

ČSVH

ČESKÁ SPOLEČNOST VODOHOSPODÁŘSKÁ

VODOHOSPODÁŘSKÝ BULLETIN



2020



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Studujte u nás!

2021

2022



Naše fakulta je **moderní** a **otevřená instituce** spolupracující s významnými zahraničními partnery.

Studentům se zájmem o **ryby** a jejich **chov**, o **vodu**, její **šetrné využívání** a o **ochranu vodních ekosystémů** nabízíme všechny úrovně VŠ vzdělávání v **prezenční (p)** i **kombinované (k)** formě.

Bakalářské studium (Bc.)

Rybářství - tříleté p/k

Ochrana vod - tříleté p/k

Navazující magisterské studium (Ing.)

Rybářství a ochrana vod - dvouleté p/k

Doktorské studium (Ph.D.)

Ochrana vodních ekosystémů - čtyřleté p/k

Rybářství - čtyřleté p/k



Den otevřených dveří: 22.01.2021

Termín pro příjem přihlášek: 31.03.2021 www.frov.jcu.cz



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

<http://www.fsv.cvut.cz/>

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
ČVUT v Praze

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

<http://kzei.fsv.cvut.cz/>

Katedra vychovává vodohospodářské inženýry se zaměřením na projektování, výstavbu a provoz vodovodů a kanalizací, úpraven vody, čistíren odpadních vod, inženýrských sítí, bazénů a lázeňství. Katedra připravuje studenty bakalářského, magisterského a doktorského studia. Vědeckovýzkumná činnost se soustřeďuje na problematiku vodárenských provozů, kanalizací, včetně čistírenských procesů a balneologických zařízení.



OBSAH

1. ÚVODNÍ SLOVO PŘEDSEDKYNĚ Ing. Miloslava Melounová	2
2. O VYUŽÍVÁNÍ DISPONIBILNÍCH VODNÍCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ RNDr. Pavel Punčochář, CSc.	3
3. SUCHÁ NOVELA VODNÍHO ZÁKONA JUDr. Pavel Rubeš, Ph.D.	8
4. VLTAVSKÁ VODNÍ CESTA ČESKÉ BUDĚJOVICE – TÝN NAD VLTAVOU Ing. Jirí Bezděka	9
5. ZAMEZENÍ MIGRACE NEŽÁDOUCÍCH DRUHŮ RYB NAD ÚDOLNÍ NÁDRŽ LIPNO RNDr. Milan Hladík, Ph.D., RNDr. Milan Muška, Ph.D., prof. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D., doc. Ing. Pavel Horký, Ph.D.	13
6. OSMDESÁT LET OD STAVBY VD HUSINEC Ing. Bedřich Křivánek	17
7. VĚŽOVÉ VODOJEMY – PŘEDSTAVENÍ VÝZKUMNÉHO PROJEKTU Ing. Robert Kořínek, Ph.D., Ing. Alena Kristová	24
8. Biotechnologický systém pro čištění důlních vod z jámy MR1 Ing. Miroslav Seidl, Ph.D., Bc. Dominika Müllnerová	27
9. LESY PŘITAHUJÍ VODU doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.	30
10. KLIMATICKÉ CYKLY ZPŮSOBENÉ KOLÍSÁNÍM SLUNEČNÍ AKTIVITY RNDr. Pavel Kalenda, CSc., Ing. Miloslav Šír, CSc.	34
11. SRÁŽKY V ČR V OBDOBÍ 1961–2019 Ing. Miloslav Šír, CSc., RNDr. Pavel Kalenda, CSc.	39
12. MIKROPOLUTANTY – VÝZNAMNÉ RIZIKO PRO KVALITU VODNÍCH ZDROJŮ I EKOSYSTÉMY Prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D., Ing., Bc. Kateřina Grabicová, Ph.D., MSc. Ganna Fedorova, Ph.D., Ing. Helena Švecová, Ph.D., RNDr. Andrea Vojs Staňová, Ph.D., Ing. Daniel Červený, Ph.D., MSc. Oksana Golovko, Ph.D., Ing. Jan Turek, Ph.D., Ing. Adam Bořík, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Žlábek, Ph.D., doc. Mgr. Roman Grabic, Ph.D.	42
13. PRESTIŽNÍ STAVBA JIŽNÍCH ČECH – PRESTA 2021 Ing. Karel Kocina	48
14. REALIZACE ČOV BORO VÁ LADA Ing. Jindřich Procházka, Ph.D.	49
15. VODOHOSPODÁŘ ING. BOHUMIL KUJAL PĚTAOSMDESÁTILETÝ	51
16. ŽIVOTNÍ JUBILEA 2020	52

POZNÁMKA REDAKCE

Za obsah uvedených příspěvků odpovídají jejich autoři.

1. ÚVODNÍ SLOVO PŘEDSEDKYNĚ

Miloslava Melounová

Letošní rok byl zcela výjimečný především v oblasti životních podmínek spojených s celosvětovou pandemií COVID-19 s dopadem na ekonomiku a hospodářství na celém světě. Náhle se celá zeměkoule musela vypořádat s neznámým útočником (virem), který ochromil život lidí a celé hospodářství a ekonomiku, přetížil zdravotní systém a ohrozil na životě mnoho lidí. Rozsah takové pandemie byl pro všechny státy zkouškou připravenosti a organizační schopnosti přijmout a realizovat taková opatření, která sníží dopady pandemie především na zdraví občanů. Každá země k řešení tohoto úkolu přistoupila různě, někde se výsledný efekt podařil v časově krátké době, někde se s pandemií bojovalo déle podle včasnosti přijatých opatření a zodpovědnosti občanů.

Po první vlně jsme si všichni oddechli, a tak trochu se nechali ukolébat přesvědčením, že jsme vir přemohli. Letní měsíce proběhli ve znamení cestování, turistiky, a hlavně rodinných a společenských akcí. Druhá vlna rozvoje COVID-19 nás zasáhla, nereagovali jsme adekvátně rychle a stali jsme se nejvíce zasaženou zemí. Všichni jsme se museli naučit žít a pracovat za zcela jiných podmínek a respektovat opatření vlády nastavené pro omezení šíření viru. Dopad na některé obory a služby je značný, téměř likvidační. Dopad na vzdělávání dětí, studentů i zaměstnanců byl a je obrovský a troufám si říci, že škody jsou nevyčíslitelné. Kladně můžeme hodnotit rozvoj digitalizace a přechod k využívání IT technologií a komunikačních nástrojů nejen ve vzdělávání, ale ve všech sférách činnosti.

Dopad pandemie se odrazil i v činnosti naší společnosti. Plánované semináře na I. i II. pololetí byly zrušeny v souladu s přijatými vládními opatřeními. Konference VODA 2020 – VODA A STAVBA připravovaná Českým svazem stavebních inženýrů na 19.–20. 10. 2020 v Praze byla odložena na příští rok na 7.–8. 6. 2021. Dne 20. 10. 2020 proběhl webinář k tomuto tématu s přednesením vybrané přednášky z každé odborné sekce.

Situace z posledních šesti *suchých* let je historicky nejdelší a lze dokladovat významné ovlivnění povrchových i podzemních vodních zdrojů. Nejvýznamnější dopady na povrchové toky byly zaznamenány na Moravě a byly podnětem k návrhu na úpravu podmínek pro řešení minimálních průtoků v tocích formou legislativní změny zákona o vodách. Základem hospodaření s vodou v krajině je obnova rovnováhy vodního režimu tak, aby krajina odolávala extrémním jevům jako jsou povodně, sucho, vítr. Podpora retence vody v krajině, ochrana vodního režimu zemědělského a lesního hospodářství je základem pro ochranu a obnovu podzemních zdrojů vody.

Podzemní zdroje vody slouží přednostně k zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Jejich vydatnost je omezená. V České republice je 52 % obyvatelstva zásobováno ze zdrojů podzemní vody a 48 % ze zdrojů povrchové vody, která je akumulovaná ve vodárenských nádržích. Povrchová voda se stává nenahraditelným zdrojem surové vody pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, vodním zdrojem pro zemědělství i průmysl.

Hospodaření s vodou ve městech je jedním z prioritních opatření, které není dostatečně koncepčně ani legislativně podpořeno a jen velmi pomalu se opatření uvádí do praxe. Zvyšující se dopravní zátěž a snižující se plocha vegetace ve městech dopadá na zvýšení teplotního režimu. Vládní finanční pobídky

pro drobné stavebníky tzv. *dešťovka* k zadržování a využívání srážkové vody pro zálivku nebo k využití v domácnosti jsou více mediálním tahem než skutečným přínosem v oblasti hospodaření s dešťovou vodou v intravilánu měst. Drobní stavebníci řešili akumulaci srážkové vody pro zálivku i bez pobídky státu pro ekonomickou výhodnost zálivky, protože pitná voda pro zálivku je zatím dostupná a ekonomicky nevýhodná. Využití srážkové vody pro domácnosti není bez legislativního rámce jednoduché.

Nejvíce srážkových vod v intravilánu však vzniká dopadem na komunikace a zpevněné plochy. Většina měst má vybudovanou jednotnou kanalizaci, která odvádí splaškové vody společně s vodou srážkovou. Vodní zákon č. 254/2001 Sb. v § 5 odst. 3 definuje požadavky na hospodaření s vodou: při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn užívání jsou stavebníci povinni zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby. Bez splnění těchto podmínek nesmí být stavba ani změna stavby povolena.

Praxe je ale jiná. Investoři a projektanti staveb hledají vždy nejjednodušší a nejlevnější řešení a tím je zaústění srážkových vod do jednotné kanalizace. Bohužel zákon č. 274/2001 Sb. v § 20 odst. 6 dává vlastníkům těchto staveb výjimku z placení za odvádění těchto vod do jednotné kanalizace. Dlouho prosazované ekonomické nástroje k úhradě poplatku za odvádění srážkových vod kanalizací naráží na nesouhlas vlastníků a investorů dopravní infrastruktury, což jsou v převážné většině obce a města. Přesto prosazení ekonomického tlaku, že znečišťovatel za vypouštěné znečištění platí, by jednoznačně přispělo k snaze investorů řešit problematiku srážkových vod ekonomicky výhodným způsobem t.j. druhotným využitím zachycených srážkových vod.

Změnou vodního zákona (zákon č. 113/2018 Sb.) je definován nový pohled na srážkové vody, které se stávají po smísení se splaškovou vodou odpadními vodami. Tyto srážkové vody po dopadu na komunikace a zpevněné plochy jednoznačně a podstatně změni svoji kvalitu tím, že ze zpevněných ploch odnáší hrubé nečistoty, inertní materiály i ostatní odpadní látky. Srážkové vody dopadem na zpevněné plochy mají charakter odpadní vody. Bohužel, kvalitu a množství srážkových vod zaústěných do jednotné kanalizace legislativa neřeší, ale množství a kvalitu odpadních vod vypouštěných v době srážek z jednotné kanalizace začala legislativa řešit změnou vodního zákona s vážnými dopady povinností pro vlastníky a provozovatele jednotných kanalizací bez ohledu na velikost řešené aglomerace a množství odváděných odpadních vod. Proč?

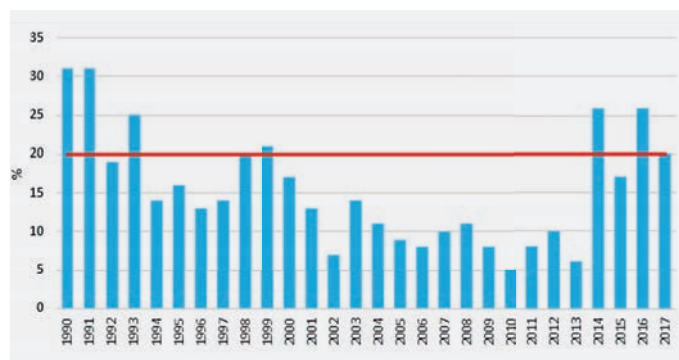
Výsledkem této nepovedené a troufnu si říci bezkonceptní změny vodního zákona není opatření k hospodaření se srážkovou vodou ve městech, ale administrativní a ekonomická zátěž pro vlastníky jednotné kanalizace, kteří budou dodatečně a nesmyslně řešit měření množství a kvalitu odpadních vod odtékajících z odlehčovací komory jednotné kanalizace do povrchových toků místo skutečného řešení akumulace srážkových vod a druhotnému využití těchto vod pro závlahu vegetace nebo očistu ploch ve městech.

Ing. Miloslava Melounová
předsedkyně České společnosti vodohospodářské ČSSI, z. s.
miloslava.melounova@seznam.cz

2. O VYUŽÍVÁNÍ DISPONIBILNÍCH VODNÍCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Pavel Punčochář

V závěru loňského roku vydala Evropská environmentální agentura (EEA) se sídlem v Kodani publikaci [1] s údaji, jak jednotlivé evropské státy využívají svoje vodní zdroje. Tyto informace získané jednotnou metodikou výpočtu tzv. *indexu využívání vody* (WEI – Water Exploitation Index) za období 1990–2017 ukázaly, že Česká republika se řadí ke státům jižní Evropy, ve kterých je nedostatek vody prakticky trvalý (Kypr, Malta, Řecko, Španělsko). Naše čerpání vodních zdrojů totiž splňuje poměrně často dosažení a překročení hranice *vodního stresu*, kterou je odebrání 20 a více procent disponibilních zdrojů vody, což je považováno za nedostatečnost vodních zdrojů (water scarcity). V uvedeném období patřila Česká republika celkem 8× mezi pěti státy (Kypr, Malta, Řecko, Španělsko a Turecko) s nejvyšším využitím vodních zdrojů.

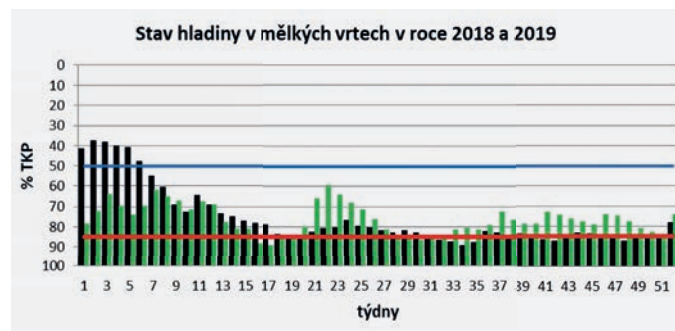


Obr. 1. Vývoj procentuálního čerpání disponibilních vodních zdrojů v České republice v jednotlivých letech v období 1990–2017. Červeně vyznačený limit vyznačuje 20% využití disponibilních vodních zdrojů, což je považováno za vodní stres (tedy za nedostatečnost vodních zdrojů). Zdroj: [1]

Z údajů o procentech odebíraných vodních zdrojů v období 1990–2017 v obr. 1 je zřejmé, že tuto hranici jsme překračovali na začátku devadesátých let, kdy odběry vody např. pro vodárenství byly více než dvojnásobně vyšší než v současnosti. Nicméně vodní zdroje stačily potřebu pokrýt, protože se objevovalo pouze občasné, jednoleté nebo dvouleté sucho. Spolu s klesající

spotřebou vody pak v následujících letech podíl odběrů obvykle nepřekročil 10%. Opakovaný výskyt sucha (od r. 2014) ovšem tuto situaci dramaticky změnil, neboť i přes výrazný pokles odběrů vody (o více než 50%) byla znovu překračována hranice *vodního stresu*, který byl způsoben nedostatečností vodních zdrojů. Pokud budou taková období pokračovat, jak varují scénáře změny klimatu, bude nutné přikročit k posílení vodních zdrojů.

Svědčí o tom také údaje v tab. 1, z níž je zřejmé, že při porovnání údajů o srážkách a vodních zdrojích v průměrných hodnotách pětiletých období 1990–1995 a 2015–2020 se úhrny srážek podstatně nezměnily (dokonce mírně vzrostly). Ovšem disponibilní zdroje vody (podzemní i povrchové) poklesly bez ohledu na snížené odběry. Důvodem je rostoucí teplota vzduchu, která vede ke zvýšení výparu a zejména k výraznému nárůstu evapotranspirace (dýchání vegetace). Ostatní *přebytek* srážek, nezachycený v půdě, podzemních vodách a v nádržích pak odtéká do sousedních států.



Obr. 2. Kolísání hladiny mělkých podzemních vod v r. 2018 (černé sloupce) a 2019 (zelené sloupce), vyjádřené v týdenních křivkách překročení (TKP) jako porovnání hladiny v aktuálním týdnu s dlouhodobým průměrem pro daný týden v průběhu roku vypočtený z období let 1981–2010. Červená čára – TKP hladiny podzemních vod na 85%, výrazné sucho, modrá čára – TKP hladiny podzemních vod na 50%, úroveň dlouhodobého normálu. Zdroj: ČHMÚ

Tab. 1. Údaje o množství vodních zdrojů a jejich využití v České republice vyjádřené jako průměrné hodnoty z uvedených pětiletých období a velikost jejich změny v %. Zdroj: [2] a [3]

Průměrná hodnota z období	1991–1995	2015–2019	Rozdíl %
Srážkové úhrny (mld. m ³ /rok)	41,43	47,45	+14,5
Zdroje povrchových vod (mld. m ³ /rok)	4,59	3,87	-15,7
Zdroje podzemních vod (mld. m ³ /rok)	1,07	0,87	-18,6
Celkem disponibilní zdroje/obyvatele (m ³ /rok)	535	445	-16,8
Odběry povrchových vod (mld. m ³ /rok)	2,25	1,23	-54,7
Odběry podzemních vod (mld. m ³ /rok)	0,54	0,37	-31,5
Celkem odběry/obyvatele (m ³ /rok)	273	148	-54,2

Tab. 2. Kolísání hladin a zásobních objemů vody ve významných vodárenských nádržích v povodí Dyje, které se periodicky doplňují v zimním a jarním období. Zdroj: Vodohospodářský dispečink Povodí Moravy s. p.

měsíc/rok	XII-2017	IV-2018	XII- 2018	IV-2019	XII-2019	IV-2020
Vranov	52	76	45	100	47	80
Vír	60	80	38	100	56	99
Hubenov	84	99	32	100	59	100

Delší období bez srážek, přívalové epizody provázené rychlým povrchovým odtokem a slabá sněhová pokrývka v zimě jsou hlavními příčinami nedoplnění podzemních zdrojů vody, jak ukazuje názorně obr. 2. Tyto klimatické jevy však zatím neovlivňují doplnění zásobních objemů vody v nádržích, které se jak v přívalech, tak v zimním a jarním období stačí doplnit natolik, že překlenou další suché období. Toto periodické doplnění objemů vodárenských nádrží v povodí Dyje, které patří k nejhroženějším z hlediska vývoje klimatu, dokumentují údaje v tab. 2.

U nádrží s malou kapacitou zásobního objemu, který by nepokryl celoroční odběry a předpokládá se průběžné doplňování z přítoků, nelze ovšem vyloučit problémy s jejich nedostatečností. Pro výrazná období víceletého sucha již neplatí dlouhodobě používané hydrologické řady z období, ve kterém se víceleté sucho nevyskytovalo, a současná řada suchých let představuje rekord v historických údajích. Toto doplňování objemů vodárenských nádrží je velmi podstatné, neboť polovina produkce pitné vody je závislá na povrchových zdrojích (tab. 3). Pokud se podzemní

zdroje vody nebudou v budoucnosti dostatečně rychle doplňovat, což potvrzují scénáře změny klimatu poskytované výzkumnými institucemi, požadavky na vodárenské zdroje povrchových vod budou narůstat.

Pokud jde o využívání odebrané vody v jednotlivých sektorech, pak je vidět, že evropský průměr, který uvádí zmiňovaná publikace EEA, se výrazně liší od naší skladby v ČR, jak vyplývá z tab. 4. Z údajů je vidět, že nejvyšší čerpání vodních zdrojů v Evropě je pro zemědělské závlahy, což zkrusují data ze států jižní Evropy. Ve státech západní Evropy je největší potřeba odběrů pro energetiku, podobně jako u nás (a činí tam přes 30 %). V České republice (průměr z let 2014–2018) převažují odběry pro energetiku a vodárenství stejně, jako v zemích západní Evropy, zatímco zemědělství odebírá 20x méně vody, než vykazuje Evropa v celkovém průměru ze všech zemí.

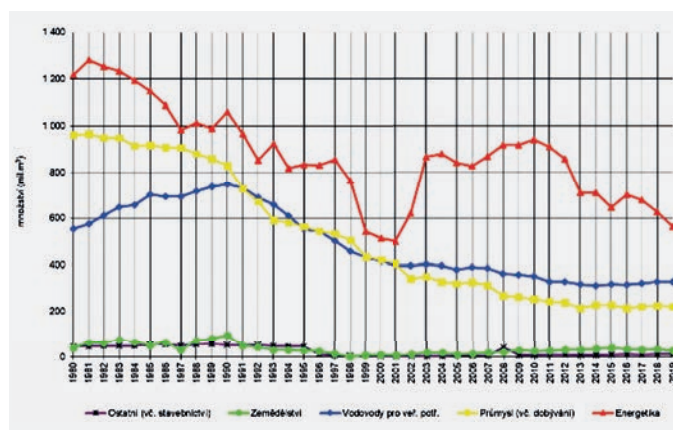
Obr. 3, 4 obsahují údaje o vývoji odběrů povrchových a podzemních vod hlavních hospodářských sektorů v České republice za období 1980–2019. Z průběhu vyplývá, že odběry

Tab. 3. Využívání povrchových a podzemních zdrojů vody pro výrobu pitné vody pro obyvatelstvo v České republice v období 1950–2019. Zdroj: [3] a [4]

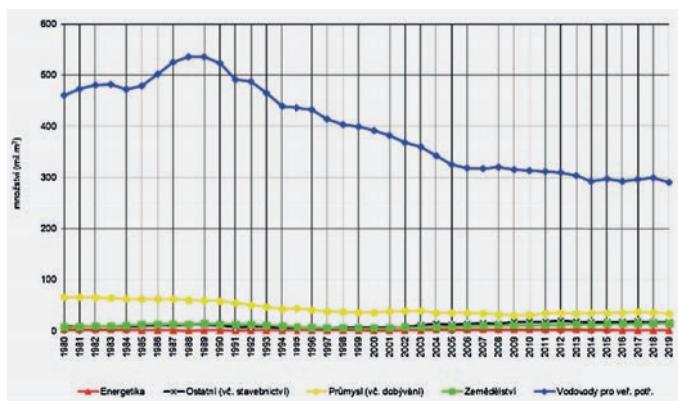
Období využívání zdrojů pro výrobu pitné vody	Povrchové zdroje mil. m ³ /rok	Podzemní zdroje mil. m ³ /rok	Podíl využití povrchových zdrojů vody na celkovém objemu vyrobené pitné vody (%)
do r. 1950	70	191	27
do r. 1990	714	542	57
současný stav	320,6	296,1	52

Tab. 4. Skladba využívání odběrů vodních zdrojů pro jednotlivé sektory hospodářství, porovnání průměru z evropských států se stavem v České republice. Zdroj: [1] a [2]

Hospodářský sektor	% odběrů vody z disponibilních vodních zdrojů	
	Evropa (data EEA)	Česká republika
zemědělství	58,3	2,9
energetika	18,2	40,6
průmysl a těžba	10,6	16,1
vodárenství	9,6	38,5
služby a ostatní	3,3	1,9



Obr. 3. Skladba odběrů povrchových vod rozhodujícími hospodářskými sektory v České republice. Černá čára – ostatní vč. stavebnictví, zelená čára – zemědělství, modrá čára – vodovody pro veřejnou potřebu, žlutá čára – průmysl vč. dobývání, červená čára – energetika. Zdroj: [2]



Obr. 4. Skladba odběrů podzemních vod rozhodujícími hospodářskými sektory v České republice. Černá čára – ostatní vč. stavebnictví, zelená čára – zemědělství, modrá čára – vodovody pro veřejnou potřebu, žlutá čára – průmysl vč. dobývání, červená čára – energetika. Zdroj: [2]

pro vodárenství se po r. 1990 výrazně snížily a jsou v podstatě vyrovnané jak z povrchových, tak z podzemních vod (v nichž správně převládají nad ostatními odběrateli). Kromě výrazných výkyvů odběrů vody pro energetiku, jejichž trend rovněž klesá díky inovacím technologií, jsou ostatní odběry víceméně konstantní.

V několika posledních letech se v souvislosti s vizí rozšířit vodní zdroje, aby i v budoucnu zajistily našim potomkům vodní blahobyt, který jsme až donedávna všichni užívali, objevuje opakovaně doporučení hledat další úspory spotřeby vody, zejména ve vodárenství. Objevuje se kritika velkých úniků vody z vodárenských sítí. Při podrobnějším pohledu však kritici zjistí, že od r. 1990 poklesly úniky v průměru o 75 %. Je to evidentní i z celkové makrobilance: Pro vodovody je odebíráno v průměru posledních let 618 mil. m³/rok, fakturováno je 513,8 mil. m³/rok, tedy ztráty z těchto průměrů představují 16,9 %. Při snížení těchto ztrát na 10 % by odběry poklesly přibližně o 38 mil. m³/rok, což z celkových dostupných vodních zdrojů v současnosti představuje úsporu 0,8 %. Náklady spojené s omezením ztrát v rozvodech pod 15–10 % jsou již považovány za neekonomické. Opět nutno uvést, že jde o průměry a celkovou bilanci, lokálně jsou jistě v některých veřejných vodovodech úniky a ztráty výrazně vyšší a je třeba se jim věnovat. To je úkol pro diskusi vlastníků s provozovateli, a tomu se ostatně Ministerstvo zemědělství intenzivně věnuje. Data benchmarkingu Odboru kontroly a regulace vodovodů a kanalizací odhalují individuální situaci provozovaných vodovodů pro veřejnou potřebu.

