získaných z plateb za vodné a stočné. Role státu je zde nezastupitelná.

Jedním z navrhovaných a postupně realizovaných opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha je podpora budování lokálních vrtů a studní k zpřístupnění místních zdrojů podzemních vod jako zdroj vody pitné. Budování těchto zdrojů pitné vody lze ale podporovat pouze tam, kde není jiné možnosti, jak zajistit zásobování obyvatel pitnou vodou. V lokalitách, které jsou v dosahu páteřní infrastruktury, by se přednostně mělo řešit zásobování obyvatelstva pitnou vodou právě z této páteřní sítě a lokální zdroje podzemních vod využívat jen jako alternativní zdroje pitné vody. V mnoha lokalitách, které jsou již dnes napojeny na vybudovanou páteřní infrastrukturu, jsme ale svědky opačné situace, kdy jednotlivé obce z ekonomických důvodů (náklady na úpravu pitné vody z místního podzemního zdroje jsou nižší než pitná voda distribuovaná ze skupinového vodovodu) řeší zásobování pitnou vodou převážně z vlastních podzemních zdrojů a páteřní infrastrukturu využívají jen v případě snížení vydatnosti těchto zdrojů v období sucha. Při zásobování obyvatel pitnou vodou je ale nutné vzít v potaz nejen cenu za 1 m<sup>3</sup>, ale i odolnost celého systému vůči projevům sucha. Z tohoto důvodu lze považovat za nutné nejen budování a propojování vodárenských soustav, ale i jejich následné plnohodnotné využívání i v období relativního dostatku vody. V opačném případě nelze dlouhodobě efektivně a ekonomicky tyto vodárenské soustavy provozovat.