Tab. 5. Ukázka rozsahu úspory vodních zdrojů při poklesu spotřeby pitné vody o 25 % ve variantách pro všechny odběratele, jen pro domácnosti, jen pro ostatní bez domácností. (Údaje v objemech mil. m³ a v procentech úspory disponibilních vodních zdrojů). Zdroj: [6]

Parametr (průměr posledních 5 let)	Údaje v mil. m ³ /rok	% ze zdrojů povrchových a podzemních vod	Úspora vodních zdrojů mil. m ³ / %
Zdroje povrchových + podzemních vod	4 737	100	--
Odběry pro vodárenství	618	13	--
Odběry po snížení celkem o 25 %	464	9,8	154 / 3,2
Odběry při snížení jen v domácnostech o 25 %	516	10,9	102 / 2,1
Odběry při snížení ostatních o 25 % bez domácností	565	12	53 / 1

Dalším návrhem je docílit úspory spotřeby pitné vody využitím srážkové vody pro splachování a nepitné účely. Tento přístup s sebou nese značné komplikace nejenom pro rekonstrukce rozvodů, ale především pro striktní zabezpečení oddělení od sítě s rozvodem pitné vody. Ta musí být stejně k dispozici pro splachování WC pro případy, kdy nebude dešťovky dostatek, což může v budoucnu nastávat stále častěji. U individuálních novostaveb jde o reálné aplikace, předělávání rozvodů u existujících budov s mnoha obyvateli je velmi problematické, dokonce tím, jak zajistit dostatečnou akumulaci dešťovky.

K těmto námětům je vhodné ukázat, co by přinesl pokles všech odběrů pro vodovody o 25 %, (což by v domácnostech namísto současných 88 l/osobu/den znamenalo pokles na 66 l/osobu/den a dosáhli bychom absolutního minima v evropských zemích). Údaje o úspoře disponibilních vodních zdrojů při různém rozsahu odběratelů zapojených do poklesu spotřeby o 25 % přináší tab. 5. Tímto způsobem by došlo k úspoře 1–3 % disponibilních zdrojů vody, což by provázela řada stavebních aktivit, neboť by bylo třeba v malých domovních nádržích v průběhu roku zachycovat přibližně 50–150 mil. m³ dešťové vody (podle rozsahu úspor odběratelů) k napojení na paralelní rozvod. K tomu je třeba připomenout, že odběry z veřejných vodovodů by poklesly, způsobily provozní potíže, neboť doba zdržení pitné vody v rozvodné síti by se prodloužila, což by v žádném případě neprospělo její kvalitě.

Taková úspora v rozsahu 1–3 % odebírané vody z disponibilních zdrojů, které se tvoří zadržením pouze 10 % dopadajících srážkových vod, zjevně není efektivním záměrem pro situaci v našem podnebním pásu, kde se roční úhrny srážek nebudou měnit ani při změně klimatu. Proto je nepatřičné porovnávání se zeměmi, kde srážkové úhrny zdaleka nedosahují naší úrovně, a přesto jejich spotřeba vody na 1 obyvatele a den je vyšší než u nás, takže si zajišťují chybějící sladkovodní zdroje odsolováním mořské vody, což nahrazuje možnost získání vody ze srážek.

Podobně je tomu s návrhy na opakované využití šedých vod. Jejich úprava před dalším použitím je samozřejmě nezbytná a např. využívání pro zálivku je spojeno s obsahem mikropolutantů (i když v menším rozsahu než z vyčištěných splaškových vod). O jejich osudech v půdě, případné kumulaci koncentrací atp. zatím nejsou dostatečné údaje. Zároveň je třeba připomenout, že tato voda se recyklací na zálivku ztratí z vodního oběhu, neboť skončí především evapotranspirací, takže kanalizačním systémem se již nevrátí do recipientů, z jejichž povodí byla odebrána.

Maximální zachycování srážkových vod všude, kde je to možné, je bezpochyby přínosné, jinak voda odtéká, pokud není

zachycena a zadržena na našem území. Proto je třeba znovu připomenout, že naše disponibilní vodní zdroje, tvořené srážkami, jsou pouze v úrovni 10 % jejich průměrného ročního objemu, který se dle scénářů změny klimatu nesníží. Proto kvantifikovatelné a technicky zajistitelné jsou akumulace vody v přehradních nádržích, což představuje historicky osvědčenou *největší dešťovku*.

Bohužel trvá argumentace, že vytváření dalších vodních zdrojů akumulací v přehradních nádržích je zbytečné, příroda a krajinně škodlivé, neboť správná zemědělská praxe s návratem k tradičním postupům zajistí dostatek vody v půdě, v mokřadech, řekách, rybnících, podzemních vodách apod. Opatření na posílení vody v krajinně ještě neznamená zajištění dostatku a dostupných vodních zdrojů pro pitnou vodu, pro hospodářské využití a pro chod hospodářství, což je základ pro prosperitu státu a udržení kvality života obyvatel.

Nyní doznívá rozbouřená diskuse nad navýšením počtu lokalit chráněných pro budoucí využití výhradně pro akumulaci vody (jde o *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod*, zkráceně Generel LAPV), který projednala v současnosti vláda. Ve Vodohospodářském bulletinu v roce 2019 jsem uvedl, že bylo navrženo 47 nových lokalit [8]. Obce, jejichž katastry by byly výstavbou dotčeny, jednoznačně odmítly 16 lokalit a nakonec se, po jednání s pracovníky Ministerstva životního prostředí, *podarilo* schválit 21 lokalit, o které se stávající Generel LAPV z r. 2011 navýšil na výsledný počet 86 vhodných profilů. Během projednávání, které s krajskými úřady, dotčenými obcemi a zástupci ochrany přírody a krajiny z Ministerstva životního prostředí probíhalo od června roku 2019 až do letošního října, se v médiích odehrávaly aktivní diskuse. Postoje obyvatel velmi nepříznivě ovlivňovala interpretace poslání Generelu LAPV v médiích, který byl (a dosud je) označován za *plán výstavby přehrad*.

Zájemcům doporučuji přečtení úvodu k aktualizovanému Generelu LAPV, ve kterém se uvádí jeho význam a možnosti využití *některých* lokalit k případné realizaci nádrží v budoucnu v regionech s výraznou negativní hydrologickou bilancí, o kterých budou rozhodovat zjevně až budoucí generace po r. 2040–2050. Rád bych zde ocenil diskuse s mnohými zastupiteli obcí, jejichž přičiněním úvod Generelu obsahuje kvalitní a pro občany pochopitelné vysvětlení, že Generel není současným rozhodováním o porizení přehradních nádrží a v žádném případě není plánem výstavby přehrad.

Publikované názory v médiích vytvářejí přesvědčení, že obyvatelé České republiky zásadně odmítají výstavbu několika dalších přehradních nádrží (nepůjde o desítky!), které budou při stávajícím trendu vývoje klimatu zapotřebí v budoucnu. V průzkumu veřejného mínění Ministerstva zemědělství v r. 2016 odpovídalo 1 200 respondentů a výsledky představily zcela jiný obraz (tab. 6), než vyplývá z běžně publikovaných mínění jedinců, která jsou uveřejňována v médiích.

Pozitivní postoj k potřebě dalších přehradních nádrží uvedlo 85 % dotázaných. Negativní postoje pro media ovšem vznikají od obyvatel obcí, v jejichž katastrech by se přehradní nádrž měla uskutečnit, což by se mnohdy dotklo jejich majetků, především pozemků. Žádná lokalita totiž neobsahuje větší počet trvale obydlených objektů (v naprosté většině do 10 domů), které by se musely vykupovat od majitelů. Potřebu zajistit i pro budoucnost dostatek vodních zdrojů pociťují tedy všeobecně všichni, ale jinde, než v místech jejich bydliště a jeho okolí. Tím vzniká obraz zásadního odporu k přehradním nádržím, který prezentují zejména nevládní organizace ochránců přírody, ačkoliv již nyní všichni profitují ze zásobování pitnou vodou, která je z 50 % z vodárenských přehradních nádrží a bezproblémově k dispozici 24 hodin denně po 365 dnů v roce.

Tab. 6. Výsledky z průzkumu Ministerstva zemědělství o názoru obyvatel ČR k výroku, zda by stát měl vybudovat více vodárenských nádrží, aby zajistil dostatek vody.

Zdroj: Archiv Ministerstva zemědělství

Reakce v odpovědích	% respondentů
Rozhodně ano	33
Spíše souhlas	52
Spíše nesouhlas	6
Rozhodně nesouhlas	1
Neví, nezám	8

Je třeba zdůraznit, že snaha o zajištění vodních zdrojů naprosto neznamená odklon od opatření k posílení vody v krajinně, v půdním profilu, tedy k omezení následků zemědělského sucha. Je překvapivé, jak je třeba trvale objasňovat, že voda v půdě, rybníky, malé nádrže a mokřady jsou nesmírně důležité pro udržení krajinných ekosystémů, jejich biodiverzitu a pro zemědělskou produkci. Nicméně nepředstavují vodní zdroje. Tato voda v krajinně bez akumulace nezabezpečí dostatečné vodní zdroje pro přípravu pitné vody, pro průmysl a ani pro efektivní zemědělství s moderními závlahami. Rozdíl opatření k omezení zemědělského sucha a sucha hydrologického je zjevný a je nezbytné ho stále trpělivě vysvětlovat, neboť pro veřejnost jsou láková vyjádření o tom, že v půdě je možnost podstatně větší akumulace vody než v přehradních nádržích. Tedy názor, že pokud bychom zvýšený objem v půdě na našem území zajistili, nádrží není třeba. Pravidlo, že vodu z půdy a krajiny nedostaneme do *trubek* bez akumulace v nádržích je naprosto evidentní. Potvrzují to závěry *Národní koalice pro boj se suchem*, která byla založena v r. 2018. Jejich jednání se účastní široké spektrum expertů z vysokých škol, univerzit, akademických pracovišť a samozřejmě zástupci rozhodujících ministerstev. Z jednání této koalice také vzniklo zadání navýšit počet lokalit ve zmíněném Generelu LAPV.

V současné době poznamenané výskytem a šířením koronavirové infekce je problematika zajištění vodních zdrojů zdánlivě druhořadá. Zejména i proto, že letošní rok se rozložením a objemem srážek zdánlivě vrací do historicky zažitého klimatu. Příští roky ukážou, do jaké míry se scénáře vědeckých institucí budou naplňovat. Nicméně je všeobecnou pravdou, že *bez vody není života* a pro naše podmínky určitě platí názor vodohospodářů, že *bez nádrží to nepůjde*.

Na závěr chci ještě upozornit na nové informace o stavu našich vodních zdrojů na stránkách Ministerstva zemědělství, kde je od letošního jara tzv. *Vodní zpravodajství*. Doporučuji k návštěvě, zejména si prohlédněte stavy podzemních zdrojů vody během letošního roku ve vazbě na průběh srážek, z nichž je evidentní, k jaké časové prodlevě dochází k doplňování podzemních vod od srážkových epizod.

Poděkování

Poděkování autora článku patří pracovníkům Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (Czech Globe), Českého hydro-meteorologického ústavu (ČHMÚ) a s. p. Povodí Moravy za poskytnutí grafů a údajů použitých v článku. Díky patří kolegyni Ing. E. Fousové a rovněž pracovníkům redakce časopisu SOVAK

za přípravu a poskytnutí kvalitních předloh grafů z časopisu SOVAK pro zveřejnění v tomto časopise.

LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- 1.] Use of Freshwater Resources in Europe. European Environment Agency, Copenhagen, (2019)
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources-3/assessment-4>
- 2.] Zprávy o stavu vodního hospodářství v České republice (1998–2019), Ministerstvo zemědělství
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/>
- 3.] Vodovody a kanalizace v České republice (1990–2019). Ministerstvo zemědělství
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/vodovody-a-kanalizace/>
- 4.] Plecháč, V. (1999): Vodní hospodářství na území České republiky, jeho vývoj a možné perspektivy. Praha: EVAN. ISBN 8023849891, 9788023849899
- 5.] Punčochář, P. (2020): Využívání vodních zdrojů v Evropě a situace v České republice. SOVAK (29) 6: 7–11.
- 6.] Punčochář, P. (2020): Pohled na budoucnost zdrojů pitné vody v České republice. SOVAK (29),7- 8: 10–15
- 7.] Punčochář, P. (v tisku): Zajistíme včas dostatečné vodní zdroje budoucím generacím v podmínkách vývoje klimatu? Stavebnictví (2020)
- 8.] Punčochář, P. (2019): Vodní zdroje a jejich budoucnost v České republice. Vodohospodářský bulletin, 4–7
- 9.] Benchmarking VaK
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/benchmarking-vak/>
- 10.] Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod (Generel LAPV)
http://eagri.cz/public/web/file/660225/Generel_LAPV_2020.pdf
- 11.] Národní koalice pro boj se suchem (2020): Tisková zpráva MŽP
https://www.mzp.cz/cz/news_20200512-odbornici-i-politici-stvrdili-nova-opatreni-pro-boj-se-suchem-klicove-je-zadrzovat-vodu
- 12.] Vodní zpravodajství
<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodni-zpravodajstvi/>
- 13.] Water exploitation index
https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_rd220

RNDr. Pavel Punčochář, CSc.
Ministerstvo zemědělství, Sekce vodního hospodářství
a Katedra vodních zdrojů FAPPZ ČZU
pavel.puncochar@mze.cz129, 165 21 Praha 6

STAVÍME NA NÁPADECH



swietelsky.cz

3. SUCHÁ NOVELA VODNÍHO ZÁKONA

Pavel Rubeš

Po epizodě několika po sobě jdoucích suchých let stát začal chystat změnu *vodního zákona*, která by na sucho reagovala. V létě roku 2019 byla Poslanecké sněmovně předložena osnova, která byla v průběhu roku 2020 po dlouhém čekání nakonec projednána. Nyní (v polovině listopadu 2020) zákon prošel Senátem a byl s pozměňovacími návrhy (doplněními) vrácen zpět Poslanecké sněmovně. Ta buď navrhované změny schválí nebo odmítne. Co návrh suché novely *vodního zákona* přináší?

- Pro nové stavby bude stanoveno, že srážkové vody dopadající na stavby se musí akumulovat a následně využít, teprve až poté bude možné je na pozemku vsakovat nebo nechat odpařit a teprve až když nebude žádný z těchto způsobů možný nebo dostatečný, bude možné jejich zadržování a řízení odvádění. Bude přitom záležet na místních podmínkách, zda srážkové vody budou odváděny do vodního toku nebo do srážkové, popř. do jednotné kanalizace.
- Budou zpřísněna pravidla, od jakého objemu nakládání je nutné měřit objem vod. Dosud tato povinnost vznikala až při povoleném nakládání aspoň 500 m³ měsíčně nebo 6000 m³ ročně bez ohledu na typ nakládání, v případě odběru povrchových nebo podzemních vod bude toto pravidlo zpřísněno na 100 m³ měsíčně nebo 1000 m³ ročně povoleného nakládání.
- Novela také bude myslet na vodáky a lodní dopravu, minimální zůstatkový průtok musí umožnit rekreační plavbu, při povolování nové a změn stávající stavby vodního díla v korytu musí být umožněno splutí nebo přenesení plavidla v místech užívání povrchových vod k rekreační plavbě a v případě vodní cesty musí být umožněno překonání vodního díla.
- Pro vrty k využití energie podzemních vod bude k žádosti o souhlas nutné vždy předložit vyjádření osoby s odbornou způsobilostí podle zákona o geologických pracích.
- Vypouštění odpadních vod do vod podzemních bude i nadále možné v dosud povolených případech (jednotlivé obytné domy), avšak nově pro ně bude stanoven limit maximálně 15 m³ ze všech takových staveb dohromady.

Pravidla pro zvládání sucha budou zrcadlově podobná pravidlům pro zvládání povodní. Sucho vodní zákon definuje jako sucho hydrologické čili v půdních vrstvách, projevující se poklesem hladiny vodních toků a podzemních vod. Pokud nastane sucho, zasednou orgány pro sucho, což jsou vodoprávní úřady a dále komise pro sucho na krajské, popř. i celostátní úrovni a budou postupovat podle předem připravených *plánů pro sucho*. V nich budou popsány např. náhradní zdroje vody, seznamy zařízení k řešení nedostatku vody, významných odběratelů, priority zásobování apod. Na prvním místě bude vodou zásobena kritická infrastruktura, např. vodárenské soustavy či velké elektrárny, dále pak bude voda sloužit k zásobování obyvatelstva, potom k živočišné výrobě atd.

Pokud dojde v době stavu nedostatku vody k vyhlášení krizového stavu, zasedají příslušný krizový štáb a příslušná komise pro sucho společně. Pravomoci komisí pro sucho nejsou vyhlášením krizového stavu dotčeny. Totéž bude platit i pro případ povodní a povodňové komise, dosud v případě krizového stavu krizový štáb od povodňové komise přebíral její působnost.

Stav nedostatku vody vyhláší a odvolává krajská, popř. celostátní komise pro sucho. Komise pro sucho může bez ná-

hrady upravit, omezit nebo zakázat obecné nakládání s povrchovými vodami, povolená nakládání s vodami, omezit užívání pitné vody z vodovodu pro veřejnou potřebu, může vlastníkovu vodního díla uložit mimořádnou manipulaci na vodním díle nad rámec schváleného manipulačního řádu, může nařídít vlastníkovu technického zařízení, které slouží pro odběr ze záložního zdroje vody, jeho zprovoznění, může stanovit, resp. upravit minimální zůstatkový průtok nebo minimální hladinu podzemních vod, může vlastníkovu potřebného vodohospodářského zařízení nařídít jeho zprovoznění a poskytnutí. Komise pro sucho tato opatření nařídí buď opatřením obecné povahy, kterému nepředchází řízení o jeho vydání, nebo rozhodnutím, které je jeho vydání prvním úkonem v řízení, přičemž odvolání nemá odkladný účinek. Dodržování kontrolují nejen komise pro sucho, ale také vodoprávní úřady.

Pro *vodovody a kanalizace* bude novela znamenat také několik novinek. Dosud nepodléhalo povolovacímu režimu vypouštění z odlehčovacích komor na stokové síti, nyní se to bude týkat i komor na jiných částech kanalizace, zejm. na čistírně odpadních vod. Plány rozvoje vodovodů a kanalizací krajů budou nově vycházet také z plánů pro sucho.

- Provozovatel bude oprávněn přerušit nebo omezit dodávku vody bez předchozího upozornění také v případě, kdy je mu při stavu nedostatku vody upraveno, omezeno nebo zakázáno nakládání s vodami.
- Odběr vody z vodovodu bude moci opatřením obecné povahy omezit nejen vodoprávní úřad, jako je tomu dosud, nově také krajská či celostátní komise pro sucho. Naopak tuto pravomoc ztratí „obyčejné“ obecní úřady.
- Porušení omezení odběru vody z vodovodu se nově stává přestupkem a bude možné za něj uložit pokutu až 50 tisíc Kč, resp. 100 tisíc Kč u podnikatelů nebo právnických osob.
- Provozovatel vodovodu a kanalizace získá právo odstraňovat a oklešťovat stromoví a jiné porosty, provádět likvidaci odstraněného a okleštěného stromoví a jiných porostů ohrožujících bezpečně a plynule provozování vodovodů a kanalizací poté, co po předchozím upozornění a stanovení rozsahu neučinil sám vlastník nebo uživatel pozemku.

Významnou změnu sucho od r. 2022 promítne také do *zákonu o ochraně veřejného zdraví*, který nově bude počítat s použitím užitkové vody, pod kterou se bude zahrnovat srážková a šedá voda, která je upravena a hygienicky zabezpečena. Šedou vodou se rozumí odpadní voda z umyvadel, sprch a van. Užitkovou vodu lze využít pro splachování toalet a pisoárů, praní, úklid, mytí vozidel, závlahu, vodní prvky nebo kropení komunikací. Prováděcí právní předpis určí vyžadovanou míru úpravy a hygienického zabezpečení a způsob jeho prokázání.

Většina změn bude účinná prvním dnem druhého kalendářního měsíce po vyhlášení ve sbírce zákonů, pravidlo o oklešťování stromoví bude účinné od 1. ledna 2021 a změny v oblasti hygieny vody budou účinné od 1. ledna 2022.

JUDr. Pavel Rubeš, Ph.D.
jaknavak@gmail.com
www.jaknavak.cz

4. VLTAVSKÁ VODNÍ CESTA ČESKÉ BUDĚJOVICE – TÝN NAD VLTAVOU

Jiří Bezděka

Před deseti lety 25. srpna 2010 bylo otevřeno přístaviště Lannova loděnice na levém břehu Vltavy v Českých Budějovicích. První zájemci si tak mohli vyzkoušet cestu lodí po prvním úseku nové vodní cesty. Po dalších sedmi letech byla Vltavská vodní cesta České Budějovice – Týn nad Vltavou dokončena otevřením plavební komory jezu Hněvkovice 20. května 2017.

HISTORIE PLAVBY NA VLTAVĚ

Již od 14. století začíná na Vltavě úprava jezů pro plavbu vorů a člunů. Po vodě se přepravovalo především dřevo, sůl a další náklad. Plavba byla možná jen po proudu, jen některé čluny byly s obtížemi taženy proti proudu koňskými potahy. Pro ně byly postupně upravovány potahové stezky po březích řeky. Nejvíce se o rozvoj vodní dopravy na horní Vltavě a jejích přítocích zasloužil rod Lannů, který přišel do jižních Čech z Horního Rakouska v 18. století. Tadeáš Lanna založil své podnikání na tehdy nejvýkonnějším dopravním prostředku, kterým až do nástupu železnice byly lodě. Lanna je začal stavět ve vlastní loděnici a využil je pro svérázný obchodní model. Nakupoval zboží dovážené povozy z Rakouska nebo z širšího okolí Budějovic. Byla to především sůl a grafit, kterými pak naplnil své čluny a plavil je po Vltavě do vnitrozemí Čech, nebo do Německa. Na vhodném místě pak všechno rozprodal, nejen náklad, ale i lodě, nebo alespoň dřevo z něhož byly zhotoveny. A samozřejmě se při tom nevyhýbal ani tradičnímu vltavskému vorařství. Jeho syn Vojtěch Lanna rozvinul ještě více otcovo podnikání, a navíc prováděl úpravy koryt Vltavy, Lužnice, Nežárky a Blanice. Lannova loděnice ve Čtyřech Dvorech na předměstí Budějovic vyráběla až 350 člunů ročně. S rozvojem železnice byla plavba postupně omezována. Nákladní plavba mezi Českými Budějovicemi a Štěchovicemi skončila uzavřením Slapské přehrady v roce 1954 a poslední vor proplul rozeřstavenou Orlickou přehradou 12. září 1960, tedy před šedesáti lety.

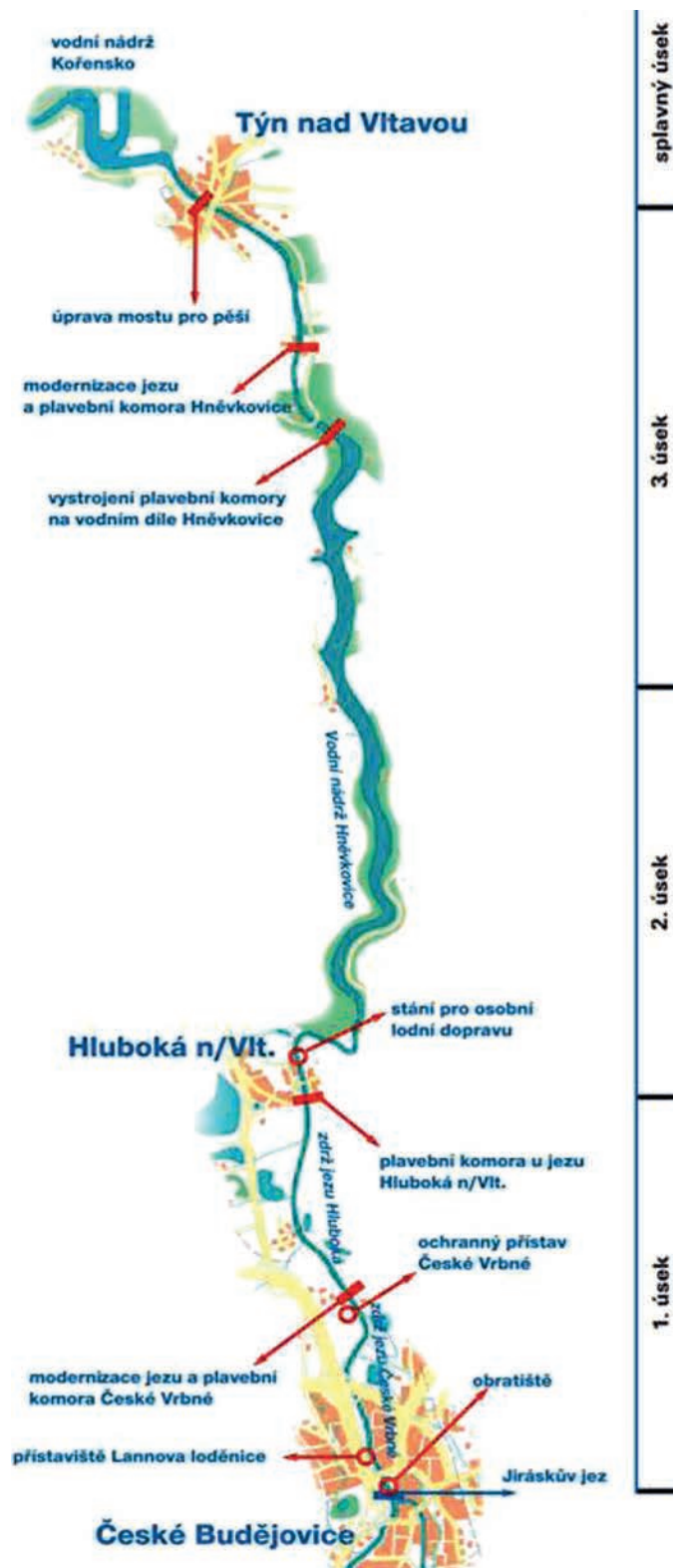
Na sledovaném úseku vodní cesty mezi Českými Budějovicemi a Týnem nad Vltavou bylo ve 20. století upraveno koryto toku Vltavy a postavena vodní díla využívaná při splavnění Vltavy. Jedná se o jez v Českém Vrbném z roku 1969, jez v Hluboké nad Vltavou z roku 1935, přehradu Hněvkovice postavenou v letech 1986 až 1991 a jez Hněvkovice z roku 1919. Vltava byla stále evidována jako splavná vodní cesta zákonem č. 26/1964 Sb., o vnitrozemské plavbě i zákonem č. 114/1992 Sb., kde bylo předepsáno dodržování úprav odpovídajících funkční vodní cestě.