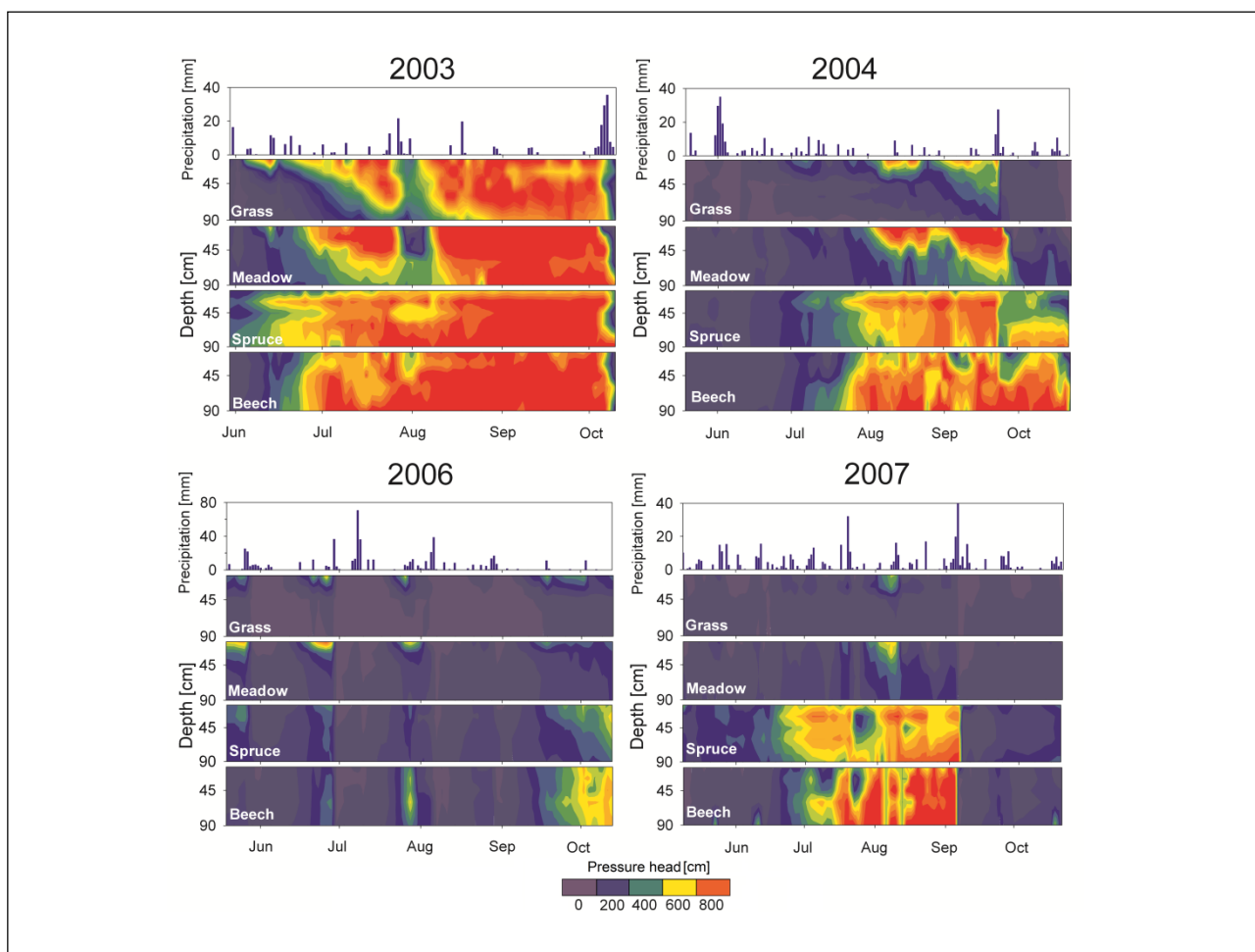
# ABSTRAKTY MIKROPREZENTACÍ

Václav Šípek, Jan Hnilica, Miroslav Tesař, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v. v. i.

## Vliv pokryvu krajiny na vodní režim půdního profilu

Studie byla zaměřena na popis režimu půdní vody na čtyřech místech s rozdílným land cover – bukový les, smrkový les, kulturní louka a sečená tráva. Režim půdní vody byl měřen půdními tenzometry v pěti vegetačních sezonách (zahrnující vlhké i suché roky). Zkoumáno bylo průměrné nasycení celého půdního profilu vodou i jeho vertikální distribuce.

Nejvlhčí plochou byla ve zkoumaném období (2003–2007) lokalita pokrytá pravidelně sečenou trávou. Poté následovala kulturní louka a nejsušší půda byly v obou lesních porostech. Rozdíl mezi zalesněnými a nezalesněnými lokalitami byl pravděpodobně dán vyšší evapotranspirací lesních porostů. Rozdíly mezi smrkovým (*Picea abies* (L.)) a bukovým lesem (*Fagus sylvatica* L.) byly nejpatrnější v suchém období, kdy v bukovém porostu byly dosahovány nejnižší hodnoty půdní vlhkosti. Naproti tomu půda pod smrkovým porostem byla pravidelně sušší pouze na začátku vegetační sezony. Z hlediska vertikální distribuce vlhkosti bukový porost výrazněji vysušoval spodní půdní horizonty (do hloubky 100 cm). Rozdíly mezi smrkovým a bukovým porostem byly dány rozdílnou schopností čerpat vodu z půdního profilu, odlišnou mírou intercepce a vertikální distribucí kořenů.



Obr. 1 Denní úhrny srážek a vývoj sacích tlaků na čtyřech zkoumaných lokalitách (Grass – sečená tráva; Meadow – kulturní louka; Spruce/Beech – smrkový/bukový les) ve vybraných čtyřech sezonách.