SPLAVNĚNÍ VLTAVY MEZI ČESKÝMI BUDĚJOVICEMI A TÝNEM NAD VLTAVOU

Zvýšený zájem veřejnosti o rekreaci na vodě formou plavby plachetnic a zejména motorových lodí, úspěšná rekreační plavba na Baťově kanále, podpora Jihočeského kraje a řady zájmových sdružení vyústila ve zpracování investičního záměru splavnění horní Vltavy. Rekreace na vodě není jen vlastní plavba, ale i poznávání okolí řeky se zážitky na břehu, to napomáhá rozvoji podnikání v obcích podél řeky.

Ministerstvo dopravy schválilo realizaci splavnění Vltavy ve 3 etapách po úsecích:

- České Budějovice – Hluboká nad Vltavou
- Hluboká nad Vltavou – Vodní dílo (dále jen VD) Hněvkovice
- VD Hněvkovice – Týn nad Vltavou.
- Mapu splavněovaného úseku přináší obr. 1.



Obr. 1. Mapa splavněovaného úseku. Zdroj: Bukovský (2017)



Obr. 2. Stavba plavební komory České Vrbné. Zdroj: Archiv autora

První úsek mezi Českými Budějovicemi a Hlubokou nad Vltavou představoval splavnění v délce 8,9 km mezi přístavištěm Lannova loděnice v podjezí Jiráskova jezu v Českých Budějovicích a nadjezím Hluboká nad Vltavou. Sem byla zahrnuta i plavební komora (obr. 2), modernizovaný jez a přístav České Vrbné. Stavba byla zahájena v roce 2008, již v sezoně 2010 začala omezená plavba mezi Lannovou loděnicí a Českým Vrbným a v červnu 2011 byl celý úsek slavnostně otevřen.

Splavnění pokračovalo na druhém úseku z nadjezí Hluboká nad Vltavou po VD Hněvkovice. Práce probíhaly hlavně na jezu Hluboká nad Vltavou stavbou plavební komory (obr. 3) a prohrábkami v navazujícím úseku dlouhém 3,3 km. Nádrž VD Hněvkovice byla splavná, pouze se zde doplnilo plavební značení. Práce na druhém úseku začaly v roce 2011 a v roce 2013 se otvíralo dalších 19 km vodní cesty až k přehradní hrázi VD Hněvkovice. V květnu 2015 byl dokončen veřejný přístav v Hluboké nad Vltavou.

Poslední úsek se dvěma plavebními komorami mezi VD Hněvkovice a Týnem nad Vltavou prodloužil vodní cestu o 5,4 km. V roce 2009 byla vystrojena plavební komora VD Hněvkovice, dokončená stavebně již v roce 1991. Další práce na splavnění Vltavy začaly v roce 2014 na poslední plavební komoře na jezu Hněvkovice včetně navazujících prohrábek koryta. Celá stavba byla slavnostně uvedena do provozu 20. května 2017



Obr. 3. Stavba plavební komory Hluboká nad Vltavou. Zdroj: Archiv autora



Obr. 4. Přístav České Vrbné. Zdroj: Archiv autora

a pro plavbu je tak možné využít novou vodní cestu v celkové délce 33 km s napojením na VD Orlík.

Vodní cesta byla stavěna pro třídu I. tak, aby zde byl v budoucnu umožněn provoz všem plavidlům, která odpovídají dané plavební třídě a českým technickým předpisům včetně nákladní dopravy o tonáži až 300 tun. Všechny plavební komory mají rozměry 45 m užitné délky, 6 m šířky a podjezdné výšky 5,25 m. Plavební dráha v této etapě byla provedena pro návrhové plavidlo o délce 44,5 m, šířce 5,5 m a ponoru 1,3 m. Hloubka takto upravené vodní cesty je 1,6 m a umožňuje ponor plavidel až 1,3 m, ale stavební objekty umožňují případně budoucí prohloubení až na plavební hloubku 2,7 m pro plavidla s ponorem 2,2 m. Hloubka plavebních komor nad záporníkem je 3 m. Obousměrná plavební dráha je široká minimálně 20 m, avšak ve zdrži jezu Hluboká nad Vltavou byly zachovány jednosměrné úžiny. Limitem plavebního provozu je maximální průtok na vodočtu České Budějovice, resp. odtoku z VD Hněvkovice $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Součástí nové vodní cesty je i přístavní infrastruktura přístavišť pro osobní lodní dopravu a dva přístavy. Přístaviště osobní dopravy mají vždy dvě úrovně nástupu cca 0,5 a 0,9 m nad hladinou. Jsou řešené s bezbariérovým přístupem a s vyvazovacími pacholaty. Nad jezem České Vrbné, na levém břehu Vltavy, byl postaven nový veřejný přístav až pro 27 malých plavidel a pro 2 osobní lodě s ochranou za povodní (obr. 4). Přístav je oddělen



Obr. 5. Stavba přístavu Hluboká nad Vltavou. Zdroj: Archiv autora

Tab. 1. Počet registrací malých plavidel. Zdroj: Vodní cesty a plavba 2/2019, str. 27

Počet registrací malých plavidel v ČR									
Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Počet	12 561	13 134	13 706	14 285	15 017	15 662	16 307	17 164	18 020

od koryta vjezdovým objektem, přes ochrannou hráz, uzavíraným deskovým vraty šířky 6 m. Přes vjezd byl postaven první český sklopný most s vahadlem, který umožňuje proplutí lodí s výškou až 5,25 m a zároveň most příliš nezvýšil niveletu pobřežní komunikace. Všechna stání plavidel mají k dispozici vodu a elektřinu z odběrných sloupků. Přístav je vybaven spouštěcí rampou, od roku 2016 i pevným otočným jeřábem nosnosti 10 t, zařízením pro odčerpání odpadních vod z lodí a přípravou pro tankování pohonných hmot. Součástí přístavu je i kapitanát se zázemím pro posádky.

Před jezem Hluboká nad Vltavou je na levém břehu veřejný přístav (obr. 5). Využívá původní koryto řeky a je protékán vodou pro čerpací stanici užitkové vody do areálu zámku a pro malou vodní elektrárnu. Přístav umožňuje stání 73 malých plavidel u plovoucích a pevných mol a také stání osobních lodí u pevné hrany k nástupu a výstupu cestujících. Vjezd do přístavu je možné uzavřít hradíci tabulemi v případě povodní nebo údržby. Přes vjezd je osazena zdvižná lávka s podjezdnou výškou vyšší než 5,5 m. Po lávce je vedena cyklostezka z Českých Budějovic do Purkarce. V přístavu je sjezd pro spouštění plavidel, 23 odběrných sloupků vody a elektřiny i nově zařízení na odčerpání odpadních vod a dobíjecí stanice elektrokol. Je zde stavební příprava pro čerpací stanici pohonných hmot. Od roku 2017 je v přístavu kapitanát a služebna Státní plavební správy. Kapitanát obsahuje informační středisko, sociální zázemí a umožňuje správci přístavu dálkové ovládání zdvižné lávky. U přístavu je i parkoviště postavené městem Hluboká nad Vltavou.

Za deset let tak vznikla čtyři zdymadla, dva přístavy, pět přístavišť. Bylo upraveno patnáct kilometrů koryta řeky. Na celkovou investici dvě miliardy korun byly využity prostředky Evropské unie prostřednictvím operačního programu Doprava a ze Státního fondu dopravní infrastruktury. Novou vodní cestu projektovali čeští inženýři a postavily české firmy. Celkové řešení projektu zvýšilo ochranu území před povodněmi. Provozovatelem plavebních komor a přístavu České Vrbné je Povodí Vltavy, státní podnik; přístav Hluboká nad Vltavou provozuje Ředitelství vodních cest ČR.

Ocenění staveb vltavské vodní cesty Č. Budějovice – Týn nad Vltavou

V každoroční soutěži vodohospodářských staveb udělovaných v kategorii stavba sloužící k umělému vzdouvání, zadržování a usměrňování povrchových vod, ochraně před škodlivými účinky vod a úpravě vodních poměrů s investičními náklady nad 50 mil. Kč zvítězily dvě stavby nové vodní cesty. V roce 2014 to byl sportovní přístav Hluboká nad Vltavou a v roce 2017 plavební komora u jezu Hněvkovice. Další ocenění získala tato plavební komora v soutěži Česká dopravní stavba, technologie, inovace roku 2017, udělením titulu v kategorii Vodní stavby. Málo známé je pojmenování plavební komory Hluboká nad Vltavou po významném projektantu vodních děl Ing. Liboru Zárubovi. Na plavební komoře byla slavnostně odhalena jeho busta.

VYUŽITÍ VODNÍ CESTY PO JEJÍM DOKONČENÍ V ROCE 2017 DO SOUČASNOSTI

Od roku 2010 trvale roste zájem o rekreační plavbu. Projevuje se to počtem registrovaných malých plavidel a počtem zájemců o průkaz způsobilosti vůdce malého plavidla vydávaného po úspěšném absolvování kurzu a zkoušky Státní plavební správou. Narůstající počet registrací malých plavidel ukazuje tab. 1.

Od prvního úseku splavnění se postupně rozvíjí také osobní lodní doprava na pravidelných linkách a mimořádných plavbách. Zásadním krokem většího využití nové vodní cesty na horní Vltavě bylo její propojení s vodní nádrží Orlík po dokončení plavební komory Hněvkovice jez. Ze statistiky proplavených lodí a osob plavebními komorami od roku 2017 je zřejmý trend stále většího využívání plavební cesty České Budějovice – Týn nad Vltavou. Rovněž v obou přístavech jsou dlouhodobá stání obsazena a v hlavní sezoně jsou využita i všechna ostatní stání, i když některá jen krátkodobě. Počet proplavených lodí a osob mohl být v prvních třech plavebních sezonách ještě vyšší, byl však brzy po spojení plavební cesty s nádrží vodního díla Orlík nepříznivě ovlivněn hydrologickou situací v povodí Vltavy. Nízké přítoky do nádrže Orlík způsobily snížení hladiny v souladu s manipulačním řádem VD, stanovujícím minimální průtoky pod přehradou. Plavební komora Kořensko na konci vzdutí nádrže byla uzavřena z důvodu nezajištěné plavební hloubky v úseku řeky pod komorou. V roce 2017 uzavřela Státní plavební správa komoru Kořensko již 4. 7., v roce 2018 pak 10. 8. a v roce 2019 znovu 18. 8. Celou plavební sezonu 2020 byla hladina v nádrží Orlík již na úrovni, která plavbu neomezovala. Státní podnik Povodí Vltavy řeší toto omezení plavby prohrádkou koryta ve dvou etapách mimo plavební sezonu v letech 2019/2020 a 2020/2021. Po dokončení prohrádek bude omezení plavby v tomto úseku odstraněno.

Na každé plavební komoře provádí obsluha evidenci proplavených plavidel a osob oběma směry. **Z přehledu je zřejmý trend růstu využití plavebních komor od dokončení vodní cesty. Nejvíce využívanou plavební komorou je Hluboká nad Vltavou,**

Tab. 2. Přehled proplavených lodí. Zdroj: Povodí Vltavy, státní podnik, závod Horní Vltava

Přehled proplavených lodí					
Plavební komora	Rok				Celkem
	2017	2018	2019	2020	
České Vrbné	1276	1515	1818	1886	6495
Hluboká nad Vltavou	2066	2839	2794	3217	10916
Hněvkovice přehrada	1178	1831	1503	2200	6712
Hněvkovice jez	1310	1898	1818	2229	7255
Celkem	5830	8083	7933	9532	31378

Tab. 3. Přehled proplavených osob. Zdroj: Povodí Vltavy, státní podnik, závod Horní Vltava

Přehled proplavených osob					
Plavební komora	Rok				Celkem
	2017	2018	2019	2020	
České Vrbné	5557	6270	9901	11815	33543
Hluboká nad Vltavou	8372	10912	11059	12031	42374
Hněvkovice přehrada	4421	6146	5357	7118	23042
Hněvkovice jez	5182	6417	6431	7594	25624
Celkem	23532	29745	32748	38558	124583

a to jak v počtu proplavených lodí, tak i počtem osob. Stoupající počet proplavených lodí a osob dokumentují tab. 2 a tab. 3. Je zde přímá souvislost s blízkostí největšího přístavu na vodní cestě. Přístav a sportovní areál v Hluboké nad Vltavou poskytuje zázemí několika půjčovnám, které nabízí pronájem od paddleboardů a oblíbených malých motorových člunů až po hausbóty.

Jihočeská centrála cestovního ruchu vnímá vodní cestu jako významný ekonomický rozvojový faktor. Poloha uprostřed kraje s okolní půvabnou krajinou, **četnými kulturními a historickými památkami je předpokladem rozvoje** nejen rekreace na vodě, ale i pěší turistiky, cykloturistiky a rodinné dovolené spojené se zážitky. Již se realizuje doplnění stávající plavební cesty dalšími

přístavišti, především v Českých Budějovicích a Týně nad Vltavou pro možnost strávit v těchto městech více času. **Záměr propojení vodní cesty s centrem Českých Budějovic** a soutokem Vltavy a Malše novou plavební komorou na Jiráskově jezu by zájem o vodní cestu ještě zvýšil a byl by atraktivní především pro krajské město.

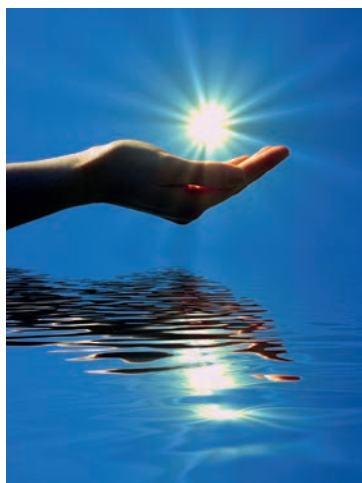
Poděkování

Ředitelství vodních cest ČR za svolení publikovat obr. 1.

LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- 1.] Bukovský, J. (2017): Otevírá se splavněná Vltava do Českých Budějovic, aneb jak se sny proměnily ve skutečnost. Vodní cesty a plavba 1, 9–22
- 2.] Povodí Vltavy, s. p., Vltavská vodní cesta
<http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta>
- 3.] Ředitelství vodních cest ČR, Dokončení vltavské vodní cesty
<http://www.rvccr.cz/strategie-zamery-a-stavby/dokonceni-vltavske-vodni-cesty-ceske-budejovice-ty-n-vltavou>
- 4.] Vodní cesty a plavba
<http://www.rvccr.cz/informacni-servis/casopis-vodni-cesty-a-plavba>

Ing. Jiří Bezděka
Hluboká nad Vltavou
jiri.bezdeka@post.cz



5. JAK ZAMEZIT MIGRACI NEŽÁDOUCÍCH DRUHŮ RYB NAD ÚDOLNÍ NÁDRŽ LIPNO

Milan Hladík, Milan Muška, Ondřej Slavík, Pavel Horký

ÚVOD

Ačkoli se v současné době věnujeme spíše projektům zaměřeným na odstraňování migračních bariér na vodních tocích, tento článek se bude zabývat možnostmi, jak naopak ve vhodných případech volné migraci ryb bránit. Jedná se například o migraci ryb z vodních nádrží, které mohou výrazně ovlivňovat rybí obsádky ve vodních tocích, a to jak směrem po proudu, tak i proti proudu. Tento vliv se může dostávat do rozporu se zájmy ochrany přírody a je vhodné se jím zabývat.

Rybí obsádka nad přehradou je ovlivněna především vlivem ryb migrujících z nádrže. Je třeba si uvědomit, že nádrž, která je lokalizována většinou na úrovni lipanového až parmového pásma, hostí nejčastěji obsádku odpovídající spíše pásmu cejnovému. Hojně zastoupení jsou zde např. plotice obecná, cejn velký a ouklej obecná. Těmto rybám poskytuje nádrž potravu a také útočiště během zimy. Jmenované rybí druhy pak částečně v rámci svého životního cyklu využívají i přítok do přehrady, například k rozmnožování a k hledání potravy. Tím nevhodně ovlivňují původní rybí obsádku nad nádrží, jelikož původní druhy jako jsou např. pstruh obecný a lipan podhorní, nejsou adaptovány ke konkurenci s hejny kaprovitých ryb. Jejich konkurenční výhoda před lososovitými druhy ryb spočívá především v možnosti přezimovat v nádrži, kde v hlubších částech s minimálním prouděním šetří energetické výdaje a jsou chráněni před predátory. Naopak lososovité druhy jsou celé zimní období vystaveny energetickým ztrátám v dynamickém říčním prostředí a silnému tlaku predátorů. V důsledku této výhody pak kaprovité druhy vykazují vysoký stupeň přežívání. Na jaře a v létě pak v tisícíhlavých hejnech migrují za rozmnožováním a potravou do přítoku, kde konkurují původním druhům.

JAK PŘÍBĚH ZAČAL

O migraci ryb nad Lipno se mezi rybáři hovoří již dlouho. V prvních letech po napuštění nádrže byly evidovány migrace především štik a okounů, v posledních letech rekreační rybáři lovíli boleny i desítky kilometrů na nad nádrží. Narůstajícího počtu kaprovitých ryb si všimli především rekreační rybáři, úbytek pstruha obecného zase nedal spát zaměstnancům Správy NP Šumava, kteří se snaží o podporu populace vzácného mlže perlorodky říční, která je v rámci svého životního cyklu na pstruha vázána jako tzv. larvální invazní stadium, glochidie. Mikroskopické glochidie parazitují především na žábrách pstruhů, aby získaly energii k dalšímu vývoji a využívají je i k migraci v rámci vodních toků. Bez parazitické fáze je vývoj perlorodek přerušen a glochidie během několika dní uhynou. Je vhodné zdůraznit, že z přítomných druhů ve Vltavě hostitelem perlorodek může být pouze pstruh obecný, jedná se tedy o druhově specifickou vazbu v systému parazit-hostitel. Perlorodky jsou přítomny pouze v hlavním toku Vltavy, zatímco pstruzi i v menších přítocích.

Teprve v rámci projektu Soužití člověka a perlorodky říční ve Vltavském luhu došlo v letech 2014–2016 k popsání skutečného stavu, kdy byla využita kombinace moderních vědeckých ichtyologických metod:

- přímý monitoring stavu rybí obsádky na šesti profilech ve třech obdobích roku,
- monitoring migrujících ryb v profilu Ovesná těsně nad nádrží Lipno pomocí akustické kamery Didson,
- sledování pohybu ryb v celém systému pomocí telemetrie – tedy sledováním asi 200 jedinců, kterým byla do těla vpravena miniaturní vysílačka, která vysílá informace o pozici a fyziologickém stavu ryb.

Zcela nepochybně byla prokázána masová migrace ryb z ÚN Lipno do toku Vltavy v jarních měsících a její negativní vliv na původní obsádku během jarní a letní sezóny, zejména na populaci pstruha obecného.

Zajímavé bylo, že dravé druhy ryb jsou ve Vltavě relativně málo početné na to, aby se na původních druzích mohla projevit jejich predace. Překvapivé bylo zjištění početné populace jeliců jesenů a jeliců tloušťů, o jejichž vlivu na původní společenstvo v přítoku se ani nespekulovalo, a přesto je jejich vliv evidentně významný. Především druhy jako jelec jesen, cejn velký a jelec tloušť migrují v jarním období z lipenské přehrady do Vltavy a v podzimním období zpět. Tyto druhy vystupují proti proudu Teplé Vltavy až k Soumarskému mostu a Lenoře, tedy přibližně 24 km. Více než nečekané bylo pak pozorování masivní migrace drobných kaprovitých ryb, ouklejí, jeliců proudníků a plotic. Ouklej obecná, původně druh dolního toku řek, je nejpočetnějším druhem řeky Vltavy nad ÚN Lipno a pravděpodobně i nejvýznamnější potravní konkurent pstruhů a lipanů. Masová migrace dosahovala ve svém vrcholu několika tisíců kusů denně a stotisíců kusů celkově. Ouklej se výborně adaptovala na život v nádrži, kde ji lze považovat za dominantní druh, a expanduje masivně i do řeky nad nádrží. Větší hejna ouklejí byla zaznamenána dokonce až na profilu Horní Vltavice, tedy více než 37 km nad nádrží a vysoko nad místy s výskytem perlorodek. Výskyt ouklejí a ostatních kaprovitých druhů ryb v řece Vltavě vrcholí na konci jarního období a v létě, naopak na podzim se pak vrací do lipenské nádrže.

Pstruh se v určitém období roku, především v zimě a na jaře, vyskytuje v místech, kde jsou také kolonie perlorodek. Problematiká je však skutečnost, že v období, kdy se glochidie perlorodek musí setkat se pstruhem, tedy koncem léta, se pstruh v řece Vltavě vyskytuje stále méně. Příčinou je tlak kaprovitých ryb migrujících z Lipna, kterému pstruzi ustupují a přesouvají se do přítoků, jako jsou např. Jezerní a Chlumský potok, Studená Vltava, Teplá Vltava, Olšinka a Řasnice. V důsledku tak nedochází ke kontaktu pstruhů a glochidií perlorodek, což nepochybně vede ke snížení šancí na záchranu toho extrémně ohroženého mlže. Vliv kaprovitých druhů na prostorovou distribuci pstruha je proto velmi významný, stejně tak i na populaci dalšího čím dál vzácnějšího druhu podhorských toků – lipana podhorního. Proto je nutné se pokusit zabránit migraci kaprovitých druhů ryb do nejcennějších částí povodí Vltavy nad Lipnem.

JAKÁ JSOU MOŽNÁ ŘEŠENÍ TĚTO SITUACE

Nejjednodušším řešením by byla výstavba jezu, ale to v daných podmínkách z celé řady důvodů nepřichází v úvahu. Bylo nutné

vyvinout a otestovat vhodnou alternativu. To je cílem projektu Vývoj technického opatření k zamezení migrace nežádoucích druhů ryb nad ÚN Lipno za účelem podpory obnovy populace pstruha obecného a perlorodky říční, který je kofinancován Technologickou agenturou České republiky v rámci programu Epsilon a který běžel v letech 2017–2020.

Projekt řeší zejména velmi specifické podmínky v daném území. Zařízení musí zamezit migraci ryb za velmi rozdílných hydrologických podmínek v toku (rozmezí průtoků rámcově 4–30 m^{3/s}), musí odolat povodním a ledochodům, nesmí ovlivňovat hydrologické podmínky v toku. Mělo by být účinné pro drobné druhy ryb s šířkou těla do 1 cm (ouklej) i pro velké ryby, jako je například bolen dravý, a v neposlední řadě by mělo minimálně omezit možnosti splouvání toku pro vodáky. Nemělo by zároveň omezovat případnou migraci pstruhů. Zařízení by také mělo vyžadovat co nejmenší údržbu a minimalizovat zanášení. Podle zkušeností získaných během projektu se totiž ukázalo, že hlavně na jaře dochází v řece k poměrně silnému driftu částí vodní vegetace, která je ve Vltavě nad Lipnem bohatě rozvinutá a rychle zanáší většinu pevných konstrukcí. Tento negativní efekt se během doby trvání projektu prohluboval díky narůstající aktivitě bobrů.

Předmětem projektu je i navržení vhodné lokalizace budoucí migrační bariéry vzhledem k technickým podmínkám (realizovatelnost navrženého technického řešení, přístup, možnost manipulace) a také vzhledem k potřebám populací ryb, aby ryby z nádrže měly dostatek prostoru k rozmnožování a zároveň byla ochráněna nejdůležitější část přirozených populací v toku ve vazbě na rozšíření perlorodky říční.

POSTUP ZPRACOVÁNÍ PROJEKTU

Na základě odborné rešerše a vyhodnocení výše uvedených podmínek bylo navrženo, že zařízení musí být mobilní a bude vždy instalováno po odchodu ledů před začátkem jarní migrace a z toku bude odstraněno na konci června nebo začátkem července. Tím bude podchycena hlavní část migrace kaprovitých druhů ryb a zároveň nebude ovlivněna migrace pstruhů, kteří migrují koncem léta a na podzim. Omezí se také ovlivnění splouvání řeky vodáky, kteří splouvají řeku hlavně v létě, a také se prodlouží životnost zařízení a nebude nutné řešit odolnost proti ledochodům. Zařízení je konstruováno jako kombinace dvou druhů zábran a splňuje další technické parametry.

Pro testování byl vybrán profil na Ovesné těsně nad vzdutím nádrže, kde již proběhly dřívější výzkumy, profil v upravené části toku je vhodný k instalaci zařízení, je zde dobrý příjezd a také je zde zdroj elektrického proudu z místní chaty. Testování probíhalo v letech 2017–2020.

Pro finální lokalizaci budoucí bariéry byl vybrán profil nad mostem v Pěkné, a to z několika důvodů:

- lokalizace poskytne rybám z přehrady dostatečný úsek toku Vltavy pro rozmnožování a jako případný zdroj potravy,
- ochráníme nejdůležitější část populace perlorodky a také nejvhodnější část toku pro populace původních druhů ryb, včetně hlavních přítoků,
- k profilu je dobrý příjezd, a to jednak z důvodu realizace betonového profilu a také pro pravidelnou instalaci, kontrolu a údržbu zařízení, je zde vhodná manipulační plocha
- je to nejbližší místo pro přivedení zdroje elektrické energie, případně je zde možné instalovat alternativní zdroje elektřiny,
- část vodáků začíná svou cestu pod tímto profilem, tedy omezíme možné konflikty s nimi.

Na tomto profilu je již od roku 2019 umístěna druhá mechanická bariéra a je sledováno chování ryb.

PODSTATA TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Výsledkem projektu je návrh speciálního uspořádání a technického řešení celého profilu, který zahrnuje tyto charakteristiky:

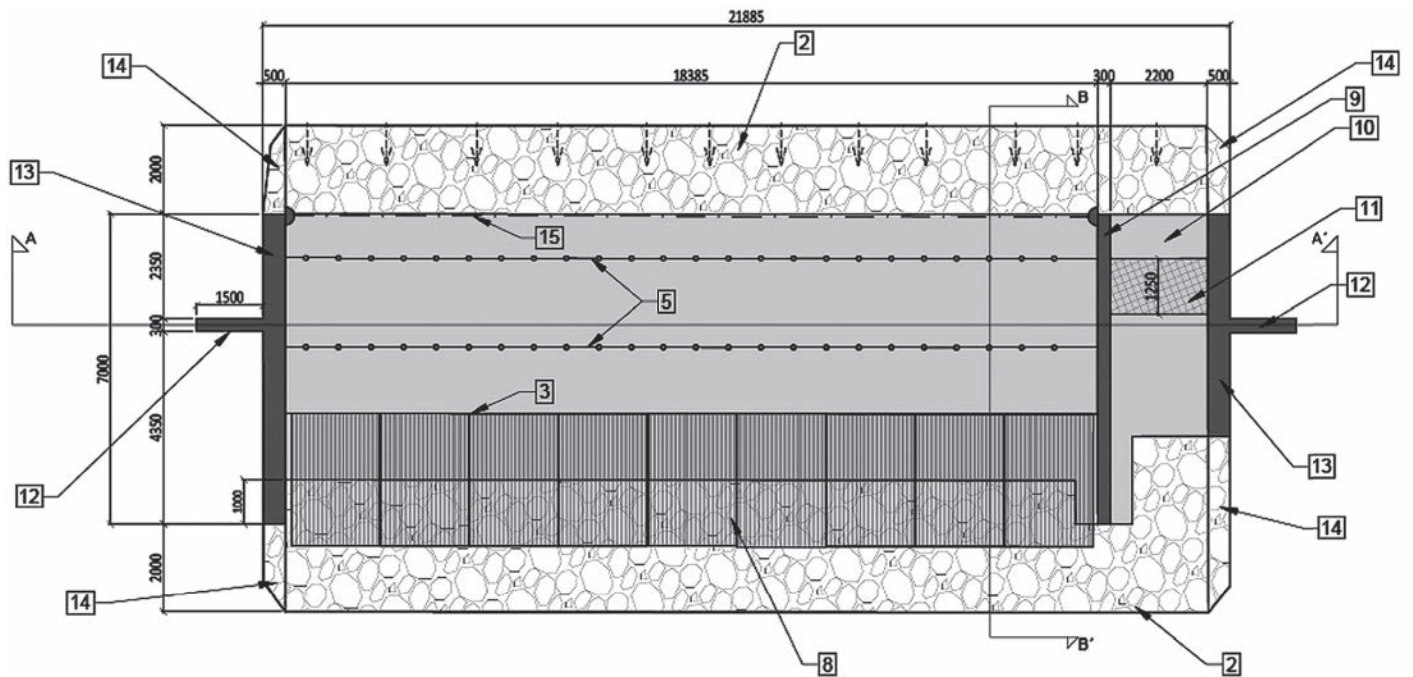
- je využita kombinace dvou typů migračních bariér (mechanické a elektrické),
- je navrženo speciální ukotvení do dna v rámci betonového profilu zlepšující funkčnost a umožňující snadnou instalaci a demontáž
- zařízení obsahuje prvky pro zajištění bezpečnosti vodáků a dalších návštěvníků.

Při návrhu technického řešení byla využita kombinace mechanické a elektrické bariéry. Každá z těchto bariér je funkční v ideálních podmínkách, a jejich kombinace efektivitu zvyšuje. Jako mechanická bariéra je využit plot z utěsněných plastových trubek o průměru 20 mm a délce přibližně trojnásobku hloubky (na testovacím profilu to bylo 3000 mm) uspořádaných vedle sebe s roztečí 20 mm. Pevnost a stálost tvaru zajišťují příčné trubky o průměru 50 mm s otvory. Vztlak horní části zvyšují plováky z trubek o průměru 110 mm. Všechny trubky jsou vyrobeny z materiálu Hostalen, který je sám o sobě lehčí než voda a který splňuje požadavky na tvarovou pevnost a stálost, elasticitu a odolnost proti mechanickému poškození. Bariéra ztrácí funkčnost při vyšších průtocích vlivem zanesení splávním a sklopením. Bariéra je řešena segmentově z dílů o šířce 2000 mm pro snazší manipulaci a montáž. To dále umožňuje i snadnější opravu při poškození, kdy je možné vyměnit celý segment. Mechanická bariéra je konstruována jako mobilní, pro její upevnění jsou do dna vloženy ocelové úchyty ve tvaru L. Na břehu bude připravena zpevněná manipulační plocha i místo k uložení všech mobilních částí bariéry.

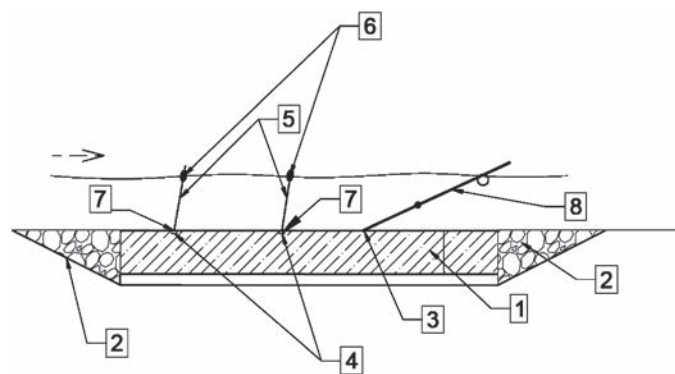
Jako elektrická bariéra je využita patentovaná bariéra Neptun od firmy Procom System, která je tvořena dvěma řadami elektrod (kladné a záporné) v podobě svislých ocelových trubek (délka přibližně o 200 mm více, než je běžná hloubka v daném profilu), které jsou spojeny pomocí ocelového řetězu a ukotveny tak do dna a propojeny vodotěsným kabelem. Svislou polohu zajišťují plováky. Mezi těmito řadami elektrod vzniká elektrické pole, jehož intenzita se zvyšuje směrem proti proudu, a to odrazuje ryby od proplutí. Na břehu je pak ve speciálním boxu uložen generátor elektrického pole. Je napájen ze sítě nebo z baterií (například dobíjených fotovoltaickými panely nebo malou vodní turbínou). Bariéra je odolná vůči zanesení splávním, a tedy je funkční i při vyšších průtocích, ale nefunguje při výpadku elektrického proudu nebo při přerušení některého z vodičů. Prvky elektrické bariéry budou v profilu celoročně, jelikož při časté manipulaci by hrozilo poškození vodotěsnosti elektrických rozvodů. Na dně jsou pro uložení řetězu a kabelů elektrické bariéry připraveny žlábkové ve tvaru U o rozměrech 100 x 100 mm. Dále jsou v desce připraveny žlábkové pro jednotlivé kovové elektrody, které budou ponechány v místě (po odmontování plováků) i přes zimu, a budou je chránit proti poškození při ledochodu a povodních.

Funkčnost bariéry bude zvýšena uložení do rovné betonové desky – příčného prahu, který zajistí stálou hloubku a rovnoměrný průtok v celé šířce profilu a uchycení všech funkčních prvků. Boky jsou kolmé a mají úchyty pro upevnění okrajů mechanické bariéry.

Konstrukční řešení ukazují obr. 1 a 2. Prototyp bariéry ukazuje obr. 3.



Obr. 1. Celková situace vzorového řešení. Zdroj: VRV a.s.



Obr. 2. Vzorový řez (v místě označeném „B“ na situaci v obr. 1). Zdroj: VRV a.s.

Legenda k Obr. 1 a 2:

- (1) betonová deska – práh, (2) kamenný zához pro stabilizaci betonové desky, (3) L – úchyt pro uchycení mechanické bariéry, (4) U – profil pro uchycení řady elektrod elektrické bariéry, (5) elektrická bariéra – elektroda, (6) elektrická bariéra – plovák, (7) elektrická bariéra – spojovací prvek, kotvící řetěz, (8) mechanická bariéra – plot z plastových trubek s příčnickem a plovákem, (9) vnitřní bok vodácké propusti, (10) vodácká propust, (11) kartáčová bariéra, (12) zavázání konstrukce do břehu, (13) vnější bok vodácké propusti, (14) opevnění břehu, (15) infračervené čidlo (znázorněna trasa paprsku).



Obr. 3. Funkční prototyp bariéry při testování na Ovesné, žluté bóje nadnášejí elektrody bariéry Neptun Zdroj: VRV a.s.

ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI VODÁKŮ

Pro zajištění bezpečnosti vodáků budou přijata následující opatření:

- Elektrické pole není dle údajů od výrobce nebezpečné pro člověka ani při přímém kontaktu, způsobuje pouze nepříjemné brnění, ale při technickém řešení byl přijat princip předběžné opatrnosti a je snaha kontakt osob s elektrickým polem vyloučit. Nevíme, co by se stalo, kdyby do vody spadl někdo se srdeční chorobou nebo do konce s kardiostimulátorem a ve zmatku se například elektrody chytil. Počítáme s tím, že většina vodáků nemá dostatečné zkušenosti a jsou to spíše amatéři nebo děti.
- Po straně bariéry bude proto vybudována vodácká propust o šířce 2000 mm, neprůchodnost této propusti pro ryby bude zajištěna pomocí řad bloků (kartáčů) z plastových prutů eliptického průměru o délce 800 mm. Navíc bude zajištěna možnost přenášení nebo koníčkování, kdy budou na břehu vybudovány schody pro výstup a vstup, možnost uvázání lodi a zpevněná plocha pro pohyb podél bariéry.
- Bariéra je zároveň průjezdná směrem po proudu bez problémů, lodě dostatečně izolují posádku proti účinkům elektrického pole a plastové trubky se skloní. Předpokládá se ale, že vodáci pojedou propustí nebo lodě přenesou.
- Zařízení bude navíc pro jistotu jištěno proti náhodnému vniknutí infračerveným čidlem (podobným, jako je například používáno při výjezdu z garáže), které při vniknutí osoby nebo lodě do prostoru migrační bariéry elektrickou část vypne na pět minut.

HARMONOGRAM PŘÍPRAVY A REALIZACE FINÁLNÍ BARIÉRY

V současné době probíhají projekční a inženýrské práce, projekt by měl být hotov do května 2021, následně se předpokládá získání stavebního povolení a podání žádosti do OPŽP a vlastní realizace proběhne doufejme v roce 2022. Do té doby bude migraci ryb na profilu Pěkná bránit provizorní mechanická bariéra, která byla využita již během končícího projektu.

Tento koncept migrační bariéry může být využit kdekoliv, kde bude potřeba zabránit nevhodné migraci ryb, a nebo migrující ryby odklonit správným směrem například z náhonů a odpadních kanálů MVE.

DOPLŇKOVÁ OPATŘENÍ

Celý projekt by neměl smysl bez cílené podpory populací pstruha a perlorodky. Z hlediska rybářského managementu všechny

přítoky Vltavy jsou chráněnou rybí rezervací, stejně tak celá Studená Vltava, Řasnice a Teplá Vltava nad Polkou. Na Teplé Vltavě od Polky dolů a na vlastní Vltavě, kde je možné rybařit, je minimální míra pstruha zvýšena na 30 cm (to je v podmínkách Šumavy téměř maximální délka). Každoročně probíhá vysazování plůdku pstruha obecného šumavské genetické linie odchovaného na líhni v Borových Ladách. Za účelem podpory populace perlorodky byla na Dobré vybudována odchovná stanice, která produkuje juvenilní stádia perlorodek, které jsou v různé velikosti vysazovány do vybraných částí toku.

ŘEŠITELÉ PROJEKTU

Hlavním řešitelem projektu je Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s. (VRV a. s.), dalšími řešiteli pak Biologické Centrum AV ČR, v. v. i., Hydrobiologický ústav a Česká zemědělská univerzita v Praze.

DALŠÍ SUBJEKTY PODÍLEJÍCÍ SE NA ŘEŠENÍ PROJEKTU

Povodí Vltavy, státní podnik se na projektu podílí zejména po odborné stránce, kdy poskytuje konzultační činnost, ale i po technické stránce, kdy zpracovatelům projektu nabídlo možnost využít technické zázemí ve svém objektu v Hůrce na Lipně, nebo poskytuje techniku například pro úpravu dna v rámci testovacího profilu. Dalším odborným subjektem, který na projektu spolupracuje na odborné a konzultační úrovni, je Správa NP Šumava.

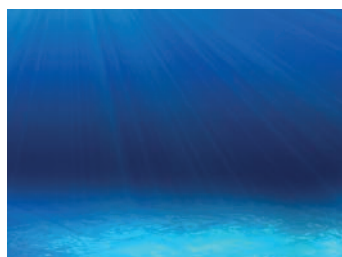
RNDr. Milan Hladík, Ph.D.

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Divize 06,
Nábřeží 4, 150 56 Praha 5
Pracoviště České Budějovice, Kněžská 354/34,
370 01 České Budějovice
hladik@vrv.cz

RNDr. Milan Muška, Ph.D.

Biologické Centrum AV ČR, v. v. i., Hydrobiologický ústav,
Na Sádkách 702/7
370 05 České Budějovice

prof. Mgr. Ondřej Slavík, Ph.D., doc. Ing. Pavel Horký, Ph.D.
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129
165 21 Praha 6 – Suchbátka



6. OSMDESÁT LET OD STAVBY VD HUSINEC

Bedřich Krivánek

První myšlenky na vybudování vodního díla na řece Blanici jsou datovány do dvacátých let minulého století, kdy byla dobudována regulace na dolním toku Blanice od Vodňan do Putimi. Velké vody z řeky Blanice a Otavy tehdy ohrožovaly obec Putim a město Písek, jelikož zkrácením toku regulací docházelo k setkávání povodní na soutoku s řekou Otavou a násobila se povodňová vlna, která pak ohrožovala jak město Písek, tak obec Putim. Potřebu vodního díla zdůvodňují historické prameny.



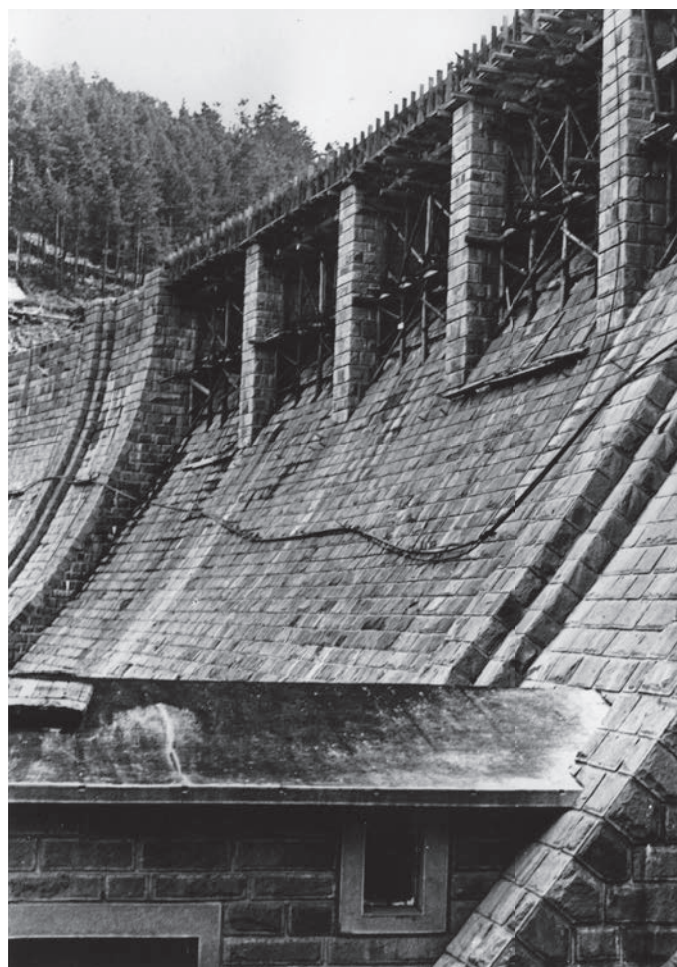
Celkový pohled na areál VD Husinec (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

„Údolí Blanice a Otavy trpěla odedávna povodněmi, které i několikrát do roka se opakovaly a ničily majetky občanstva podél řeky osídleného, působily veliké škody na pozemcích a vegetaci a měly mnohdy za následek veliké zdravotní závady. Naproti tomu trpělo území v obdobích sucha nedostatkem vody. Se vzrůstajícím osídlením, s úsilím po racionálním hospodářství a zvýšení zemědělské produkce a se zvýšením nároků zdravotních bylo voláno občanstvem po nápravě. Ve snaze pomoci ohroženému občanstvu a zabránit dalším škodám dospěli odborníci po důkladném uvážení všech okolností k jednotnému názoru, že pouhou regulací toku se neodstraní všechny závady, nýbrž že definitivní nápravy je možno docílití jedině vybudováním vodní nádrže.“ (Báča a kol. 2005).

V roce 1927 byl proveden geologický průzkum místa stavby hráze a jejího nejbližšího okolí. Bylo konstatováno, že stavba hráze je možná a podloží složené z kordieritových rul je dostatečně únosné a nepropustné. Bylo vybíráno ze čtyř variant, zděná gravitační hráz z lomového kamene o výšce 35 m se sedmi přelivnými poli a bočním kaskádovým přelivem nebo výšce 25 m s pěti přelivnými poli, sypaná hráz s betonovou vodohospodářskou částí a pro případ, že by se nenašlo vhodné ložisko stavebního kamene, byla uvažována i hráz betonová. Geologický posudek vyloučil alternativu hráze o výšce 35 m a doporučil výstavbu hráze o výšce 25 m nade dnem. Projekt byl vypracován v roce 1930 Zemským

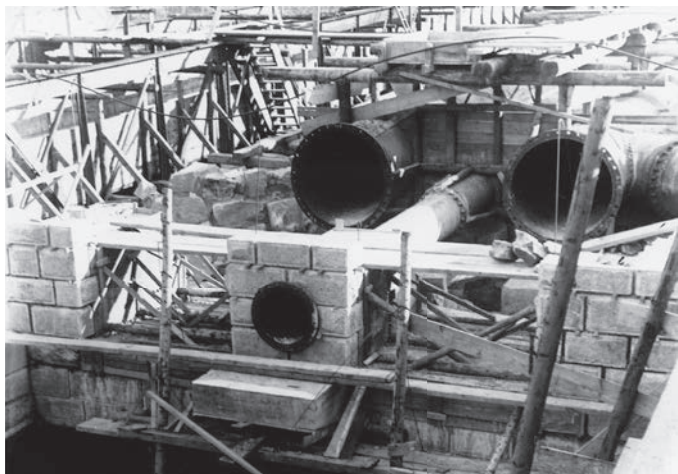
úřadem v Praze, konkrétně zemským radou Ing. L. Frösslem a zemským komisařem Ing. F. Čechem. Generální projekt byl schválen ministerstvem zemědělství v červenci 1931. Vodoprávní řízení se konalo v 1. prosince 1931 a Okresní úřad v Prachaticích vydal povolovací výměr, aniž bylo podáno odvolání. Během ledna a února v roce 1932 došlo k vykoupení potřebných pozemků o celkové rozloze 67 ha za cenu 693 000 Kč. Od dubna do listopadu 1933 byl proveden geologický průzkum vzdálenějšího okolí, při kterém bylo nalezeno vhodné ložisko žuly ke stavbě hráze v lomu na Kobylí hoře. Prováděcí projekt byl definitivně schválen v prosinci 1933.

Výběrové řízení na zhotovitele stavby bylo vyhlášeno v roce 1933. Vlastní stavba hráze započala 2. července 1934. Investorem byl stát, stavební správu vykonával Zemský úřad v Praze, oddělení 37, pod vedením zemského rady Ing. L. Frössla a pod vrchním dohledem ministerstva zemědělství. Místním stavebním dozorem byl pověřen zemský komisař Ing. J. Málek. Sondovací a výkopové práce prováděla firma Ing. J. Kříž a Ing. J. Matoušek z Prahy, vlastní stavbu hráze a strážního domku hrázného Ing. E. Štěrba z Berouna. Zhotovení vypouštěcího potrubí a segmentových uzávěrů bylo svěřeno společnosti Českomoravská-Kolben-Daněk, a. s., Praha. Výrobou návodních stavidel byla pověřena společnost Bratři Prášilové a spol., Praha.



Bednění mostovky rok 1938 (archiv Povodí Vltavy, státní podnik).

Hráz VD Husinec byla vybudována jako gravitační hráze, zděná z lomového kamene s kopákovým obložním, o poloměru půdorysného zakřivení 240 m. Kóta koruny hráze je na úrovni 531,73 m n. m. v systému Balt po vyrovnání. Maximální výška nad základovou spárou je 34,1 m a nade dnem 27,2 m. Délka hrá-



Uložení potrubí spodních výpustí rok 1937 (archív Povodí Vltavy, státní podnik)

ze v koruně činí 197 m. Maximální šířka v patě hráze činí 23,4 m a na vozovce s chodníky na koruně hráze činila po dokončení 5,8 m. Návodní líc je svislý a vzdušný líc je zakřiven, mezi kótami 515,21–518,00 $r = 60$ m a 518,00–529,89 $r = 20$ m.

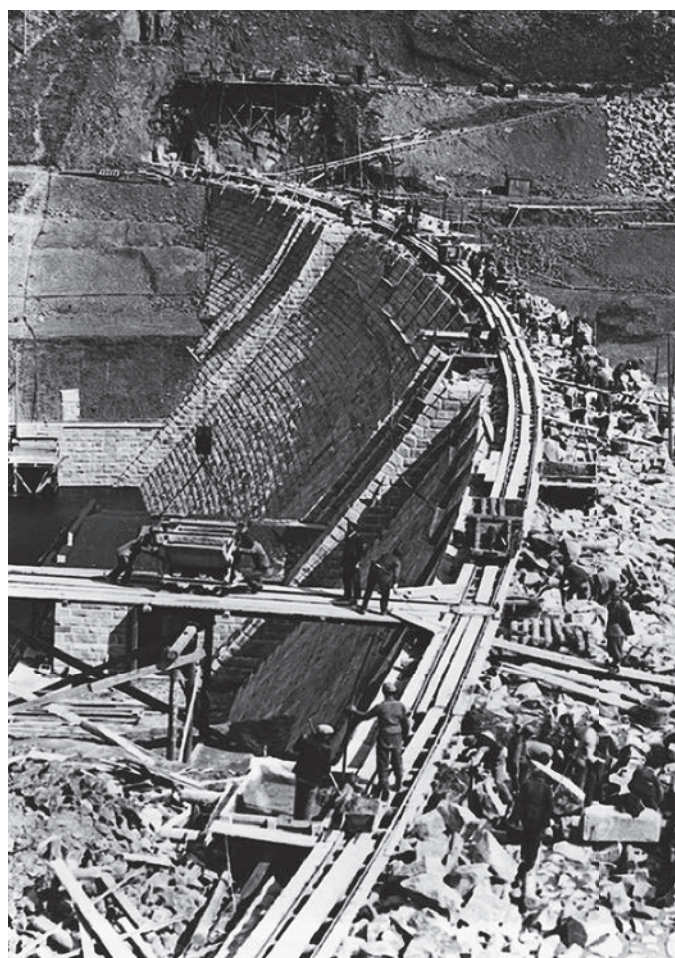
Výpustná zařízení jsou tvořena dvěma velkými spodními výpustmi DN 1400 se segmentovým uzávěrem a jednou malou spodní výpustí DN 600 s šoupátkovým uzávěrem. Všechny výpusti jsou vyústěny do vývaru o hloubce 6,5 m, délce 15 m. Na návodní straně jsou umístěny, jako havarijní uzávěr, návodní stavidla na potrubí DN 1400 a na potrubí DN 600 je umístěn pokloповý uzávěr. Pět nehrazených korunových bezpečnostních přelivů, o šířce 9,25 m každý a světlosti 200 cm, je umístěno uprostřed hráze s úrovní přelivné hrany na kótě 528,33 m n. m. Energie přepadající vody je tlumena ve vývaru šířky 50 m, délky 29 m a hloubce 2,1 m. Koryto pod vývarem je upraveno v délce cca 150 m. Úprava je ukončena měrným profilem s limnigrafem. Hráz vodního díla uzavřela povodí řeky Blanice o ploše 212,54



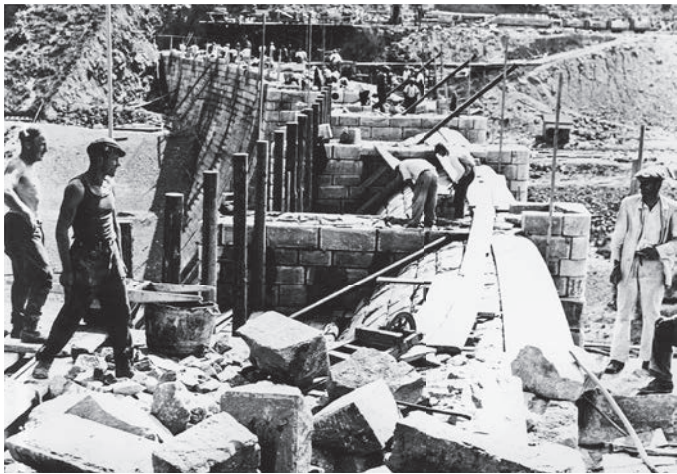
Bednění mostovky a koruny hráze rok 1938 (archív Povodí Vltavy, státní podnik)



Dokončovací práce na vývaru pod přelivy rok 1937 (archív Povodí Vltavy, státní podnik).