**Miroslav Tesař, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i.**

### **Sucho v oblastech přirozené akumulace vod**

V dnešní době extremalizace hydrologického cyklu se stále častěji opakují povodňové události s následujícími, často se opakujícími a prohlubujícími se, obdobími sucha. V České republice jsou dlouhodobě rekognoskována území jako potenciálně náchylná k projevům sucha (např. jižní Morava). Naopak jsou oblasti, které jsou vnímány a chráněny jako oblasti přirozené akumulace vod (např. Šumava). Avšak i tyto oblasti v poslední dekádě vykazují stále markantnější známky projevů sucha klimatického, půdního i hydrologického. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. kontinuálně sleduje hydrologickou bilanci v malém povodí Liz v CHKO Šumava (0,99 km<sup>2</sup>, 828 až 1 074 m n. m.) od roku 1976. Roční srážkový úhrn za období 1980 až 2009 činil 867 mm, zatímco v letech 2014 až 2017 byl jenom 751 mm. Absolutní minimum za sledovaných 42 let bylo dosaženo v hydrologickém roce 2015, a sice 488 mm. Ani další výhled v roce 2018 není příliš radostný: úhrn za duben 2018 ve výši 11,4 mm představuje absolutní minimum za celé sledované období. Tomu odpovídají i vizuálně sledované i měřené hodnoty půdní vlhkosti a potenciálu půdní vody, které odpovídají pro období po tání poměrně slušné sněhové pokrývky spíše podmínkám vrcholného léta. Ještě více alarmující jsou stavy podzemní vody sledované v několika vrtech, které v posledních několika rocích permanentně klesají. Stávající situaci bychom měli brát jako důrazný imperativ nabádající nejen ke dnes tolik propagovanému zvyšování retenční schopnosti krajiny pomocí přírodě blízkých opatření, které snad mohou napomoci ke zmírnění dopadů půdního sucha, ale hlavně k akumulaci povrchových vod formou technických opatření, které jediné mohou zmírnit dopady sucha hydrologického, neboť na povodně bychom měli nahlížet nejenom jako na jev pravidelně se stále častěji opakující, nežádoucí a nebezpečný, ale zároveň na jako přínosný a potenciálně využitelný zdroj následně chybějící vody.



*Obr. 1 Rozvodněný Luzenský potok při tání 21. dubna 2018.*





*Obr. 2 Luzenský potok po 14 dnech – 5. května 2018.*



*Obr. 3 Vysušený povrch půdy cca po 20 dnech po tání v centrální části Šumavy (Zlatá Studna, 1100 m n. m., 8. května 2018).*

# JAKÉ POZNATKY JSME SI ODNESLI Z DOSAVADNÍHO PRŮBĚHU SUCHÉHO OBDOBÍ 2014 AŽ 2017?

Každý z účastníků semináře mohl zaslat krátké shrnutí svého osobního poznatku či hlavní myšlenky z epizody sucha 2014 až 2017. Zasláné texty jsou prezentovány níže.

***Tereza Davidová, Ministerstvo životního prostředí***

## **Co nás suchá epizoda 2014–2017 naučila?**

Sucho se nejen v České republice stalo v posledních letech velmi často skloňovaným slovem a jeho řešení se nyní dává velká priorita. Víme, že suché epizody trvají několik let a že se sucho projevuje v různých koutech České republiky, což řešení problematiky značně stěžuje. Díky médiím vnímá již převažující část obyvatel sucho jako významnou hrozbu. Já osobně si myslím, že těchto mediálních kanálů nevyužíváme dostatečně a správně. Spíše než na problém ukazovat, bychom měli představovat, co je možné proti suchu dělat.

Naším primárním cílem by měla být osvěta. Vrátit život do řek i k řekám, potokům a rybníkům. Sucho je přírodní jev, jehož intenzita se s postupující klimatickou změnou zvětšuje. Neexistuje univerzální opatření proti suchu. Výstavba dvou či deseti přehrad naší zemi nezachrání. Pouze desítky či stovky různých menších projektů, do jejichž realizace je možné dle možností zapojit i veřejnost či školy, nám pomůže negativní dopady v naší zemi zmírnit. Koncepce ochrany před následky sucha možnosti takovýchto projektů představuje. Nyní je potřeba dát těmto projektům život. Každý vysazený strom, zrevitalizovaný kus řeky, obnovená tůň či sud pod střechou se počítá. Síla veřejnosti je veliká. Dokáže zastavit i vládou schválené projekty. Proč tedy této síly nevyužít naopak k jejich realizaci?