Stav zdění hráze rok 1938 (archív Povodí Vltavy, státní podnik)



Vyzdívání pilířů mostovky rok 1938 (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

km² s průměrnými ročními srážkami 778 mm a průměrným průtokem 2,09 m³/sec. Za hrázi vznikla nádrž o objemu 6,5 mil. m³ a rozloze 61 ha. Na přítoku do přehrady v Podedvorech byl vystavěn přítokový limnigraf.

Rozpočet stavby činil v době výstavby 16 mil. Kč. Při stavbě bylo vykopáno 45 000 m³ zeminy, vylámáno 37 000 m³ skály a bylo provedeno 17 000 m³ zásypů a jílového těsnění, 60 000 m³ zdiva z lomového kamene a kopákového zdiva, 3 600 m³ betonových konstrukcí. Na stavbu bylo přepraveno 1 000 vagonů cementu. Kámen na stavbu byl z lomu Kobylí hora přepravován kolejovou lanovou dráhou se dvěma pomocnými stanicemi, která končila u drtiče kamene. Zde byl kámen tříděn na kámen vhodný k opracování na kámení, kámen vhodný na zdivo z lomového kamene. Zbýlý kámen byl drcen na mletku, která byla používána místo písku na výrobu cementové malty. Všechn kámen, který byl v lomu vytěžen, byl takto beze zbytku využit.

Po zabrání pohraničí Německem v roce 1938 byly práce na stavbě přerušeny. Důvodem bylo, že hranice mezi Německem a okleštěným Československem (později Protektorátem Čechy a Morava) vedla středem řeky Blanice. Probíhala jednání, komu bude nová přehrada patřit. Po dohodě s německou stranou byly práce obnoveny a přehrada zůstala ve vlastnictví Protektorátu Čechy a Morava. V roce 1939 byla přehrada dostavěna a uvedena do zkušebního provozu. V roce 1940 byla dokončena silnice z Prachatic do Husince a koruna hráze se stala hraničním přechodem. V roce 1941 byl ukončen zkušební provoz, vodní dílo bylo zkolaudováno a uvedeno do trvalého provozu.

Ve své době měla stavba i velký sociální význam. Bylo zde zaměstnáno ve stavební sezóně 280–320 lidí, mimo sezónu 50–100 lidí. Podle dobových výpočtů bylo na stavbě závislých minimálně 1 200 lidí z regionu po dobu šesti let.

Vedle nadlepšování vodního režimu v krajině, zachycování velkých vod a ledových dřeníc získala nádrž v průběhu let i jiné důležité funkce. V letech 1950–1954 byla pod hrázi vybudována malá vodní elektrárna s jednou kaplanovou turbínou s instalovaným výkonem 0,65 MW. V roce 1962 bylo vodní dílo Husinec zařazeno mezi vodárenské nádrže a byla stanovena ochranná pásma ve třech stupních ochrany, která zahrnovala celé povodí řeky Blanice nad VD Husinec. V dalších letech byla ochranná pásma změněna a 3. ochranné pásmo bylo zrušeno. Na pravém břehu cca 275 m nad hrázi byl vybudován odběrný objekt pro odběr surové vody. Do roku 1965 byla postavena úpravná voda pro město Prachatic, která byla v provozu do roku 2001. V roce 2008 byla úpravná zrekonstruována a nyní slouží jako náhradní zdroj pitné vody.

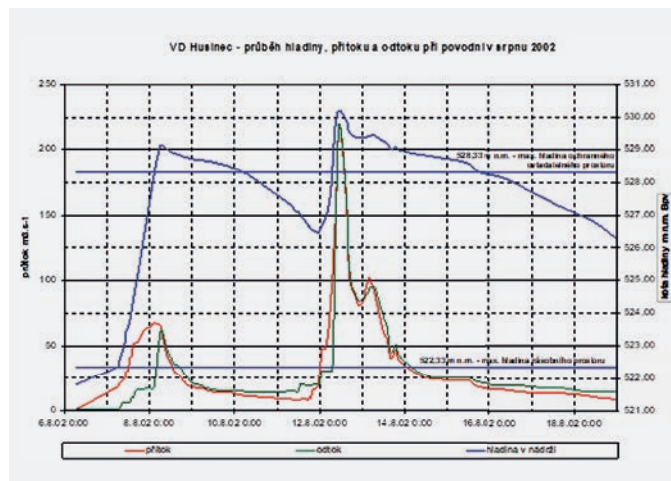
POVODNĚ NA VD HUSINEC

Od počátku stavby bylo VD Husinec zasaženo několika extrémními povodněmi. Uvedme největší z nich.

1937: Při nedostavěné hrázi VD Husinec přitekla do nádrže dne 23. 9. 1937 velká voda. Po dvoudenních deštích došlo k naplnění nádrže přítokem vyšším než 100 m³.s⁻¹. Voda kulminovala v 16 hodin a kulminace trvala až do ranních hodin dne 24. 9. 1937. Povodeň se přelila přes malou část nedostavěné hráze v profilu 15. Stavební správa nařídila okamžitý úklid splavenin (stavební dříví, klestí a seno), aby nedošlo k ucpaní česlí. Dále bylo rozhodnuto, že na hrázi po dobu stavby bude ponechán volný přeliv o šířce 15–20 m a výšce 1,5 m, aby tudy mohlo protéct společně s potrubím požadovaných 120 m³.s⁻¹. Na vlastní stavbě povodeň nezanechala škody. Zničené bylo pouze lešení na návodní straně hráze a ve vývarech.

1954: Povodeň v roce 1954 vznikla z dlouhodobých srážek a měla v kulminaci 154 m³.s⁻¹. V archivu není o povodni více informací.

2002: Povodeň v srpnu 2002 byla způsobená trvalými srážkami na přelomu měsíců července a srpna. Tato povodeň přišla ve dvou vlnách během čtrnácti dní. Pro názornost je připojen přehledný graf (obr. 1). První povodeň naplnila přehradu kulminačním přítokem 67 m³.s⁻¹, a než správce vodního díla stačil přehradu vyprázdnit, přišla druhá vlna, která byla mohutnější. Druhá povodňová vlna se vyznačovala velice strmým nárůstem



Obr. 1. Graf povodně z roku 2002 na VD Husinec.

Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2002)



Přeliv VD Husinec při kulminaci povodně 2002 (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

průtoků. Rychle došlo k opětovnému naplnění ovladatelného ochranného prostoru nádrže a další odtok z nádrže byl realizován přes přelivy. Vzhledem k extrémnímu přítoku do nádrže, který se rovnal $220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (hydrologicky Q1000), nedošlo k žádné transformaci povodňové vlny na odtoku (Povodí Vltavy, s. p. 2002). Po povodni, v roce 2003 bylo Povodím Vltavy, s. p. zadáno přepočítání kapacity přelivů a stanovení měrné křivky bezpečnostního přelivu Katedře hydrauliky a hydrologie ČVUT v Praze. Dle tohoto přepočtu vyšla kulminace povodně



Kulminace povodně 2002 z návodní strany hráze (Archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

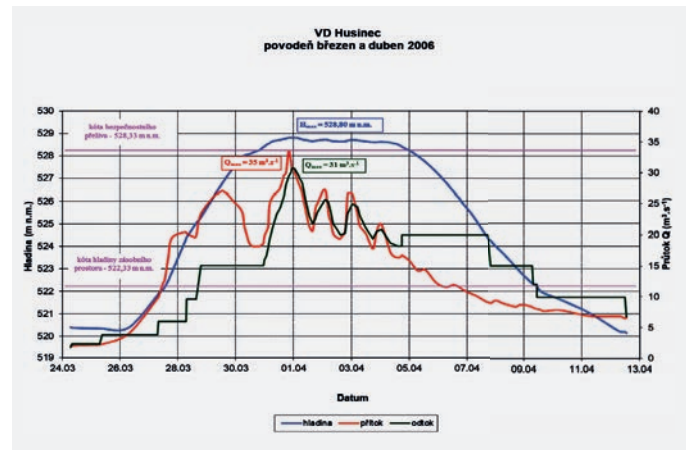
$280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Do zalití přelivů zbývalo 19 cm. V době kulminace byla překročena maximální hladina v nádrži o 33 cm. Toto nastalo z důvodu výpadku elektrické energie a nemožnosti otevřít segmentové uzávěry ručně. Tlak na uzávěry byl tak veliký, že se povedlo otevřít jen pravý uzávěr na $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z hlediska výsledků TBD za povodně obstálo VD Husinec velmi dobře. Nebyly zjištěny žádné významnější anomálie. Bylo doporučeno přemístění vodočetné latě, která měří hladinu vody v nádrži od bezpečnostních přelivů, utěsnění zhlaví vztlakoměrných vrtů a měrných šachtic na koruně hráze, a zavedení automatického monitoringu veličin na VD Husinec.



Výška stoupající hladiny při povodni 2002 z návodní strany hráze (Archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

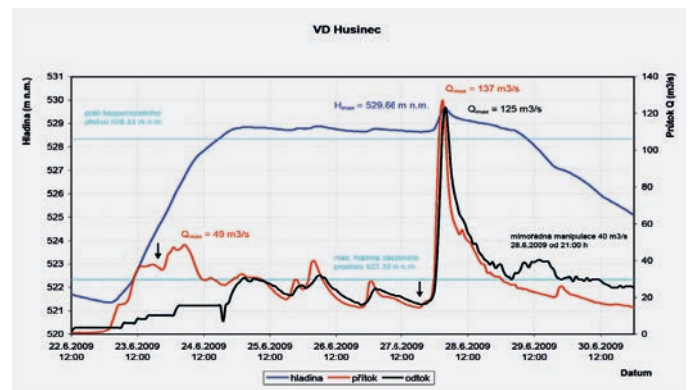
2006: Povodeň v roce 2006 vznikla táním sněhu a nebyla významná svou velikostí, ale dobou svého trvání. Na vodním díle Husinec byla před příchodem povodně normální provozní situace, odtok z nádrže byl vyrovnáván s přítokem ve výši $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Nádrž byla předvypuštěna, hladina se nacházela v zásobním pro-

storu na kótě 520,38 m n. m., tj. 195 cm pod maximální úrovní zásobního prostoru. Ochranný prostor nádrže o velikosti 3,7 milionu m^3 byl zcela volný. Celkový volný prostor v nádrži činil cca 4,4 milionu m^3 . Při nástupu povodňové vlny byl v krocích stanovených manipulačním řádem zvyšován odtok z nádrže až na hodnotu $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Za účelem zabránit střetu kulminací z přítoků Blanice pod nádrží se zvyšováním odtoku z vodního díla byla Krajským úřadem Jihočeského kraje schválena mimořádná manipulace spočívající v udržování tohoto odtoku i po překročení kóty 524,33 m n. m. Odtok z nádrže na plný neškodný odtok $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zvýšen až po proběhnutí kulminací na přítocích pod nádrží. Při vypouštění tohoto odtoku byl naplněn ovladatelný ochranný prostor nádrže a další odtok z nádrže byl realizován přes přelivy. Kulminační přítok $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl účinkem nádrže transformován na pouze mírně snížený odtok ve výši $31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V zájmu rychlejšího vyprázdnění ovladatelného ochranného prostoru rozhodla povodňová komise ORP Prachatice prázdnit nádrž až do dosažení kóty 524,33 m n. m. odtokem ve výši $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento zvýšený odtok byl umožněn příznivou hydrologickou situací pod nádrží. Hlavním přínosem provedených manipulací bylo zabránění střetu povodňových vln z horní Blanice a z přítoků Blanice pod nádrží. Podrobný časový průběh hladiny v nádrži, přítoku a odtoku je zobrazen na grafu (obr. 2).



Obr. 2. Graf povodně z března až dubna 2006 na VD Husinec. Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2006)

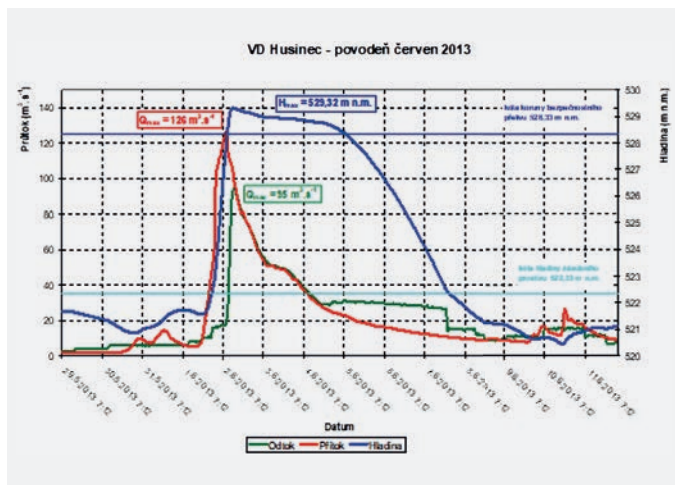
2009: V roce 2009 postihla v červnu VD Husinec povodeň způsobená bouřkovou činností. Během odpoledne a večera 23. 6. 2009 došlo k intenzivní srážkové činnosti a tím k výraznému vzestupu přítoku do nádrže, který při kulminaci činil cca $37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Následné tři dny docházelo pravidelně každý večer k bouřkové činnosti, která opětovně zvyšovala přes den postupně se snižující průtoky přes přeliv nádrže (obr. 3). Nejdramatičtější situace



Obr. 3. Graf povodně z června 2009 na VD Husinec. Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2009)

nastala v noci z 27. na 28. 6. 2009, kdy došlo k další velmi intenzivní srážkové činnosti, která zasáhla prakticky celé Prachaticko a Vimpersko. Během cca 3 hodin došlo k vzestupu přítoku do nádrže z 30 na $168 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Následně došlo k převedení tohoto průtoku přes nádrž. Kulminační přítok do nádrže dosáhl hodnoty $168 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (hydrologicky Q_{50}), odtok z nádrže Vodního díla Husinec v době kulminace hladiny byl $123 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (hydrologicky Q_{20-50}) (Povodí Vltavy, s. p. 2009).

2013: Povodeň v roce 2013, byla způsobena intenzivními srážkami, které na povodí nad VD Husinec dosahovaly 120 mm za 24 hodin. Tyto intenzivní srážky měly za následek výrazný a prudký vzestup přítoku. Již během noci bylo provedeno zvýšení odtoku z VD Husinec na $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tj. maximální neškodný odtok). V té době byla hladina v nádrži pod maximální hladinou zásobního prostoru a celý retenční prostor byl prázdný. Přítok do nádrže rychle stoupal a kulminoval ráno kolem 9. hodiny při $126 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (obr. 4). Již kolem 6. hodiny bylo požádáno o prove-



Obr. 4. Graf povodně z června 2013 na VD Husinec. Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2013)

dení mimořádné manipulace, která spočívala ve zvýšení odtoku na $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ještě před dosažením hrany bezpečnostního přelivu. Tato manipulace byla schválena Povodňovou komisí Jihočeského kraje a její provedení bylo nařizováno na 10. hodinu dne 2. 6. 2013. Před 11. hodinou došlo k naplnění celého retenčního prostoru nádrže a průtok byl převáděn přes bezpečnostní přeliv. Kulminace na odtoku byla ve 14 hodin při průtoku $95 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (hydrologicky Q_{20}) (Povodí Vltavy, s. p. 2013).

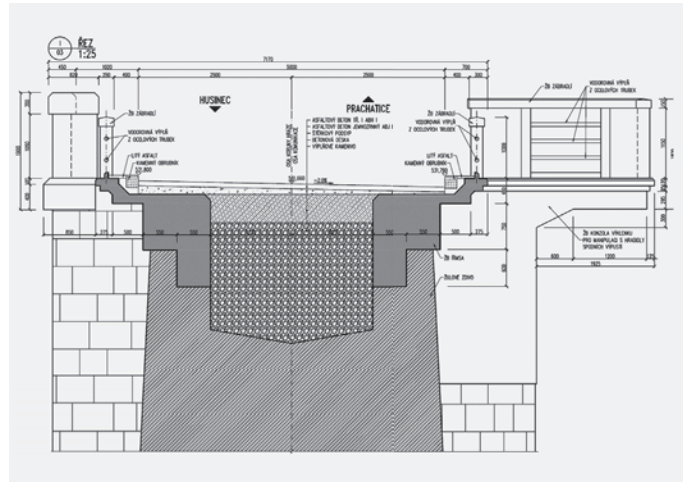
VELKÉ INVESTIČNÍ AKCE NA VD HUSINEC

Monitorovací a kamerový systém

V roce 2009 proběhla na VD Husinec instalace monitorovacího a kamerového systému. Projektovou dokumentaci vyrobila firma ABS – elektro, s. r. o. z Plzně. Samotnou montáž provedla firma INGOS Praha. Bylo položeno 850 m optických kabelů, 870 m metalických kabelů a 460 m stíněných datových kabelů. Každá šachtice a vztlakoměrný vrt byl vybaven automatickým měřicím čidlem s dálkovým přenosem. Monitoring má celkem 53 měřených a nebo dopočítávaných veličin. Vrtání nových vztlakoměrných vrtů, čištění stávajících a zatěsnění všech zhlaví vrtů provedla firma ALGOMAN s. r. o. Instalaci kamerového systému provedla firma ABS – elektro, s. r. o. Nainstalovány byly 4 kamery s dálkovým přenosem do kanceláře vedoucího hrázného. V rámci této akce byly provedeny odběry vzorků betonu na pevnostní zkoušky a provedení chemických rozborů.

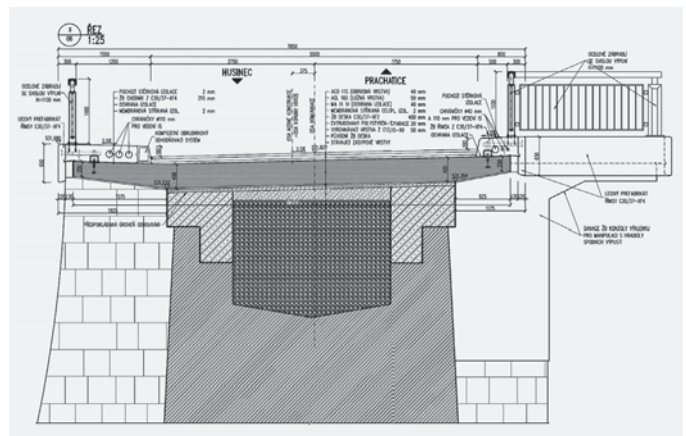
Rekonstrukce koruny hráze

Původní konstrukci koruny hráze VD Husinec ukazuje obr. 5. Na základě provedených pevnostních zkoušek a chemických rozborů bylo navrženo v roce 2010 firmou MV projekt spol. s r. o. z Prahy několik variant rekonstrukce. Z nich výrobní vý-



Obr. 5. Původní konstrukce koruny hráze VD Husinec. Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2012)

bor vybral sanace průsaků hráze – přespárování kopákového zdiva, sanace svislých a vodorovných nosných mostních konstrukcí – destruktivní oprava s rozšířenou římsou na vzdušné straně, odvodnění a izolace mostní konstrukce, nové konstrukční vrstvy vozovky, opatření v povodí hráze k omezení přítoku povrchových vod na korunu hráze. Projekt zpracovala firma TOP CON SERVIS s. r. o. z Prahy. Realizaci stavby provedla firma EUROVIA CS, a. s. Nová konstrukce koruny hráze je na obr. 6.



Obr. 6. Nová konstrukce koruny hráze VD Husinec. Zdroj: Povodí Vltavy s. p. (2012)

Realizace stavby proběhla od července 2013 do srpna 2014. Stavba byla rozdělena do dvou etap. V první etapě byla demolována a znovu vystavěna koruna hráze a v druhé etapě byla rozebrána mostovka přes bezpečnostní přelivy a nový most byl postaven pomocí prefabrikovaných předpjatých železobetonových nosníků, uložených na elastomerových ložiscích. Koruna hráze byla demolována o cca 1 m. Demolici provedla firma A.K.U.P.I. CB spol. s r. o. Zábradlí na koruně hráze bylo vyrobeno ocelové, podle návrhu firmy Atelier MALEC s. r. o., v dílnách Povodí Vltavy, státní podnik závodu Horní Vltava. Výstavbou nové koruny hráze byla rozšířena vozovka o 50 cm a na vzdušné straně hráze vznikl 125 cm široký chodník. Během stavby byly přeloženy všechny



Nařezávání koruny hráze před jejím odbouráním (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

kabely monitorovacího systému a nainstalována kamera v zátopě nádrže, která hlídá plovoucí garáž. Provoz monitorovacího systému byl přerušen jen na nezbytně nutnou dobu. Celkové stavební náklady činily 22,8 mil. Kč bez DPH.



Demolice původních pilířů mostovky (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)



Pohled na novou dokončenou korunu hráze. (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

Provozní objekt

V době stavby VD Husinec byl postaven strážní domek s kanceláří, dílna a sklad. V roce 1972 byly postaveny dvě garáže a přístavba bytu hrázného. Sklad, dílna a garáže byly pro další fungování pro-



Dokončený provozní objekt (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

vozu VD Husinec nevyhovující, a tak bylo rozhodnuto o postavení nového provozního objektu. Byly vypracovány tři studie. Vybrána byla studie zpracovaná firmou Atelier MALEC s. r. o. zodpovědným projektantem Ing. arch. Martinem Malcem. Tato studie byla rozpracována na projektovou dokumentaci pro zhotovení.



Dokončená gabionová zeď, jako zpevnění svahu (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

Stavba byla rozdělena do šesti stavebních objektů:

- SO-01 Provozní objekt
- SO-02 Domovní čistírna odpadních vod
- SO-03 Připojení na komunikaci, oprava stávajícího sjezdu a parkoviště, komunikace a nového sjezdu
- SO-04 Oplocení
- SO-05 Zpevněné plochy
- SO-06 Dům hrázného

Stavbu prováděla firma MANE Stavební s. r. o. Celý provozní objekt je založen na pilotech. Velikost objektu byla dána prvním nadzemním podlažím, kde se nacházejí dílna a garáže. V druhém nadzemním podlaží vzniklo zázemí pro pracovníky VD Husinec a jeden inspekční pokoj pro tři osoby, který je využíván při povodních, prohlídkách vodního díla a jako ubytování studentů na praxi. Z původní kanceláře byl do nové provozní budovy přemístěn monitoring a kamerový systém celého vodního díla.

U stávajícího objektu domku hrázného byla zbourána přístavba z roku 1972 a celý dům byl přestavěn jako obytný a byl uveden do stavu po výstavbě vodního díla. Kancelář byla přemístěna do nové provozní budovy. Výstavbou nového provozního objektu získala správa přehrady důstojné zázemí. Celkové stavební náklady byly 16,8 mil. Kč bez DPH.

Rekonstrukce provozních uzávěrů spodních výpustí a oprava líce hráze
Cílem stavby byla oprava spárování líce hráze a rekonstrukce uzávěrů spodních výpustí vodního díla v souvislosti s požadavkem doplnění třetího uzávěru na každé spodní výpusti dle ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – hlavní parametry.

Stavba byla rozdělena na tyto stavební části.

- SO 01 Stavební úpravy strojovny uzávěrů
- SO 02 Stavební úpravy vývaru
- SO 03 Oprava líce hráze
- PS 01 Modernizace uzávěrů spodních výpustí
- PS 02 Automatizace řízení a elektroinstalace

Projektovou dokumentaci připravila firma PÖYRY Environment a. s. z Brna v roce 2012 podle studie, kterou zpracovala společnost Vodní díla – TBD a. s. z Prahy. Jako zhotovitel byla vybrána firma Metrostav a. s.

Stavba musela být rozplánována tak, aby vždy jedna základová výpust byla funkční a mohla být bez prodlení použita. Nejprve byl demontován pravý segmentový uzávěr a vybourána pravá část strojovny. Bourání bylo prováděno vyvrtáním otvorů pro ponorné kladky, naříznutím podlahy lanovou pilou a vybourání zdiva minibagrem.

Po vybourání byl na potrubí osazen nový klapkový uzávěr, na něj připojen zavzdušňovací díl a nakonec nový konkávní segmentový uzávěr. Bourací práce prováděla firma DV stav s. r. o. Výrobou a instalací nových uzávěrů byla pověřena firma Ševčík



Pohled do vybourané šachty ve strojovně (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

HYDRO s. r. o. Po instalaci byla vybudována závěrná zeď. Zároveň s pravou stranou probíhala i výměna uzávěrů na střední výpusti, kde byl instalován klapkový uzávěr a kuželový uzávěr. Potrubí obou spodních výpustí i střední výpusti bylo opatřeno protikorozním nátěrem, který provedla firma BROCHIER s. r. o. Potrubí na střední výpusti se bohužel ukázalo jako nesvařitelné, proto musel být výrobcem uzávěrů navrhnout jiný způsob napojení uzávěrů. Bylo použito samosvěrné napojení se čtyřmi těsnícími O-kroužky s kotvením do stěny hráze.

Zároveň s bouráním ve strojovně probíhaly práce na vývaru pod výpustmi. Stejný postup se opakoval i na levé spodní výpusti. Vývar byl dostaven podle modelu, který zhotovil student ČVUT jako diplomovou práci. Tento model, s třemi otvory v závěrné zdi vývaru, byl vybrán jako nejvhodnější pro ochranu jezu pod vývarem, kde povodně pravidelně způsobovaly velké škody. Kamenické práce prováděla firma KAVEX CB s. r. o. Při betonáži dělicí zdi vývarů, bylo použito kopákového zdiva jako ztraceného bednění, mezi něj byla vyvázána armatura a zalita betonem.

Současně bylo prováděno přespárování líců hráze lezeckou firmou Výškové práce České Budějovice s. r. o. Po dokončení

stavebních úprav ve strojovně VD Husinec byly nainstalovány roštové podlahy a pětitonový portálový jeřáb. Uzávěry ve strojovně byly vybaveny pohony AUMA. Realizace stavby probíhala od ledna 2017 do května 2018. Celkové stavební náklady byly 29,8 mil. Kč bez DPH.



Pohled na nové ovládání segmentových uzávěrů (archiv Povodí Vltavy, státní podnik)

Závěr

V příštích letech je na hrázi přehrady ještě plánováno provést výměnu návodních stavidel za hradidlové desky, které budou sloužit jako revizní uzávěr a zaspárování návodního líce pod provozní hladinou. Tím by měly být všechny plánované velké investiční akce hotové. Vodní dílo Husinec vždy splnilo všechny úkoly, kvůli kterým bylo postaveno. Všechny opravy a investiční akce, co zde proběhly, jen zlepšily jeho stav a funkčnost. Nyní jen zbývá popřát přehradě ještě dlouhý život, pokud možno bez velkých povodní a extrémního sucha.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme Povodí Vltavy, s. p. za svolení k publikaci obrázků 1–4 a 7 a firmě TOP CON SERVIS s. r. o. za obr. 5 a 6.

LITERATURA

- 1.] Báča V. a kol. (2005): Husinec. In: Broža V. a kol. Přehradý Čech, Moravy a Slezska, KNIHY 555, Liberec, s. 100–101
- 2.] Povodí Vltavy, s. p. (2002): Povodeň v srpnu 2002 – Souhrnná zpráva o povodni za ucelené povodí. České Budějovice, 28 s.
- 3.] Povodí Vltavy, s. p., závod Horní Vltava (2006): Povodeň v březnu a dubnu 2006 – dílčí zpráva o povodni v březnu a dubnu 2006. České Budějovice, 5 s.
- 4.] Povodí Vltavy, s. p. závod Horní Vltava (2009): Dílčí zpráva o povodni v červnu 2009. České Budějovice, 6 s.
- 5.] Povodí Vltavy, s. p. (2013): VD Husinec, s. 14–15. Zpráva o povodni správce vodních toků v dílčích povodích Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy červen 2013. Praha, 74 s.
- 6.] Povodí Vltavy, s. p. (2014): Projektová dokumentace skutečného provedení Rekonstrukce koruny hráze. Praha

Ing. Bedřich Krivánek
Povodí Vltavy, státní podnik,
Provozní středisko 8 – VD Husinec, Husinec 220, 384 21
bedrich.krivanek@pvl.cz

7. VĚŽOVÉ VODOJEMY – PŘEDSTAVENÍ VÝZKUMNÉHO PROJEKTU

Robert Kořínek, Alena Kristová

Zabývat se problematikou konstrukčního, technologického a architektonického vývoje věžových vodojemů na našem území bylo možno doposud pouze v omezeném rozsahu. Předložený příspěvek stručně představuje výzkumný projekt, který je řešen od roku 2018 a který se tomuto tématu nyní intenzivně věnuje díky finanční podpoře programu Národní a kulturní identita Ministerstva kultury České republiky. Příspěvek vychází z dříve publikovaných výstupů projektu [1, 2] a je úvodním referátem, na nějž v příštím roce bude navázáno popisem vybraných věžových vodojemů jižních Čech.

Úvod

Výzkumný projekt *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití* je řešen Výzkumným ústavem vodohospodářským, T. G. Masaryka, v. v. i., pobočkou Ostrava a Českým vysokým učením technickým v Praze, Fakultou stavební. Zaměřen je na komplexní výzkum vývoje staveb věžových vodojemů v České republice od nejstarších zmínek o těchto objektech až do současnosti.

Cílem projektu je vytvoření evidence věžových vodojemů a podrobné dokumentace vybraných objektů. Na nich budou zevrubně popsány hodnoty, které je činí z různých důvodů zajímavými. U zvolených věžových vodojemů, které ztratily svou předchozí funkci, budou navrženy nové možnosti jejich využívání. Realizace výsledků projektu by tak měla zároveň přinést nástroje pro dokumentaci, popularizaci a ochranu typologicky specifické skupiny ohrožených a mizejících objektů stavebního dědictví. Řešení projektu má také posloužit pro zvýšení povědomí o problematice v odborných kruzích, ale zároveň ji popularizovat mezi laickou veřejností a samotnými majiteli.

Projekt se skládá z celé řady činností a aktivit. Probíhají průzkumy objektů na místě, kdy je možno seznámit se s konstrukčním řešením objektu a technologií (buď stále provozovanou, nebo již odstavenou). Dle potřeb a zájmu majitelů provádíme u vybraných objektů základní zaměření (např. pomocí laserových dálkoměrů) nebo podrobné geodetické zaměření (obr. 1 a 2). Součástí průzkumů je také pořízení aktuální fotodokumentace,

v omezeném množství pak provádíme letecké snímkování, které nám umožňuje blíže prozkoumat konstrukční a technologická řešení jinak nedostupných částí vodojemů. Terénní průzkumy doplňujeme průzkumy ve státních, podnikových i soukromých archivech a průzkumy literárních zdrojů. U staveb s potenciálem pro nové využití se realizují zjednodušené stavebnětechnické průzkumy a návrhy konverzí za účelem najít pro již nefunkční objekty nové možnosti využití. Výsledky jsou prezentovány formou příspěvků v odborných periodikách a na konferencích, prostřednictvím plánovaných knižních publikací a specializovaných map; prostřednictvím připravované nové databáze a v rámci vlastních konferencí, výstav a workshopů. Díky finanční podpoře výše uvedeného programu je možno věnovat se studiu vývoje těchto objektů ve skutečně širokém rozsahu. Aby směřování aktivit a činností výzkumu bylo systematické, bylo potřeba na počátku projektu podrobit rozboru odbornou terminologii a vymezit objekt našeho zájmu.

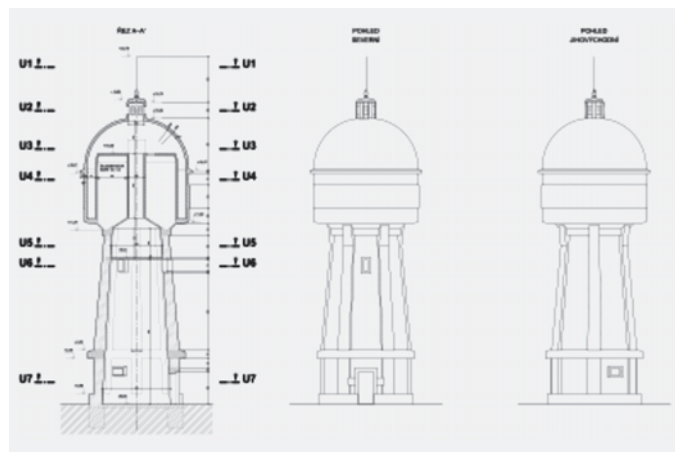
TERMINOLOGIE A VYMEZENÍ OBJEKTU ZÁJMU

Vodárenství je jakožto technický obor zabývající se jímáním, odběrem, úpravou, akumulací, dopravou a rozvodem vody pro potřeby obyvatelstva, průmyslu a zemědělství postaven na používání správných termínů a definic. Odborná terminologie, která se v souvislosti s věžovými vodojemy nejčastěji používá, prošla od dob prvních vodohospodářských staveb dlouhým vývojem. Ten nebyl vždy jednotný. Historicky se mění nejen označování staveb v soudobé literatuře a pramenech, ale stejně tak je terminologie roztržštěná v současných pracích, které se zabývají jak historickými, tak dobovými stavbami.

Ve starší odborné literatuře se můžeme setkat s pojmem *vodní (vodná) věž*, např. ve zprávě o vodojemu Starého Města pražského z roku 1431, kde se uvádí, že *vyhořela věž vodná mistra Petra ode dna*. Ottův slovník naučný užívá na konci 19. století pro vodojem původem francouzské slovo *bassin*. Profesor Českého vysokého učení technického v Praze, Ing. Dr. Jan Vladimír Hráský, jeden z nejvýznamnějších projektantů vodovodních systémů první poloviny 20. století na našem území,



Obr. 1. Zaměřování věžového vodojemu v Něchově. Zdroj: Archiv projektu, 2020



Obr. 2. Pracovní koncept ze zaměření věžového vodojemu v Něchově (podélný řez a pohledy). Zdroj: Archiv projektu, 2020



Obr. 3. Vyrovnávací věž v Praze-Radlicích slouží k tlumení vodních rázů v potrubí a bývá označována jako vodárenská věž. Mezi věžové vodojemy ji v rámci našeho projektu však neřadíme. Zdroj: Archiv projektu, 2011

používá ve své literatuře pojmu *vodojemy*, přičemž tyto stavby rozlišuje na *v zemi zapuštěné, nadzemní a ekvivalentní stavby vodojmové*. Technický slovník naučný z roku 1938 rovněž uvádí pojem *vodojemy a věžové vodojemy*. Jednotná není v tomto směru ani současná literatura.

Pro tento neukotvený stav jsme se při řešení projektu rozhodli v převážné míře vycházet z termínů daných platnými normami ČSN 75 5355 *Vodojemy* a ČSN 75 0150 *Vodní hospodářství – Terminologie vodárenství*. Jako *věžové vodojemy* tak vnímáme samostatné objekty k akumulaci vody, jejichž nádrže jsou umístěny na nosné konstrukci nad terénem. Pro věžové vodojemy se i dnes běžně užívá pojmu *vodárenská věž*. Ten se vžil zejména právě u starších objektů, ale k záměně dochází, nejen laickou veřejností, i u staveb z 19. a 20. století, včetně těch současných. Pojem *vodárenská věž*, který pramení ze samotné stavebně-technické podstaty zkoumaného objektu, je však nutné pro náš projekt odmítnout jako příliš vágní. Pojmem *vodárenská věž* bývají označovány i další věžovité objekty vodovodních systémů, které nemusí sloužit k akumulaci vod či zajištění potřebného tlaku v systému (obr. 3).

V souvislosti s věžovými vodojemy se občas setkáme i s označením *vodárna*. Tento pojem však odkazuje spíše na technologický celek, který se na daném místě nacházel a jehož byla věžová stavba s nádrží součástí. U nejstarších vodáren se k pohonu čerpadla používalo vodní kolo (takže se vodárny nacházely přímo u vodních toků, často v sousedství vodních mlýnů), řeka byla zároveň zdrojem čerpané vody do vodovodní sítě. Takto



Obr. 4. Šitkovská vodárna a přilehlé mlýny na konci 19. století [3]

pojatý technologický celek pak býval přirozeně označován vodárnou – kupříkladu Šitkovská vodárna (obr. 4), Staroměstská vodárna, Novomlýnská vodárna.

Ze stejného důvodu je potřeba rozlišovat pojmy *drážní věžové vodojemy*, které jsou také předmětem našeho zájmu, a *drážní vodárny*. Součástí objektu drážního věžového vodojemu totiž v některých případech býval i parní kotel, parní stroj pohánějící čerpadlo nebo parní pulsometr. Rovněž zdroj vody (studna) se mohl nacházet buď v jeho těsné blízkosti, případně přímo pod objektem vodojemu. V takových případech lze na objekt nahlížet jako na vodárenský komplex – vodárnu. Jsou však drážní věžové vodojemy, které žádnou z výše uvedených technologií neobsahovaly. Proto výhradně používáme pojmu *drážní věžové vodojemy* s případným doplněním, zda jeho součástí byla další technologie. Z hlediska dnešní vodárenské terminologie se pojem *vodárna* užívá v souvislosti s úpravou vody nebo s jejím zdravotním zabezpečením. V této formě pracujeme v projektu s termínem i my.

Kromě drážních věžových vodojemů se v projektu zabýváme ještě několika specifickými typy objektů, jejichž funkce i stavební podoba suplovala věžové vodojemy. Jedná se především o tovární komíny, které nesou na svém dřívku nádrž (obr. 5). Vznikaly



Obr. 5. Komínový vodojem Vilémov-Zahořany postavený kolem roku 1920. Zdroj: Archiv projektu, 2014

na konci 19. a zejména pak v první polovině 20. století. Pro takto umístěné nádrže používáme termín *komínové vodojemy* a vycházíme zde z již dříve řešeného výzkumného projektu [4, 5].

Komíny nesoucí vodojem nejsou jedinými stavbami, které v sobě kombinovaly více funkcí. *Věžových víceúčelových objektů*, jejichž součástí byla i nádrž k akumulaci vody, bychom našli celou řadu a vždy je nutné jejich funkce i popis samotných staveb stanovovat individuálně.

V některých, zejména textilních, továrnách byla nádrž umístěna ve věži, která byla stavební součástí výrobního areálu a sloužila i dalším funkcím, především schodišti spojujícímu jednotlivá poschodí továrny. Tyto věže v sobě sdružovaly převážně protipožární funkce a i voda akumulovaná v nádržích sloužila nejčastěji pro hasební účely. Stavební podoba těchto objektů se zaměřením projektu ne zcela souvisí. Postihnout jejich množství navíc přesahuje jeho možnosti i časový rámec, a proto se jimi v projektu nezabýváme.

Díky vyjasnění odborné terminologie jsme zároveň mohli vymezit objekt našeho zájmu. Projekt se tak zabývá všemi stavbami, které obsahují nádrž či více nádrží sloužících k výše uvedeným funkcím vodojemů. Tyto nádrže jsou umístěny na samostatných nosných konstrukcích v určité výšce, které byly

k účelu nesení nádrže zkonstruovány. V projektu tak nebudou zpracovávány věžové objekty, které původně vznikly za jiným účelem a nádrž do nich byla umístěna až později, např. obranné věže v hradebních systémech měst.

ZÁVĚR

Výzkumný projekt *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití* umožňuje věnovat se konstrukčnímu, technologickému a architektonickému vývoji věžových vodojemů na našem území v poměrně velkém rozsahu. Zejména díky vstřícnosti ze strany majitelů a provozovatelů vodárenských soustav a objektů věžových vodojemů jsme schopni získávat nové a cenné informace, které se někdy mohou i významně lišit od spisů a dokumentací uložených v archivech, případně nejsou tyto informace již vůbec dohledatelné.

Touto cestou bychom rádi poděkovali vodárenským společnostem a podnikům, se kterými jsme doposud měli možnost spolupracovat. Děkujeme za zpřístupnění zájmových objektů, za poskytování informací a možnosti nahlédnout do projektových a spisových dokumentací vybraných věžových vodojemů.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu *Věžové vodojemy – identifikace, dokumentace, prezentace, nové využití* (Program na podporu aplikovaného výzkumu a vývoje NAKI II, Ministerstva kultury ČR, kód DG18P02OVV010).

LITERATURA

- 1.] Kořínek, R., Horáček, M., Vonka, M., Jiroušková, Š., Burgetová, E. (2018): Věžové vodojemy – výzkumný projekt mapující vývoj a podobu věžových vodojemů na našem území. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 6, 4–12.
<https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2018/12/5987-VTEI-cislo-6-18.pdf>
- 2.] Kořínek, R., Horáček, M., Vonka, M. (2019): Stanovení základní typologie věžových vodojemů. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2, 4–10.
<https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2019/04/6041-casopis-VTEI-cislo-2-19.pdf>
- 3.] Štěch, V. V., Wirth, Z., Vojtíšek, V. (1946): Zmizelá Praha: starý obraz města a jeho památek zničených v druhé polovici 19. a ve 20. století. Praha, obrazová příloha, nestránkováno.
- 4.] Vonka, M., Kořínek, R. (2015): Komínové vodojemy. Funkce, konstrukce, architektura. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05774-2
- 5.] Vonka, M., Kořínek, R., Hořícká, J., Pustějovský, J. (2015): Komínové vodojemy. Situace, hodnoty, možnosti. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05775-9

Ing. Robert Kořínek, Ph.D., Ing. Alena Kristová
Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, v. v. i.,
pobočka Ostrava, Macharova 5/954, 70200, Ostrava 2
robert.korinek@vuv.cz



8. BIOTECHNOLOGICKÝ SYSTÉM PRO ČIŠTĚNÍ DŮLNÍCH VOD Z JÁMY MR1

Miroslav Seidl, Dominika Müllnerová

Těžba hnědého uhlí v severních Čechách, hlubinným a následně povrchovým způsobem, změnila zásadně nejen krajinný ráz, ale postupně došlo i k významným změnám hydrologických poměrů v Severočeské hnědouhelné pánvi (SHP), v současné době nově nazývané Mostecká pánev. Hlubinná těžba měla za následek mnohonásobné zvýšení propustnosti uhelné slaje a vlivem ukončení těžby tak vznikají nové kolektory v přerubaných částech. Povrchová těžba má za následek radikální změnu hydrologických poměrů nejen v území samotného lomu, ale i v jeho předpolí. Vlivem ukončení činnosti hlubinných dolů a přerušování čerpání důlních vod dochází k postupnému nastoupení podzemních stařinových vod v regionu, kdy vlivem jejich stoupání dochází k ovlivnění doposud činných povrchových lomů. Důlní vody jsou potom výsledkem různých poměrů mísení přírodních i antropogenních (umělých) zdrojů, které jsou součástí těžené suroviny či nadložních zemin a jsou v podstatě pouze transportním médiem. Jsou tedy převážně vodami smíšenými, resp. vodami se změněným chemismem, ať již v důsledku vyvolaného proudění, vlivem snížení původního tlaku, odplynění, vlivem zdržení ve starých důlních dílech apod.

To, že důlní vody jsou v podstatě podzemními a povrchovými vodami, jejichž vznik způsobila lidská činnost a dále skutečnost, že jsou svým vznikem vázány na jinak hospodářsky využívané objekty (důlní díla pro průzkum, otvorku nebo těžbu nerostných surovin), se velmi výrazně odráží v právní úpravě jejich posuzování a nakládání s nimi. Tato skutečnost se dotýká jak horního, tak i vodního zákona včetně z nich vyplývající další legislativy. V současné době však v některých případech absenuje jejich větší vzájemná provázanost.

Jedním z příkladů, kdy před postupujícím povrchovým lomem je nutné, z titulu bezpečnosti, snižovat hladinu podzemní vody, je čerpací stanice umístěná v prostoru bývalé jámy MR1. Na základě analýzy dostupných podkladových materiálů byl v květnu 2005 zpracován odborný posudek, který jednoznačně z hydrogeologického hlediska stanovil tuto jámu jako nejvhodnější místo pro udržování hladiny důlních vod na určité úrovni z hlediska plánovaného rozvoje postupů povrchového hnědouhelného lomu Bílina. Realizací byl pověřen tehdejší vlastník lokality Palivový kombinát Ústí, státní podnik, kde prioritou řešení nebyla jenom ochrana ložiska či ochrana veřejného majetku, ale i minimalizace nákladů na provoz budoucího jezera Most.

Zkušební provoz čerpání důlních vod z uhelné slaje dolu Kohinoor z čerpacího místa MR1 byl zahájen v roce 2010. Po zahájení čerpání a provedených zkouškách vyplynulo, že hodnoty vybraných parametrů nevyhovují limitním koncentracím, které jsou stanovené příslušným rozhodnutím vodoprávního úřadu, a to zejména v koncentraci nerozpuštěných látek, železa a u koncentrace amoniakálního dusíku. Předpokládalo se, že dlouhodobý ustálený čerpací režim zajistí návrat na hodnoty pod stanovené limitní koncentrace. S ohledem na přetrvávající nepříznivý vývoj bylo následně rozhodnuto rozpracovat možnosti čištění důlních vod jednak do oblasti dočasných opatření a intenzifikace stávajícího systému, které měly zlepšit výstupní hodnoty vypouštěných důlních vod a následně byla zahájena i etapa zpracování projektové dokumentace úpravny důlních

vod vedoucí ke komplexnímu řešení problematiky. Provedená pozorování prokázala, že i přes realizované opatření stávajícího systému se podařilo pouze částečné řešení pro odstraňování některých polutantů z vypouštěných důlních vod, zejména Fe a Mn v retenční nádrži, ale prostorové omezení neumožnilo spolehlivě odstraňovat amoniakální dusík, a navíc využití retenční nádrže bylo časově omezeno. Proto bylo přistoupeno v rámci zadání komplexního řešení problematiky k zahájení výstavby Biotechnologického systému důlních vod. Hlavním aspektem při výběru návrhu byla účinnost čištění důlních vod a provozní náklady. Zpracovatelem projektové dokumentace byla firma Terén Design, s. r. o.

Výstavba samotné čistírny byla zahájena v říjnu roku 2018 nedaleko obce Mariánské Radčice v Ústeckém kraji. Jedná se o soustavu mokřadů (obr. 1), jejíž cílem je zajistit stabilní níz-

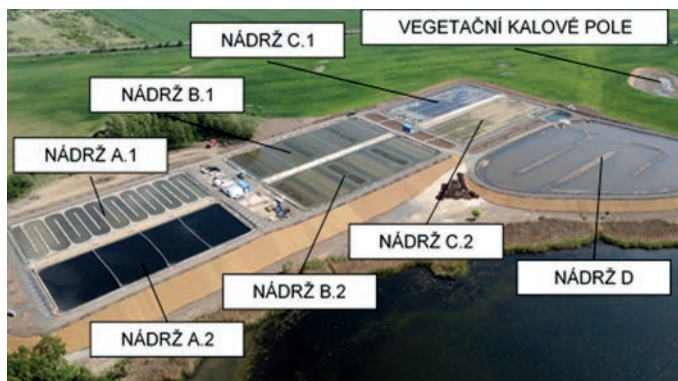


Obr. 1. Letecký pohled (květen 2020)

konákladový způsob čištění důlních vod s využitím fyzikálně-chemických a biologických procesů, které se běžně vyskytují v přírodních mokřadních ekosystémech. Soustava je proto navržena tak, aby její provoz vyžadoval minimální obsluhu a údržbu, a umožňoval tak výraznou finanční úsporu v dlouhodobém měřítku. Stavba byla hrazena z Programu určeného na odstraňování starých ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných těžebních společností v Ústeckém a Karlovarském kraji (tzv. 15 ekomiliard).



Obr. 2. Provzdušňovací (přívodní) objekt



Obr. 3. Popis a rozložení nádrží

ÚDAJE O STAVBĚ

Stavba se skládá z provzdušňovacího (přívodního) objektu (obr. 2) a 7 nádrží (obr. 3) o celkové rozloze přesahující 2,5 ha – šesti usazovacích a čistících ve dvou liniích, které jsou zaústěny do sedmé (stabilizační a dočišťovací) nádrže, ze které jsou následně důlní vody vypouštěny odtokovým potrubím do Radčického potoka nebo případně po dokončení zkušebního provozu do jezera Most. Součástí stavby je i 1 300 m² velké vegetační kalové pole pro odvodnění kalu odtěženého pomocí sacího bagru či jiného technického zařízení z prostorů usazovacích nádrží. Odvodnění kalu bude probíhat zejména evapotranspirací mokřadními rostlinami a odpařováním vody ze sedimentu. Stavba je z důvodu celkové optimalizace soustavy (využití pro podporované pasivní provzdušnění a gravitační odtok vody) členěna do čtyř výškových úrovní.

ZÁKLADNÍ INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH NÁDRŽÍCH

Nádrže A.1 a A.2 navazují na přívodní objekt (obr. 4, 5). Hlavním účelem těchto prvních nádrží je snížit obsah železa o více než 60 % a umožnit jeho usazení v nerozpustných formách. Tyto dvě nádrže nejsou shodné, liší se ve svém návrhu, a tím i v procesu redukce železa.



Obr. 4. Nádrž A.1



Obr. 5. Nádrž A.2



Obr. 6. Nádrže B

Nádrže B.1 a B.2 navazují na nádrže A.1 a A.2 snižující obsah železa (obr. 6). Hlavním účelem nádrží B je snížit koncentraci železa pod stanovené limity (dočištění) a redukovat koncentraci dalších sledovaných prvků (amoniakální dusík, nerozpuštěné látky, sírany, kovy). Obě tyto nádrže jsou identické, shodné v konstrukčním i funkčním řešení.