***Hana Macháčková, Český hydrometeorologický ústav***

## **Vliv suchého období na stabilitu MKP**

Jedním z projevů suchého období je snížená stabilita MKP ve stanicích, které dříve měly křivky velmi stabilní. Důvodem je masivní výskyt vodní vegetace, jejímuž růstu vyhovuje menší množství protékající vody a vyšší teploty. Na výskyt vegetace v průběhu prakticky celého roku má také vliv to, že chybí období zvýšených průtoků, které by rostliny odstranily. Nejvíce je tento trend viditelný ve stanicích Království (dříve MKP platná 6 let, poslední 2 roky 3 MKP ročně), Nekoř, Čermná n. O. a Krčín. Tyto stanice jsou současně velmi důležité pro manipulace na VD a dispečink PLa, s. p. Na základě požadavků RPP je potřeba častěji zpracovávat pracovní MKP. Z důvodu výskytu vodní vegetace v měrných profilech je také velmi obtížné stanovovat platnost MK. Protože MKP není vždy možné aktualizovat ihned po zjištění změny, častěji dochází k dotazům od veřejnosti, využívající naše webové stránky, na správnost zveřejňovaných údajů.

***Jana Matulová, Český hydrometeorologický ústav***

Sucho, jev, který postihuje naši zem již několikátým rokem. Oproti povodním, které se týkají určité lokality, se nedostatek vláhy půdy týká každého z nás. Přejde mi však, že sucho je mnohem méně bráno veřejností jako problém, ačkoliv dopad suchých epizod může mít rozsáhlé škody stejně jako povodeň. Osobně se o problému s nedostatkem vody dozvídám více v poslední době, dávno po začátku tohoto suchého období. Dříve jsem tušila, že jižní Morava a jiné části republiky především

v letních obdobích trpí vysokými teplotami a nedostatkem srážek, ale nesledovala jsem, jak velký rozsah nedostatku vláhy je. Z mého okolí jsem vnímala, že právě na jižní Moravě množství srážkové vody nestačí na zalévání zahrady oproti tomu, jaké „zásoby“ bylo možné získat na Vysočině. V poslední době jsem se setkala s nějakými opatřeními, které by mohli pomoci zadržovat vodu v krajině. Přemýšlím však nad tím, pokud nebude dostatečné množství srážek a podzemní vody, některá opatření nebudou moci plnit svoji funkci. Jaká opatření lze tedy učinit, aby bylo možné udržet vodu v krajině i přes nedostatek srážek? Další otázka se mi pojí s plýtváním vody lidmi. Lze vůbec přesvědčit většinu obyvatel, aby neplýtvali vodou v době, kdy ještě voda z kohoutků teče?

### ***Ivana Černá, Český hydrometeorologický ústav***

V posledním dvacetiletí přibývá počet teplejších a sušších roků. Zatímco dřívější suché periody trvaly rok či dva, v současnosti jsme svědky již čtyři roky přetrvávajícího suchého období. Toto sucho s sebou přináší nepříjemné dopady. Setkáváme se s úbytkem srážek, výrazným poklesem hladin podzemní vody, nízkými průtoky v řekách, vysychají drobné vodoteče, obyvatelům klesají hladiny vody ve studních, vlivem sucha trpí stromy, rostliny a zemědělské plodiny, aj.

Sucho je komplexní problém, který vyžaduje komplexní řešení pro zmírnění jeho dopadů. V předchozích letech bylo diskutováno o společných opatřeních od změny osevnických postupů až po opatření zvyšující retenci vody v povodí. V souvislosti s retencí vody by mě zajímalo, jak hodlá vláda reagovat na to, že půda výrazně snížila potenciál zadržovat vodu. Jestli a jak budou stanoveny podmínky pro eliminaci dopadů sucha, například je-li plánováno zpřísnění pravidel a kontrola hospodaření s plodinami zvyšujícími riziko plošné eroze na polích o vyšším sklonu apod. Očekávám další vyjádření zástupců ministerstev a příslušných úřadů k této problematice. Zajímaly by mě konkrétní kroky, které vláda v souvislosti se suchem dále chystá.

### ***Hana Hornová, Český hydrometeorologický ústav***

Sucho se v proběhlém období 2014–2017 objevilo v mnoha oborech, které jsou nějakým způsobem závislé na zásobě vody. Trend sucha pokračuje i v roce 2018, zejména na jižní Moravě, jak meteorologického, tak hydrologického. Díky minimální sněhové zásobě v zimních měsících a fakticky chybějícímu období jara vzniká na jižní Moravě od roku 2014 poměrně velký problém se zásobou vody nejen povrchovou a podzemní, ale i půdní, a to ve všech typech půd na jižní Moravě.

Dopady sucha jsou viditelné v mnoha oblastech. Asi nejvýraznější jsou ty agronomické a socioekonomické. Vyrůstají náklady na závlahu, problém vzniká s výsadbou plodin, které jsou schopné se přizpůsobit novým klimatickým a hydrologickým podmínkám. V lesním hospodářství dochází k podobnému problému, kdy se mění struktura lesa. V suchých měsících zákaz závlahy zahrad a napouštění bazénů, omezené čerpání podzemních vod apod. Sucho může vést až ke krizovým situacím nedostatku vody, nejen pro závlahu, ale i pro pitné účely. Zde se otvírá prostor využívání alternativních možností vodních zásob, jako je znovu-využívání přečištěných odpadních vod, záchyt a úprava dešťových srážek.

Otázkou zůstává, jak lze ovlivnit měnící se podmínky na jižní Moravě a zda lze předejít hrozícím dopadům sucha např. zlepšením monitoringu podzemní vody a půdní vláhy. Okamžité vyhodnocení a upozornění dotčených agronomických a socio-ekonomických odvětví na hrozící riziko, by mohlo pak díky včasné reakci minimalizovat škody způsobené suchem.

## **Blanka Kasalová, Český hydrometeorologický ústav**

Při zamyšlení se nad názvem semináře Suché období 2014–2017 mne prvně napadne život. Veškerý život je závislý na vodě, a to ve všech jejích formách – povrchové, podzemní, srážky, půdní zásoby apod. V uplynulém období 2014–2017 se sucho nejvíce projevilo zejména v podzemních vodách, kde sucho přetrvává až do současnosti. Jedná se o celorepublikový problém, přičemž jižní Morava patří k nejvíce postiženým oblastem.

Podzemní vody v celé republice jsou ovlivněny nejen nedostatkem srážek, nízkou zásobností vody, ale také nevhodnou výsadbou plodin, které vodu v půdě nezadržují, ale urychlují odtok z území. Tyto faktory – tedy klimatické, hydrologické a agronomické změny vedou k stále se zhoršující vydatnosti pramenů, jejich vysychání, snižující se hladině v mělkých a hlubinných vrtech. Na jižní Moravě pak vzniká problém i v lužních lesích, které pozvolna vysychají a začínají měnit svoji strukturu přidružených křovin a rostlin. Tato změna v budoucnu může dolehnout i na živočišnou složku lužních lesů a celkovou změnu rázu krajiny.

Vysušování lužních lesů na jižní Moravě je dle mne jedním z dopadů sucha a je otázkou, kam povede tento trend do budoucna a co z něho pro nás všechny vyplývá. Pro mne jako hydrologa je důležitý monitoring podzemních vod nejen sucha a s ním spojené poskytování kvalitních dat pro potřebu ostatních, aby na jejich základech mohli stavět jiní odborníci.

## **Boleslav Bárta, Český hydrometeorologický ústav**

### **Suché období 2014–2017 očima studenta**

Převážnou část suchého období 2014–2017 jsem trávil studiem Fyzické geografie, bude se tedy jednat o sérii postřehů a myšlenek ovlivněných akademickým prostředím a náplní výuky těchto let.