Obr. 7. Nádrže C

Nádrže C.1 a C.2 navazují na nádrže B.1 a B.2 (obr. 7). Účelem nádrží C je snížit koncentraci amoniakálního dusíku pod 1 mg/l. Konstrukčně i funkčně jsou nádrže C totožné.

Nádrž D navazuje na nádrže C.1 a C.2 (obr. 8). Účelem nádrže D je celkové dočištění důlní vody a stabilizace odtokových parametrů před jejím vypuštěním do Radčického potoka. Jedná se zejména o snížení celkového obsahu dusíku a usazení posledních případných zbytkových částic hydroxidů železa a manganu. Je důležité, aby došlo k celkovému promísení vody a stabilizaci všech odtokových parametrů, které se mohou v rámci předchozích nádrží mírně lišit, proto je nádrž D pouze jedna.

Údaje o průtocích:

- minimální průtok $Q_{\min} = 0 \text{ l.s}^{-1}$ (při zastavení čerpání)
- běžný – návrhový průtok $Q_{\text{běžné}} = 60\text{--}120 \text{ l.s}^{-1}$ (zapnuto 1 nebo 2 čerpadla)
- maximální průtok $Q_{\max} = 180 \text{ l.s}^{-1}$ (zapnuta 3 čerpadla)

Druhy mokřadních rostlin vhodné pro osázení čistírny tohoto typu:

- Rákos obecný
- Chrastice rákosovitá.
- Orobinec úzkolistý.
- Zblochan vodní.

Původní termín dokončení stavby měl být k 31. 12. 2019, avšak na základě výsledků magnetometrického měření lokality byl Archeologickým ústavem akademie věd ČR nařízen archeologický výzkum, což odsunulo plánované započetí stavebních prací. Stavba byla nakonec kompletně dokončena v červnu 2020. Od té



Obr. 8. Nádrž D

doby měl probíhat roční zkušební provoz, na základě, kterého by měla být ověřena funkce systému čištění za běžných i limitních podmínek provozu. Vzhledem k prodlužujícím se administrativním záležitostem však probíhá pouze prozatímní udržovací provoz. Ihned po jejich dořešení bude celý systém vč. monitoringu spuštěn.

Ing. Miroslav Seidl, Ph.D., Bc. Dominika Müllnerová
Palivový kombinát Ústí, státní podnik
Hrbovická 2, 403 39 Chlumec
Seidl@ko.pku.cz



9. LESY PŘITAHUJÍ VODU

Jan Pokorný

V létě 2020 vyšel v časopise Science článek významného vědeckého žurnalisty Freda Pearce pod názvem *Tvořitelé počasí: Lesy jsou zdrojem srážek pro zemi. Kontroverzní ruská teorie tvrdí, že rovněž stojí za vznikem větru* (Pearce 2020). Práce podává ucelený a poutavý výklad o funkci lesa na úrovni kontinentů. Originální text je volně dostupný na internetu. Článek jsme přeložili a předkládám krácený text s vlastním úvodem a komentáři.

Rostoucí populace přeměňuje lesy a mokřady na zemědělskou půdu. Je historickou zkušeností, že odlesnění po čase vede k teplotním extrémům a úbytku srážek. Z vědeckého pohledu se funkcí lesa v širokém holistickém pojetí zabýval již Alexander Humboldt v první polovině 19. století (Wulf 2016), později Marsh (1864). Světové společenství úmluvami opakovaně deklaruje, že lesy jsou světové přírodní bohatství a mají být spravovány pro zachování ekosystémových funkcí (Rio de Janeiro 1992). Ve škole jsme se učili, že lesy zadržují vodu a přitahují déšť. Tyto staré pravdy jsou ovšem v poslední době zpochybňovány s tím, že les je tmavý (má nízké albedo) a planetu ohřívá. I z našich předních vědeckých ústavů se ozývá, že odlesnění a odvodnění krajiny zpomalilo nárůst globálních teplot, protože odlesněné a odvodněné plochy odrážejí více slunečního záření a brání přehřívání planety. Uschnutí vzrostlého lesa na Šumavě nemohlo údajně snížit vydatnost pramene Vltavy, protože *uschlý les vypaří méně vody nežli les živý*. Na druhé straně jiní vědci tvrdí, že přízemní vegetace svým výparem nahradí uschlý vzrostlý les a na přímou otázku, zda úhyn vzrostlého lesa na horách ohrozí vodní režim, odpovídají, *je prokázáno, že takový les důležitou hydrickou funkci nemá*. V Parlamentu se ozývá, že se zvýšila plocha lesa, ten více odpařuje, a proto máme v krajině méně vody.

Je nesporné, že vegetace má vysokou listovou plochu a dokáže vypařovat za slunného počasí velké množství vody, tento proces se nazývá evapotranspirace: transpirace = výpar vody listem/jehlicemi rostlin, evaporace = výpar vody z ostatních povrchů. Evapotranspirace je často pokládána za ztrátu vody, ke které nezbytně dochází při fotosyntéze, kdy rostliny přijímají oxid uhličitý a vydávají kyslík průduchy na listech. Zemědělci se snaží vyšlechtit plodiny, které odpařují (ztrácejí) co nejméně vody. Do toho na druhé straně vstupují ti, kteří tvrdí, že evapotranspirace je nejdůležitějším procesem vyrovnávání teplot a chlazení krajiny a že je právě zásadním procesem podmiňujícím dešťové srážky na kontinentech. Právě teorie biotické pumpy vykládá evapotranspiraci lesů jako proces přitahující vláhu tzv. atmosférickými *létajícími řekami* z oceánů hluboko do kontinentů.

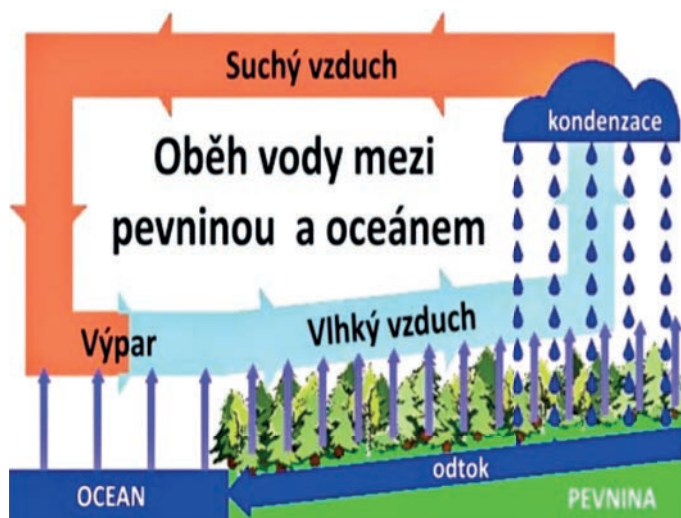
Rozsáhlé lesy jsou často nazývány plicemi planety, protože váží do biomasy oxid uhličitý a vylučují kyslík. Autoři teorie biotické pumpy Makarieva s Gorškovem dodávají, že lesy jsou též tlukoucím srdcem. *Lesy jsou komplexní sebeudržující systém vytvářející déšť a hnací mechanismus atmosférické cirkulace na Zemi*. Vracejí obrovské množství vodní páry (vlhkosti) do vzduchu. Tímto procesem pohánějí vzdušné proudy, které přenášejí tuto vodu po světě.

První část této ideje – lesy tvoří déšť – je historickou zkušeností a je stále více přijímána vodohospodáři, zabývajícími se zdroji vody ve světě bezuzdného odlesňování. Ovšem druhá část teorie, tzv. biotická pumpa (obr. 1), je daleko více kontra-

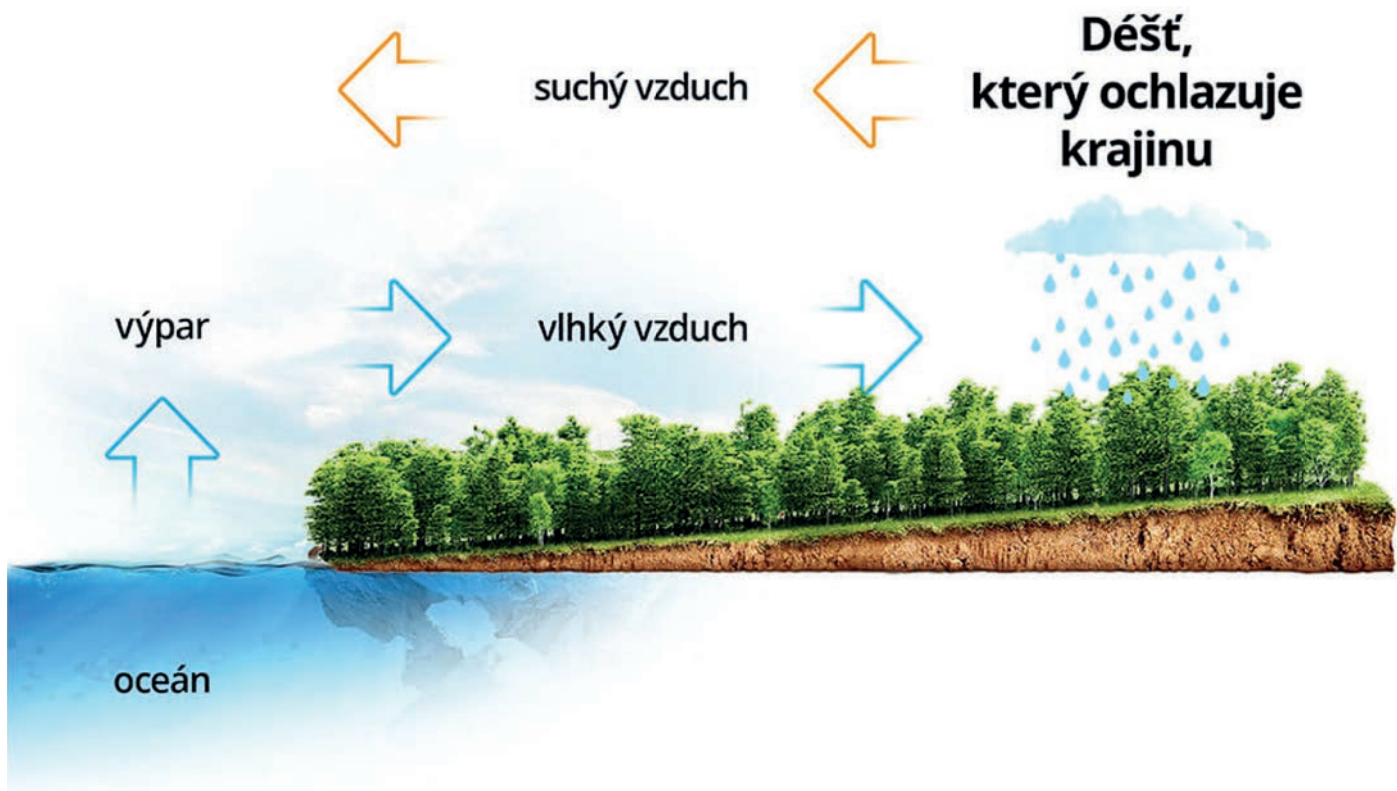
verzní. Její teoretické základy byly publikovány v méně známých časopisech a jejich autorům Gorškovovi, Makarievě se dostalo podpory jen od úzké skupiny kolegů. Biotická pumpa čelila silné kritice, zejména od tvůrců klimatických modelů. Někteří z nich tvrdí, že tyto efekty lesa jsou zanedbatelné a teorii zavrhuje zcela. Ve sporu zůstala Makarieva osamoceným outsiderem (Gorškov zemřel v květnu 2019): teoretický fyzik ve světě modelářů, člověk z Ruska vměšující se do oboru vedeného vědci ze Západu, a navíc žena v oboru, kterému dominují muži. Zastánce biotické pumpy Douglas Sheil říká: *Pokud je ovšem idea správná, potom je zde vysvětlení, proč prší na kontinentech daleko od oceánů, proč vzdálené oblasti uvnitř zalesněných kontinentů dostávají tolik srážek jako pobřeží (obr. 2) i proč nezalesněná území uvnitř kontinentů vysychají (obr. 3)*. To také naznačuje, že lesy ruské tajgy podobně jako lesy v Amazonii nerostou tam, kde je pro ně správné podnebí, ale počasí a klima si utvářejí.

Podle Makarievy mnohé učebnice meteorologie stále vykládají *karikaturu oběhu vody* s tím, že většina atmosférické vlhkosti, která kondenzuje v mracích a padá jako déšť, pochází z oceánů. Význam vody recyklované vegetací pro zásobení dešťových srážek byl většinou ignorován až do roku 1979, kdy brazilský meteorolog Eneas Salati uveřejnil studii o izotopovém složení dešťové vody v Amazonské nížině. Voda recyklovaná transpirací obsahuje více molekul s těžkým izotopem kyslíku-18 nežli voda vypařená z oceánu. Salati (1979) na základě tohoto faktu ukázal, že polovina dešťových srážek v Amazonii pochází z vlastní transpirace lesa.

V té době, meteorologové sledovali atmosférické tryskové proudění nad lesem ve výšce okolo 1,5 km, známé jako South American Low-Level Jet (tryskové proudění). Jedná se o rychle vanoucí větry směřující z východu na západ přes Amazonii, v oblasti And stáčeující se k jihu. Salati a další došli k závěru, že trysková proudění přenáší mnoho transpirované vlhkosti, tedy vody pocházející z lesů a nazvali ho *létající řekou*. Amazonská *flying river* podle odhadu nese tolik vody jako ohromná řeka



Obr. 1. Biotická pumpa – oběh vody mezi pevninou a oceánem poháněný sluneční energií prostřednictvím výparu a kondenzace vodní páry. Zdroj: Archiv autora



Obr. 2. Zdravý koloběh páry, který přináší srážky do lesů. Zdroj: Sázej stromy

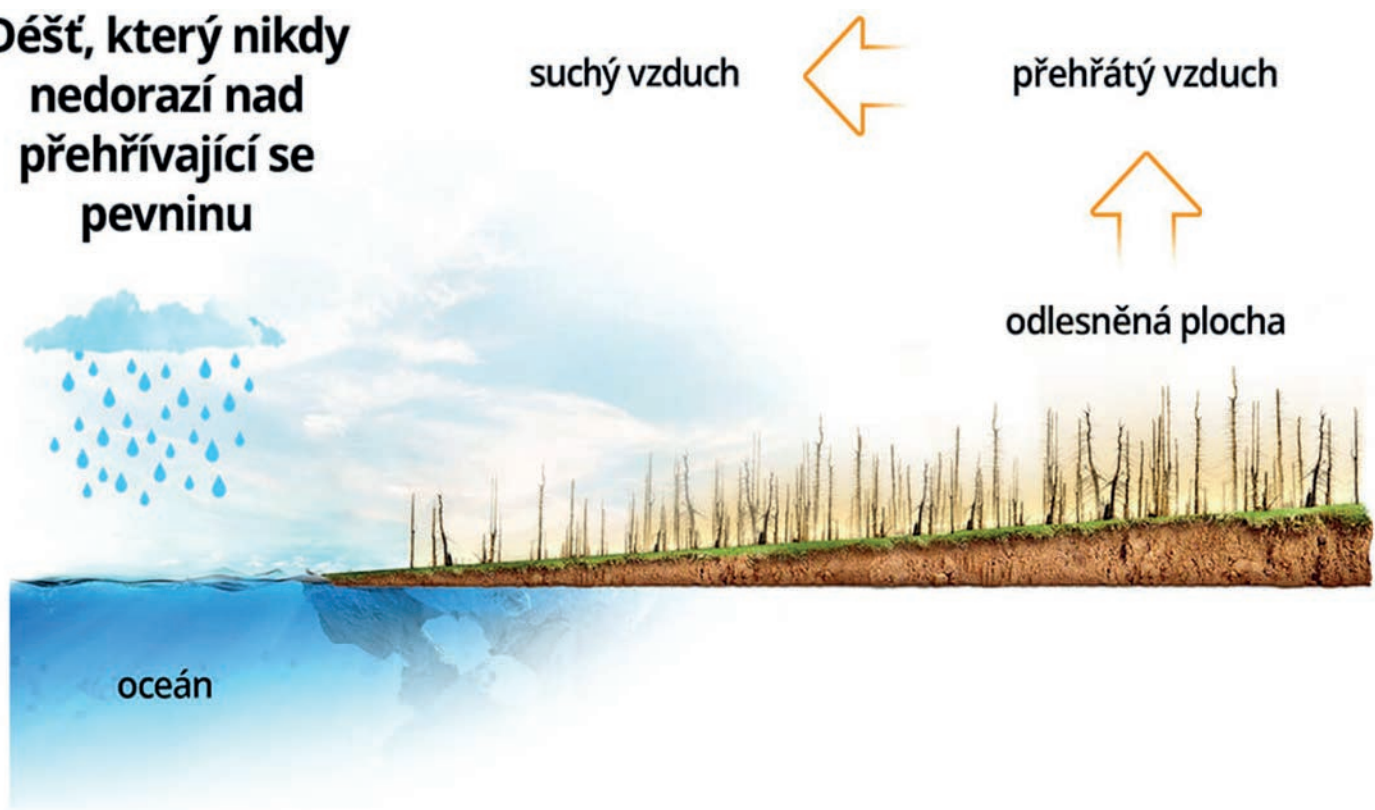
na kontinentu pod ní, říká Antonio Nobre, klimatolog z Brazil's National Institute for Space Research, který studuje pohyby vody v atmosféře na satelitních snímcích.

Po několik let, se uvažovalo o existenci létajících řek pouze v Amazonii. V devadesátých letech Hubert Savenije (1995), hydrolog z Technologické univerzity z Delftu, začal studovat oběh vody v západní Africe. S využitím hydrologického modelu v kombinaci s meteorologickými daty ukázal, že směrem

od pobřeží do vnitrozemí stoupá podíl dešťové vody, která pochází z lesů. Ve vnitrozemí dosahuje 90 %. Toto zjištění pomohlo vysvětlit, proč se za posledních šedesát let vnitrozemí Sahelu vysušilo poté, co zmizely lesy na pobřeží (obr. 2).

Jeden ze Savenijových studentů, Ruud van der Ent, rozvinul myšlenku dále, vytvořením globálního modelu toku vzdušné vlhkosti. Spojil měřené údaje o srážkách, vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a teploty s teoretickými odhady výparu a tran-

Děšť, který nikdy nedorazí nad přehřívající se pevninu



Obr. 3. Narušený koloběh páry, který vysušuje nezalesněnou krajinu. Zdroj: Sázej stromy

spirace. Vznikl tak první model toků vlhkosti pro území větší, než je obvykle modelované povodí řeky.

V roce 2010 van der Ent se svými spolupracovníky uveřejnili výsledky modelu: globálně, 40 % veškerých srážek pochází spíše z pevnin nežli z oceánů. Často to bývá i více. Amazonská létající řeka dodává 70 % dešťových srážek Laplatské nížině. Van der Ent byl nejvíce překvapen zjištěním, že 80 % srážek v Číně pochází ze západu. Jedná se o vlhkost z Atlantiku, která je recyklována boreálními lesy Skandinávie a Ruska. Tento koloběh trvající půl roku i déle, zahrnuje několik fází – cykly transpirace následované deštěm postupujícím po směru větru a opětovná transpirace. To je v rozporu s dřívějšími znalostmi, které jsme se učili ve škole. Čína sousedí s Tichým oceánem, přesto většina jejích srážek je vlhkost recyklována z pevniny daleko na západě.

V roce 2007 časopis *Hydrology and Earth System Sciences* publikoval vizi biotické pumpy Gorškova a Makarievy. Bylo to provokativní od počátku, protože teorie byla v rozporu s dlouho uznávaným principem meteorologie: větry jsou poháněny z velké části různým ohřevem atmosféry. Když teplý vzduch stoupá, snižuje tlak vzduchu pod sebou. Při zemi se vytváří prostor, do kterého přichází vzduch z okolí. Na příklad v létě se povrch země ohřívá rychleji a přitahuje vlhkou brízu (vánek) z chladnějšího oceánu.

Makarieva a Gorškov argumentovali, že druhý proces může někdy převládnout. Když vodní pára nad lesem kondenzuje a tvoří se mraky, plyn se sráží na kapalinu, která má mnohem menší objem. Snižuje se tlak vzduchu a dochází k horizontálnímu vtahování vzduchu z území, kde je kondenzace nižší. Prakticky to znamená, že kondenzace nad pobřežním lesem zrychluje brízu od moře a nasává vlhký vzduch na pevninu, kde případně vodní pára zkondenzuje a spadne jako déšť. Jestliže les pokrývá pevninu dále do vnitrozemí, cyklus může pokračovat a udržuje proudění vlhkého vzduchu i několik tisíc kilometrů.

Teorie obrací tradiční myšlení: není to atmosférická cirkulace, která pohání hydrologický cyklus (oběh vody) ale hydrologický cyklus pohání cirkulaci vzdušných mas. Přičemž hnací silou je sluneční energie působící přes výparné teplo vody. Zopakujme si fyziku pro základní školy: výparné teplo vody je 2,4MJ/litr (0,68kW), což je ekvivalent kapacity jedné autobaterie. Z jednoho litru vody vznikne 1200 litrů vodní páry. Prostřednictvím výparu vody se přeměňují obrovská množství sluneční energie a povrchové teploty krajiny se liší i o desítky stupňů podle toho, jak se povrch chladí výparem vody (Hesslerová a kol. 2019).

Douglas Sheil, který podporuje tuto teorii déle než deset let, upozorňuje, že biotická pumpa vysvětluje tzv. *paradox chladné Amazonie* (Sheil 2018). Od ledna do června, kdy je Amazonská nížina chladnější nežli oceán, vane silný vítr od Atlantiku směrem do Amazonie, tzn. opačným směrem, než bychom očekávali, v případě závislosti směru větru na rozdílu teplot. Jinými slovy vítr by vál od chladnějšího kontinentu do teplejšího oceánu, jako je tomu v případě brízy.

I ti, kteří zpochybňují teorii biotické pumpy, souhlasí, že ztráta lesa může způsobit dalekosáhlé klimatické následky. Řada vědců přinesla argumenty, že odlesnění před tisíci let vedlo k desertifikaci rozsáhlého území Austrálie (Australian Outback) a západní Afriky. Jsou obavy, že odlesnění může způsobit vyschnutí dalších oblastí, například severní části deštného amazonského lesa se mohou přeměnit na savanu. *Stejně tak jsou ohroženy i zemědělské oblasti Číny, afrického Sahelu a argentinské Pampy*, říká Patrick Keys, chemik atmosféry z Colorado State University, Fort Collins.

V roce 2018 Keys se svými spolupracovníky použili model podobný tomu, se kterým pracoval van der Ent. Sledovali

zdroje srážek 29 městských aglomerací. Zjistili, že 19 z nich bylo vysoce závislých na srážkách, pocházejících ze vzdálených lesů, např. Karáčí v Pakistánu, Wuhan a Šanghai v Číně, New Delhi a Kalkata v Indii. *I malé změny ve srážkách, které jsou důsledkem změn krajinného pokryvu na návětrné straně, mohou mít velký dopad na zranitelné dodávky vody do urbánních oblastí*, říká Keys.

Před dvěma roky na vrcholném setkání *Forum on Forest* pod patronací Spojených národů za přítomnosti vrcholných politiků a zástupců všech vlád, ukázal David Ellison (University Bern), že 40 % celkových srážek v pramenné oblasti Nilu v Etiopii pochází z recyklované vody lesů v Kongu. Egypt, Súdán a Etiopie se dlouhodobě snaží dosáhnout nové dohody o rozdělování vody z Nilu. Taková dohoda bude však bezcenná, pokud bude pokračovat odlesnění povodí řeky Kongo, hlavního zdroje vody pro tyto země. A to i přes skutečnost, že se jedná o území těmto třem státům poměrně vzdálené. Ellison prohlásil: *Interakce mezi lesem a vodou je téměř ignorována v managementu světových zdrojů sladké vody*.

Debata o teorii biotické pumpy pokračuje na stránkách významných vědeckých časopisů. Například v *Atmospheric Chemistry and Physics* byl uveřejněn článek Makarievy a kol. (2013) pod titulem *Odkud vane vítr (Where do wind come from)* až po tříletém recenzním řízení. Makarieva za sebe rozvíjí teorii dále, argumentuje v sérii dalších článků, že ten samý mechanismus může ovlivňovat tropické cyklony, které jsou poháněny uvolňovaným skupenským teplem v situacích, kdy vodní pára kondenzuje nad oceánem. V roce 2017 Makarieva a kol. uveřejnili v *Atmospheric Research* článek, ve kterém předkládají myšlenku, že fungující biotická pumpa nad pevninskými lesy přitahuje vlhký vzduch z míst, kde cyklony vznikají (Makarieva a kol. 2017). To může být vysvětlením, proč se cyklony zřídka tvoří v jižní části Atlantského oceánu. Deštné lesy Amazonie a Konga z oceánu přitahují tolik vlhkosti, že jí je málo na to, aby byla zdrojem pro vznik hurikánů. Kerry Emanuel, uznávaný špičkový vědec v oboru hurikánů z Massachusetts Institute of Technology, říká: *Ačkoli nejsou uváděné efekty zanedbatelné, jsou velmi malé*. Dává přednost jinému vysvětlení, proč je méně hurikánů v Jižním Atlantiku. V regionu jsou chladné vody, které odpařují méně vlhkosti do vzduchu. Vyskytuje se zde stříh větru, který hurikány rozpouští. I když myšlenky A. Makarievy jsou na Západě na pokraji zájmu, zakořeňují v Rusku. V minulém roce začala vláda veřejný dialog k revizi lesních zákonů. Kromě striktně chráněných území jsou lesy v Rusku otevřeny komerčnímu využití. Avšak vláda a Federální lesnická agentura uvažují o nové kategorii lesa *climate protection forests – les na ochranu klimatu*. Někteří představitelé odboru lesů se vážně zajímají o biotickou pumpu a chtějí zavést tuto novou kategorii lesa. Ideu podporuje i Ruská akademie věd. *Být součástí konsensu je změna oproti věčnému outsiderství*, konstatuje A. Makarieva. *Ve vědě panuje přirozená setrvačnost*, říká a s temným ruským humorem připomíná slova legendárního německého fyzika Maxe Plancka, *že věda postupuje pohřeb po pohřbu*.