V první řadě musím přiznat, že jsem existenci suchého období začal vnímat až více než rok po jeho začátku, tehdy se objevila první přednáška, která nejen o aktuálním suchu pojednávala. Měl jsem štěstí, byl jsem obětí Žabího syndromu a nechával jsem se vařit, ona přednáška mě však donutila vyskočit.

Žabí syndrom popisuje reakci na změny. Říká, že dáme-li žábu do vroucí vody, tak ihned vyskočí, zatímco pokud ji dáme do studené a postupně ji budeme ohřívat, tak se žába uvařit nechá. S povodněmi a suchem mi to připadá podobné. Přijdou-li povodně, změna je rychlá, lidé se cítí ohrožení a reagují rychle, jsou „hozeni do vroucí vody“. Zatímco sucho přichází pomalu a lidé si ho tak uvědomí až když je pozdě, „byli hozeni do studené vody a pomalu uvaření.“

Nebezpečí sucha tedy spatřuji v tom, že ze začátku není poznat a je těžké si jej uvědomit a říct si: „Tak, teď jsme v roli žáby a voda se začíná ohřívat, je na čase vyskočit!“

## **Pavel Coufal, Český hydrometeorologický ústav**

### **Hodnocení hydrologického sucha na jižní Moravě v období 2014–2017**

Jelikož pocházím z jižní Moravy, tak vnímám situaci v souvislosti s hydrologickým suchem ze všech stran. Jako pracovník ČHMÚ dostávám denně otázku, kdy zaprší? Bude voda? I když nejsem meteorolog ani klimatolog, tak se snažím na základě předpovědí a podkladů od kolegů z RPP alespoň naznačit jakým směrem se počasí v budoucích dnech bude ubírat. Předpovídat totiž kde a kdy dešťové srážky spadnou je zatím nadlidský úkol. Zvláště v letním období se často vyskytují lokální přívalové srážky z konvektivních bouřek. V jednom místě se srážky s velkou intenzitou objeví, spadnou a zase rychle zmizí. Půda během těchto vydatných krátkodobých dešťů je velmi rychle nasycena a zbytek spadlé srážkové vody už rychle odtéká po povrchu pryč z povodí. Zvláště na jižní Moravě jsou velké plochy zemědělsky obdělávané půdy na mírných až sklonitějších svazích, které

po rychlém nasycení po krátké době opět zcela proschnou. Když jde tedy například o povodí Kyjovky nebo Trkmanky, tak voda z přívalových srážek z těchto povodí rychle odteče do Dyje, voda z ní vteče do Moravy a voda, která spadla na naše území je rázem nenávratně pryč za hranicemi. Takže je třeba primárně hledat otázku zadržení nebo zpomalení odtoku srážkové vody na našem území. Právě toto je to nejdůležitější pro doplnění zásob podzemní vody pro suchá období.

### ***Jana Tejkalová, Ministerstvo životního prostředí***

Suchá epizoda v rozmezí let 2014 až 2017 (vypadá to, že zatím epizoda dále pokračuje) se stává obdobným milníkem jako katastrofální povodně na Moravě v roce 1997 v oblasti povodňové problematiky. Není, co do počtu obětí a škod tak tragická jako zmíněné povodně, ale stává se milníkem ve vnímání problematiky sucha laickou i odbornou veřejností. Je impulsem a hybatelem pro řadu změn, Ať se jedná o koncepční dokumenty, zlepšování předpovědí, legislativy či operativního řízení.

### ***Jan Daňhelka, Český hydrometeorologický ústav***

Dosavadní průběh sucha mne utvrdil v přesvědčení o velkém významu nasycení půdy, resp. povodí pro vývoj odtoku. Toto přesvědčení jsem získal v roce 2002, kdy po srpnové povodni i srážky na úrovni 15 mm za den znamenaly rychlé vzestupy na úroveň stupňů povodňové aktivity. Dosavadní průběh sucha však pro mne je přesto z tohoto pohledu překvapením. Zdá se totiž, že hydrologické sucho přetrvává i při výskytu srážek na úrovni normálu a při epizodách intenzivnějších srážek průtoky v tocích velmi rychle klesají na úroveň před srážkami. To by nasvědčovalo dlouhodobému prohlubování deficitu zdrojů podzemních vod dotujících základní odtok. Setrvačnost sucha v podpovrchové části hydrologického cyklu se zdá být velmi velká, což může být inspirací pro výzkum v problematice tvorby odtoku i ověření možného vlivu na vysvětlení tzv. Hurstova fenoménu (dlouhodobé paměti) v odtokových řadách. Podpovrchová část hydrologického cyklu je tedy to, co rozhoduje snad ještě ve větší míře než atmosférická část materializovaná v podobě srážek. Rozhodně je otázka, co se s vodou děje pod povrchem momentálně pro mne asi to nejzajímavější a nejzávažnější v hydrologii spolu s pochopením klimatických příčin a možností sezonních predikcí.

### ***Vojtěch Broža, České vysoké učení technické***

Kumulace suchých let se v minulosti vyskytla opakovaně, konkrétní sled kriticky suchých period v rámci nich se však lišil. Obsahují je kroniky, dokumentují dlouhodobá hydrologická pozorování u nás.

Že sucho je v našich podmínkách horší než povodně, se opět potvrzuje. Účinnost opatření proti jeho dopadům je závažný problém, obtížně zvládnutelný a pro veřejnost nezajímavý.

Jejich základem by měly být připravené prostředky umožňující hospodaření s vodou, tj. systematické zadržování vody na našem území v období jejího nadbytku, aby mohla být využívána ve stále se prodlužujících obdobích nedostatku.

V prevenci proti negativním dopadům sucha jsme promarnili více než posledních pětadvacet let (zatím).

### ***Ladislav Kašpárek, Výzkumný ústav vodohospodářský, T.G. Masaryka, v. v. i***

#### **Poznatky z informací o suchu 2014–2017**

- Prokázaný vliv poklesu průtoků vlivem hospodaření v chovných rybnících a výparu z vody rybníků.

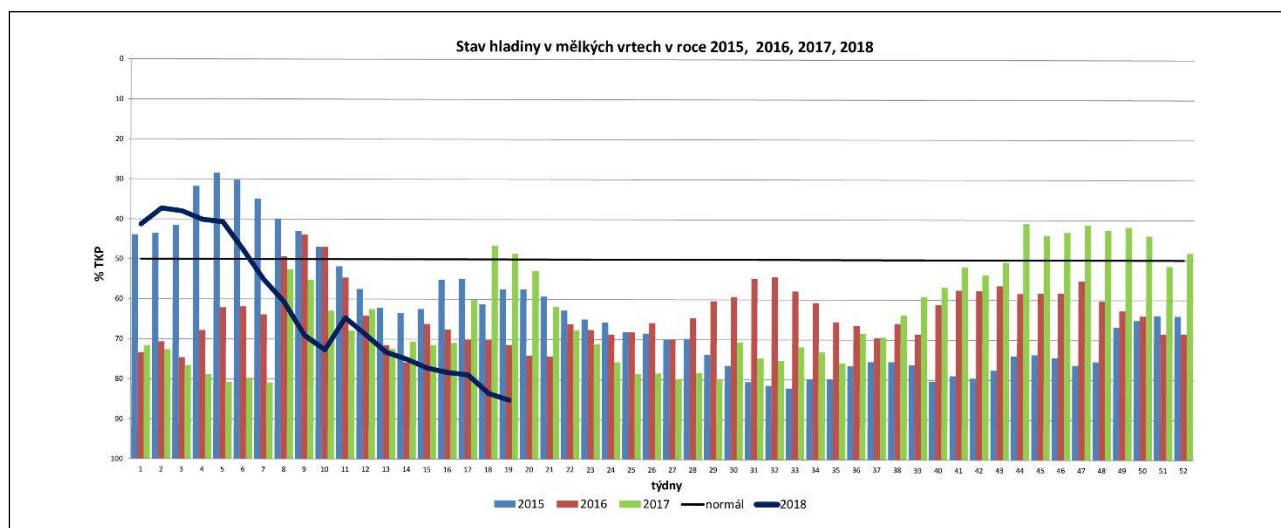


- Ukázka toho, jak se uplatňují v průběhu letního sucha srážky. Jen opravdu vydatné, které překročily volný prostor v půdní zásobě, zvětšily minimální průtoky po poklesu bezprostředního zvětšení průtoků. Příkladem je srpnová dvoudenní srážka cca 80 mm na Rakovnicku v roce 2015, obdobně na přítocích Chrudimky.
- Dominantní vliv zásob podzemní vody na velikost průtoků, ve strukturách s velkými zásobami jen pozvolný pokles, v povodí s menšími zásobami i několik měsíců pokles do nulových odtoků.
- Tradičně částí odborné veřejnosti předpokládané vlivy užití pozemků (les, zemědělská půda) se neprojeví.
- Zásoba vody v půdě v období největších poklesů průtoků neměla na průtoky vliv, poklesla do minimálních hodnot podstatně dříve.
- Zřetelný vliv významných odběrů podzemní vody na pokles průtoků, naopak vypouštění vod přivedených vodárenskými systémy minima zvětšuje.
- Významný vliv nadlepšování průtoků v období největšího poklesu manipulacemi přehradních nádrží, nejen pod Vltavskou kaskádou.

### Oldřich Vlasák, SOVAK ČR

Základním nástrojem, jak čelit nepříznivým následkům sucha v oboru vodovodů a kanalizací je další napojování jednotlivých obcí a měst na větší vodárenské celky a páteřní vodohospodářskou infrastrukturu. S nepříznivými následky sucha se totiž daleko lépe dokáže vypořádat velká provozní či vlastnická společnost, která má k dispozici nejen více zdrojů vod pro výrobu vody pitné, úpraven vod, odpovídající technické zázemí a vybavení, ale i zkušené a kvalifikované pracovníky (technici, technologové, vodohospodáři atd.), kteří dokáží lépe zvládnout nepříznivé podmínky pro řádný provoz vodovodů a kanalizací. V lokalitách, které jsou v dosahu páteřní infrastruktury, by se přednostně mělo řešit zásobování obyvatelstva pitnou vodou právě z této sítě, a to i přesto, že náklady na úpravu a distribuci pitné vody z místního podzemního zdroje by byly nižší než náklady na distribuci pitné vody ze skupinového vodovodu. Při zásobování obyvatel pitnou vodou je nutné řešit nejen cenu za 1 m<sup>3</sup>, ale i odolnost celého systému vůči projevům sucha. Z tohoto důvodu je důležité nejen budování a propojování vodárenských soustav, ale i jejich následně plnohodnotné využívání i v období relativního nedostatku vody. V opačném případě nelze dlouhodobě tyto vodárenské soustavy provozovat.

### Lenka Černá, Český hydrometeorologický ústav



Graf znázorňuje průběh hladiny v mělkých vrtech hlásné sítě celé ČR za období 2015 až do 19. týdne roku 2018 v týdenním kroku, vyjádřené pomocí celkové hodnoty týdenní křivky překročení – TKP.

Zpracovala: Lenka Černá p.g., OPZV

*Jaký je můj hlavní osobní poznatek získaný během suchého období od roku 2014?*



Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři.

Suché období 2014–2017  
Vyhodnocení, dopady a opatření

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha 2018

1. vydání. Náklad 180 výtisků.

Vytiskla tiskárna Českého hydrometeorologického ústavu  
Na Šabatce 2015/17, 143 06 Praha 4-Komořany

ISBN 978-80-87577-81-3