Dne 21. 10. 2020 se uskutečnila v Moskvě on-line mezinárodní *Diskuse u kulatého stolu*, organizovaná Ruskou federální komisí pro ekologii a životní prostředí na téma: *Water, forest and climate: shaping a new narrative for forest policy*, tedy *Voda, les a klima: utváření nového výkladu lesní politiky*, jde o vysvětlení zásadní úlohy lesů při tvorbě klimatu. Krátkými videy přispěli autoři z Brazílie, Austrálie, Evropy a reagovali na výzvu organizátorů, shrnutou v následujícím odstavci:

Nová vědecká data prokazují, že destabilizace oběhu vody vede k nepředvídatelným a nepříznivým změnám klimatu. Zachování přirozený les je hlavním regulátorem vodního cyklu a následně klimatických podmínek na pevnině. Kolísání a změny vodního

cyklu vedou k destruktivním procesům a oslabování lesů, které potom podléhají požárům a škůdcům, včetně invazivních druhů. Pravdou je též opak: lesní požáry a nadměrná těžba narušují oběh vody a teplotní režim a snižují schopnost lesa vázat oxid uhličitý do biomasy a do půdy.

Destabilizace a zhoršování klimatu vyžadují naléhavě odpověď: vyhodnotit schopnost lesů regulovat klima a pro stabilní a zachovalé lesy v Rusku zavést zvláštní legislativní kategorii *lesy regulující klima* s cílem jejich zvláštní ochrany.

Tento článek si dovoluji uzavřít tvrzením, že otázkou úlohy člověka v utváření klimatu se začneme vážně zabývat, až začneme studovat efekty změn krajinného pokryvu na distribuci sluneční energie a oběh vody. Teorie biotické pumpy k tomuto poznání přispívá. Je to jednoduchá fyzika s dalekosáhlými důsledky. Popisuje, jak vodní pára vydávaná stromy pohání vítr: větry, které vanou přes kontinent, přinášejí vlhký vzduch z Evropy a přes Sibiř ho dále posunují do Mongolska a Číny; větry, které přinášejí déšť a udržují toky mohutných řek východní Sibiře; větry zásobující vodou Velkou čínskou nížinu, obilnici nejlidnatějšího státu světa.

Tato teorie uvažuje zásadní úlohu vegetace a zejména stromů, které fungují jako mohutné fontány vody (vodní páry). Jejich kořeny přijímají vodu z půdy pro fotosyntézu (transportují živiny) a mikroskopickými póry v listech (průduchy) vypouštějí nevyužitou vodu ve formě vodní páry do ovzduší. Tento proces, *pocení stromu* se nazývá transpirací. Jeden velký strom může tímto způsobem vypařit až stovky litrů vody za den. Listová plocha stromu je přitom několikrát vyšší nežli plocha průmětu koruny, a proto strom může vypařit více vody do vzduchu nežli vodní hladina stejné velikosti. Evapotranspirace je přitom pokládána za proces podmiňující existenci srážek na kontinentech (Pokorný a kol. 2019).

LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- Hesslerová, P., Pokorný, J., Huryna, H., Harper, D. (2019): Wetlands and Forests Regulate Climate via Evapotranspiration. In: S. An., J. T. A. Verhoeven (eds.), *Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*, Ecological Studies 238, Springer Nature Switzerland AG 2019
https://doi.org/10.1007/978-3-030-14861-4_4
- Keys, P. W., Wang-Erlandsson, L., Gordon, L. J. (2018): Megacity precipitation sheds reveal tele-connected water security challenges. *PLoS ONE* 13(3): e0194311
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194311>
- Marsh, G. P. (1864): *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*. Marsh to Spencer F. Baird, 21 May 1860, Baird Corr., Smithsonian Institution
<https://www.nytimes.com/1864/07/25/archives/man-and-nature-man-and-nature-or-physical-geography-as-modified-by.html>
- Makarieva, A. M., Gorshkov, V. G. (2007): Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrol Earth Syst Sci* 11(2): 1013–1033
<https://hess.copernicus.org/articles/11/1013/2007/>
- Makarieva, A., Gorshkov, V. G., Sheil, D., Nobre, A. D., Li, B. L. (2013): Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmos. Chem. Phys.* 13: 1039–1056
<https://doi.org/10.5194/acp-13-1039-2013>
- Makarieva, A., Gorshkov, V. G., Nefiodov, A., Chikunov, A. V., Sheil, D., Nobre, A. D., Li, B. L. (2017): Fuel for cyclones: The water vapor budget of a hurricane as dependent on its movement, *Atmospheric Research* 193, DOI 10.1016/j.atmosres.2017.04.006
https://www.researchgate.net/publication/315950039_Fuel_for_cyclones_The_water_vapor_budget_of_a_hurricane_as_dependent_on_its_movement
- Pearce, F. (2020): Weather Makers, Forests supply the world with rain. A controversial Russian theory claims they also make wind. *Science* 368 (6497): 1302–1305
https://www.sciencemagazine.org/sciencemagazine/19_june_2020/MobilePagedArticle.action?articleId=1595196&app=false#articleId1595196
- Pokorný, J. a kol. (2019): Strategie rozvoje energeticky udržitelného regionu. Technické listy výstupů projektu TE0200007, Třeboň, ENKI, o. p. s.
<https://www.enki.cz/cs/aktuality/item/179-strategie-rozvoje-energeticky-udrzitelneho-regionu>
- Salati, E., Dall'Olio, A., Matsui, E., Gat, J. R. (1979): Recycling of water in the Amazon Basin: An isotopic study. *Water Resources Research* 15 (5): 1250–1258
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/WR015i005p01250>
- Savenije, H. H. (1995): New definition for moisture recycling and the relationship with land-use changes in the Sahel. *J. Hydrol* 167: 57–78
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/002216949402632L>
- Sheil, D. (2018): Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global cycle. *Forest Ecosystems* 5: 19
<https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-018-0138-y>
- Van der Ent R. J., Savenije H. H. G., Schaeffli, B., Steele – Dune, S. C. (2010): Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Res.* 46
<https://doi.org/10.1029/2010wr009127>
- Wulf, A. (2016): *Vynález přírody, dobrodružství zapomenutého objevitele Alexandra von Humboldta v Severní Americe*. Kniha Omega, Dobrovský s. r. o.
- Rio de Janero 1992: Deklarace Konference OSN o životním prostředí a rozvoji
[https://web.archive.org/web/20150923201658/http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFL5ZKH1/\\$FILE/Metod-MA21_06-priloha1-deklaraceUR_0503.pdf](https://web.archive.org/web/20150923201658/http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFL5ZKH1/$FILE/Metod-MA21_06-priloha1-deklaraceUR_0503.pdf)
- Sázej stromy
<https://sazejstromy.cz/>
- Smart Biotic Pump SUMMIT PRAGUE 2018
<https://epochalnisvet.cz/cesky-projekt-muze-zachranit-svet-pred-suchem/>
- Výkladové video o úloze lesa na úrovni komiks
<https://www.youtube.com/watch?v=kKL40aBg-7E>

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
ENKI, o.p.s.
Dukelská 145, 379 01 Třeboň
pokorny@enki.cz

10. KLIMATICKÉ CYKLY ZPŮSOBENÉ KOLÍSÁNÍM SLUNEČNÍ AKTIVITY

Pavel Kalenda, Miloslav Šír

Pohyb vody a tepla na Zemi představuje z fyzikálního hlediska chaotický systém, jehož chování je v detailu nepředpověditelné. Avšak v mnohaletých řadách lze vyzorovat, že dochází ke kvazicyklickým změnám rozložení povrchové teploty a srážek. Tyto změny se nazývají klimatické cykly. Jedním z významných vlivů, které cykly způsobuje, je proměnná sluneční aktivita, která má za následek změny slunečního osvětlení Země. Ta ovlivňuje povrchovou teplotu Země, proudění atmosféry a oceánů, a konečně změny skupenství vody. Záření, vycházející ze Slunce, je Zemí zachycováno jenom velmi nepatrně. Země zachytí přibližně jednu dvoumiliardtinu, tj. $1,8 \cdot 10^{17}$ W z celkového výkonu Slunce. $3,85 \cdot 10^{26}$ W. V době minima sluneční aktivity byl změřen tok slunečního záření 1361 W/m^2 (Kopp, Lean 2011). Sluneční irradiance je tok sluneční energie procházející plochou 1 m^2 , kolmou na směr paprsků, za 1 s ve střední vzdálenosti Země od Slunce (1 AU) měřený mimo zemskou atmosféru.

OBJEV PŘÍČINY CYKlickÝCH ZMĚN SLUNEČNÍ AKTIVITY

Sluneční aktivita vyvolává změny v množství slunečního záření a v jeho spektrálním složení. Nejběžnějším a snadno pozorovatelným projevem aktivity jsou sluneční skvrny. Skvrny jsou chladnější místa ve sluneční atmosféře s teplotou pod $5000 \text{ }^\circ\text{C}$, zatímco jinak povrch Slunce má teplotu vyšší než $6000 \text{ }^\circ\text{C}$. Skvrny jsou proto tmavé (Střeščík 2005). Roku 1843 objevil německý hvězdář Heinrich Schwabe *jedenáctiletý cyklus slunečních skvrn* analýzou řady jejich pozorování od roku 1749. Jejich počet se udává pomocí relativního čísla slunečních skvrn, nazývaného Wolfovo číslo. Cykly slunečních skvrn začínají minimem sluneční aktivity, kdy současně dochází k přepólování magnetického pole Slunce. Sluneční cyklus číslo 1 měl maximum mezi léty 1761–1766. Od minima aktivity v prosinci 2019 už probíhá 25. cyklus (The new solar activity cycle 2020). Maximum tohoto cyklu se očekává v červenci 2025 (NOAA 2019). Jednotlivé cykly netrývají vždy jedenáct let, ve skutečnosti se jejich délka pohybuje mezi 9 až 14 lety (Seznam slunečních cyklů 2020). Také amplituda cyklů není konstantní, ale kolísá na staletých, tisíciletých i delších škálách.

Jose (1965) objevil jednu z prvních pravidelností v pohybu Slunce (SIM = Solar Inertial Motion), a to opakování podobných vzorů v přibližně 179letém cyklu. Tyto vzory vyplývají z nebeské mechaniky, kdy se největší planety dostávají do podobných postavení vůči sobě právě jednou za 178,8 let. Na tuto práci navázali další badatelé (Fairbridge, Shirley 1987, Landscheidt 1988) a zejména I. Charvátová (Jakubcová, Pick 1987, Charvátová 1988, 1990, 1997, Charvátová, Střeščík 1991), která ukázala, že v tomto cyklu se střídají *uspořádané* periody, dlouhé přibližně 60 let, kdy trajektorie SIM tvoří symetrické gotické trojlístky a *neuspořádané* periody, dlouhé přibližně 120 let, kdy tyto trojlístky nelze v SIM nalézt. V době *uspořádaných* period mají na SIM největší vliv planety Jupiter a Saturn, jejichž rázová perioda je 19,86 let (ty vytváří ony trojlístky za 60 let), a naopak gravitační vliv Uranu a Neptuna se vzájemně ruší. V této době je pozorována nejvyšší sluneční aktivita. Naopak, v *neuspořá-*

daných dobách se gravitační účinky Uranu a Neptuna sčítají, a proto v pohybu SIM nedominuje trojlístkové uspořádání, ale trajektorie Slunce má charakter neuzavřených smyček. V těchto periodách má Slunce nižší než průměrnou aktivitu (Charvátová 2011, Podolská 2014). Důležité je, že období chaotického pohybu Slunce souhlasí s dlouhodobými minimy ve sluneční aktivitě (obr. 1), jako bylo např. minimum Wolfovo (1270–1350), Spörerovo (~1430–1520), Maunderovo (~1620–1710) nebo Daltonovo (~1790–1840) (Charvátová 2011). Ve vzorech SIM je možno kromě 20letých, 60letých, 178,8letých period nalézt také delší významné klimatické periody, například 2402 let (Charvátová 2000). Přestože analýza SIM neukázala na fyzikální mechanismus, kterým planety ovlivňují sluneční aktivitu, jedná se o jasné vodítko, směřující k planetární gravitační a magnetické interakci a řízení jaderných reakcí na Slunci těmito poli. Perryman a Schulze-Hartung (2010) proto otestovali, zda se stejné zákonitosti neobjeví také v extraterrestrických systémech, a potvrdili, že hostitelské hvězdy HD 168443 a HD 74156 nabízejí silné argumenty pro toto tvrzení.

Nejnovější práce (Shepherd, Zharkova 2014, Zharkova et al. 2015), zabývající se přímo požadovým magnetickým polem Slunce, které stojí za variacemi počtu skvrn a také zářivého výkonu, ukázaly, že toto pole je možno rozložit na vlastní vektory (tedy na sobě nezávislá magnetická pole) a dominantní jsou první dvě vlastní složky (PC = Principal Component). Už jen součet těchto dvou prvních komponent (39 % celkového magnetického pole) velice dobře odráží dlouhodobý vývoj sluneční aktivity za posledních cca 1000 let (Zharkova et al. 2019) a je možno predikovat snížení zářivého výkonu Slunce ve 25. a 26. slunečním cyklu, tedy přibližně do roku 2055. Ke stejnému závěru došli nezávisle i další badatelé (Yndestad, Solheim 2016).

Analýza obou hlavních komponent požadového magnetického pole Slunce ukázala (Kalenda 2020), že největší amplitudu magnetického pole (první vlastní složka) generují planety s největším momentem síly (včetně Planet Nine) a základní perioda tohoto pole je blízka 20,2 rokům. Největší příspěvek pak generují samotné planety Jupiter a Saturn, ale vztažené k požadovému gravitačnímu poli Galaxie a Planet Nine. Druhá vlastní komponenta je pak generována největšími slapovými planetami (tedy Merkurem, Venuší, Zemí a Jupiterem) a jejich základní perioda je blízka 22,2 rokům, tedy Haleho periodě sluneční aktivity. Ke stejnému závěru došli i Stefani et al. (2019), kteří za základní periodu sluneční aktivity pro období posledních 1000 let určili Haleho periodu na 22,141 let pro maximální alignment slapových planet V-E-J (Venuše, Země, Jupiter). Celkovému magnetickému poli Slunce pak dominuje slapové působení planet, kdy Země a Venuše *překlápějí* orientaci magnetického pole, ale amplitudu celkového pole řídí velké planety a jejich orientace vůči generálnímu vnějšímu gravitačnímu poli (Galaxie a Planet Nine).

Měření provedená v posledních letech pomocí satelitů přinesla poznatek, že v době výskytu malého počtu skvrn se hodnota celkové zářivosti Slunce snižuje. A naopak, v *době velkého počtu slunečních skvrn se zářivost Slunce zvyšuje*. Na to, aby bylo možno učinit spolehlivé závěry o souvislosti mezi počtem slunečních skvrn a zářivostí Slunce, je pozorovaná řada Wolfových

čísel příliš krátká. Teprve poté, co se podařilo rekonstruovat zářivost Slunce pomocí proxy dat až na 14000 let (Bard et al. 2000, Usoskin et al. 2003, Usoskin et al. 2006, 2013), je možné pokládat za potvrzený poznatek: malý počet skvrn = snížená zářivost Slunce, velký počet skvrn = zvýšená zářivost Slunce. To je zásadní východisko pro studium klimatických cyklů, protože sluneční energie je určující hnací silou pohybu atmosféry a vody na Zemi a skupenských přeměn vody.

Je zde ale nutno počítat se zpožděním, daným akumulací přicházející energie ze Slunce v atmosféře, oceánech a také horninách. Tak, jako je v denním rytmu pozorováno zpoždění maximálních teplot za maximálním osvitem (pravé poledne) o několik desítek minut s tím, jak je nutno prohrát přípovrchové vrstvy atmosféry, tak v ročním rytmu je pozorováno zpoždění maximálních letních teplot za letním slunovratem o více než měsíc s tím, jak je nutno prohrát přípovrchové vrstvy oceánů. Obdobně pak platí, že pro dlouhodobé klimatické periody se opožděje pozorované maximum teplot za maximem zářivosti Slunce o desítky až první stovky let s tím, jak pomalu se nahřívá přípovrchová vrstva kontinentální kůry (Kalenda et al. 2018). Na datech z vrtu Vostok (Petit et al. 1999) i na proxydatech sluneční aktivity za posledních cca 1000 let (Usoskin et al. 2006) je možno ukázat, že dnešní tzv. *antropogenní globální oteplování* (AGW) je možno z 85 % vysvětlit nejvyšší sluneční aktivitou od konce Malé doby ledové do roku 1958, kdy dosáhla svého maxima, za posledních cca 600 let (Steinhilber et al. 2009) a poločasem akumulace energie v kůře 270 let (Kalenda et al. 2018). Tedy fyzikálními ději zcela jistě *neantropogenními*.

KLIMATICKÉ CYKLY

Slunce reaguje svou aktivitou na změnu gravitačního pole danou vzájemným postavením všech planet ve Sluneční soustavě (Kalenda, Málek 2006, Wilson et al. 2013, Mörner 2012, 2015, Scafetta 2010, Zharkova et al. 2015). V čase se tak mění jak vzdálenost Slunce od těžiště Sluneční soustavy (Jose 1965), tvar orbity Slunce (Jakubcová, Pick 1987, Charvátová 1988, 1990, 1997, Charvátová, Střeščík 1991), tak také orbitální a spinové rotační momenty Slunce a planet (Kalenda, Málek 2006) a momenty hybnosti (Kalenda, Málek 2008), které korelují se sluneční aktivitou, jak ukázal už Jose (1965). Ve sluneční aktivitě tak můžeme detekovat různé cykly, které odrážejí měnící se vlivy jednotlivých planet. Krátkodobé klimatické periody (kratší než 20 tisíc let) jsou způsobeny kolísáním sluneční aktivity, a mají proto velice úzkou vazbu na parametry orbit planet a jejich vzájemné rázy.

Nejnámější *Schwabeho perioda* dlouhá 11,07 let je společnou periodou rázů Venuše, Země a Jupitera (dostávají se do zákrutu, takže jejich gravitační působení na Slunce se plně sčítá) a je dnes označována jako *sluneční cyklus* (Stefani et al. 2019). Přestože je možno přímo změřit kolísání zářivého výkonu Slunce v 11letém cyklu s amplitudou přibližně 1–2 W/m² (Soon et al. 2015), Schwabeho perioda se v klimatu neprojevuje příliš výrazně, pravděpodobně proto, že je příliš krátká a klimatický systém není schopen tak rychle reagovat díky své stabilitě, zejména oceánských a atmosférických proudů.

Z pohledu klimatu a také počasí je nejméně výraznější *cyklus s periodou 62,5 let*, která je periodou změny excentricity orbity Jupitera (Scafetta 2018). Význam tohoto cyklu spočívá v tom, že Jupiter předává svůj rotační moment nejenom Slunci a řídí tak jeho aktivitu a tím i zářivý výkon, ale část tohoto momentu předává přímo Zemi, její atmosféře a oceánským proudům (Mörner 2018). Tato perioda je tak pozorovatelná jak v řadě fyzikálních parametrů Země, například v délce dne, nebo rotačním momen-

tu atmosféry, tak také ve výškách hladin světového oceánu (Jevrejeva et al. 2008, Mörner 2015), v teplotních řadách (Scafetta 2018), v Atlantické meridionální oscilaci nebo Pacifické dekádní oscilaci. Protože ve stejném rytmu dochází ke změnám aktivity Slunce (Usoskin 2013), mají polární záře stejnou periodu (Křivský, Pejml 1988). 62,5letý cyklus je pozorovatelný na směrech a rychlosti proudění mořských proudů (Mörner 2018).

V klimatu se výrazně projevuje *179letý sluneční cyklus* plynoucí z gravitačního působení Jupitera a Saturnu na pohyb Slunce okolo těžiště Sluneční soustavy. V období stabilního pohybu uvolňuje Slunce více energie nežli v období chaotického pohybu. Záznamy o nejrůznějších přírodních procesech (např. šířky letokruhů u stromů) dovolují učinit závěr, že v obdobích chaotického pohybu, tedy i nízké sluneční aktivity, docházelo k dlouhodobému globálnímu ochlazení. Nastávaly tzv. *malé doby ledové*, které se objevovaly vždy v 179letém cyklu (Svoboda 1994). Zajímavý je poznatek o souvislosti oblačnosti a sluneční činnosti, když bylo analýzou čtyřtisícileté řady pozorování komet zjištěno, že maximum sluneční činnosti odpovídají minima (noční oblačnosti) (Link 1956).

POVRCHOVÁ TEPLOTA ZEMĚ

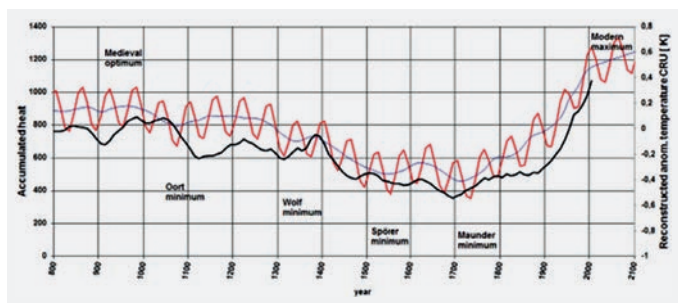
Povrchová teplota Země je rovnovážnou teplotou mezi Zemí a kosmem. Závisí proto nejen na příkonu slunečního záření a vyzařování do vesmíru, ale také na akumulaci tepla v atmosféře, oceánech a kontinentech. Povrchová teplota není proto bezprostředně časově svázána se sluneční aktivitou, ale s jejím časovým integrálem (Kalenda et al. 2018).

Z odhadu množství sluneční energie, které je akumulováno v litosféře (Kalenda et al. 2018) plyne, že tzv. *globální teplota*, je de facto jen rovnovážná teplota mezi příkonem energie ze Slunce, akumulovaným teplem na Zemi a vyzařovanou energií zpět do kosmu. Pokud ze Slunce na Zemi přišlo více energie, než je střední příkon (v dobách maximální sluneční aktivity), pak Země jako celek naakumulovala více tepla a zákonitě musí být také jiná (vyšší) rovnovážná teplota na jejím povrchu. Protože ale zemská kůra není dobrý teplotní vodič, doba mezi příchodem vyšší energie ze Slunce a akumulací tepla v horninách je velice dlouhá (odhadem polovina energie se naakumuluje za cca 270 let). Obdobně dlouhá je také doba, za kterou se opět naakumulované teplo vyzáří zpět do kosmického prostoru. Proto není možné porovnávat přímou aktivitu Slunce a dlouhodobé variace klimatu ve stejném čase, ale je potřeba uvažovat s fázovým zpožděním desítek až stovek let.

Z krátkodobého pohledu je denní maximum teploty opožděno za maximem slunečního osvitu o 1–2 hodiny (ohřev přípovrchové atmosféry), z ročního pohledu je maximum teplot opožděno za slunovratem o 1–2 měsíce (ohřev přípovrchové vrstvy oceánu) a z dlouhodobého hlediska je střední globální teplota opožděná za maximem příkonu od Slunce o pár desítek až prvních set let (ohřev hornin do hloubek několik set metrů). Proto je globální teplota závislá na integrálu zářivého výkonu Slunce, a nikoliv na jeho okamžitém výkonu.

Průběh teploty na Zemi v období 800–2000 ukazuje obr. 1.

- Lze jej vysvětlit superpozicí dvou procesů: Sekulárního oteplování (modrá čára v obr. 1), které plyne z nárůstu akumulované energie v horninách od Malé doby ledové, kdy byla enormně velká sluneční aktivita (největší za posledních cca 1000 let v součtu) (Steinhilber et al. 2009, Kalenda et al. 2018).
- Strídavého ohřívání a ochlazení v 62,5letém cyklu (červená čára v obr. 1), způsobené cyklickými změnami sluneční aktivity



Obr. 1. Vývoj akumulovaného tepla v zemské kůře a rekonstruované teploty na Zemi. Modrá čára – akumulované teplo v zemské kůře (smluvní jednotky – ve skutečnosti se jedná o inetegrovaná Wolfova čísla krát roky) (Kalenda et al. 2018). Černá čára – rekonstruované teploty na Zemi (Mann et al. 2008), vyhlazené v 50letém klouzavém okně. Červená čára – součet dlouhovělnného záření z povrchu Země a změn dopadajícího záření ze Slunce promítnuté do změn teplot a připočtené k akumulovanému teplu. Na časové ose jsou vyznačeny polohy středověkého optima (~950–1250), minima Wolfova (1270–1350), Spörerova (~1430–1520), Maunderova (~1620–1710) a Daltonova (~1790–1840) a současného maxima sluneční aktivity. Zdroj: Scafetta (2018)

v důsledku gravitačního působení Jupitera a změnami oceánského a atmosférického proudění (Mörner 2018).

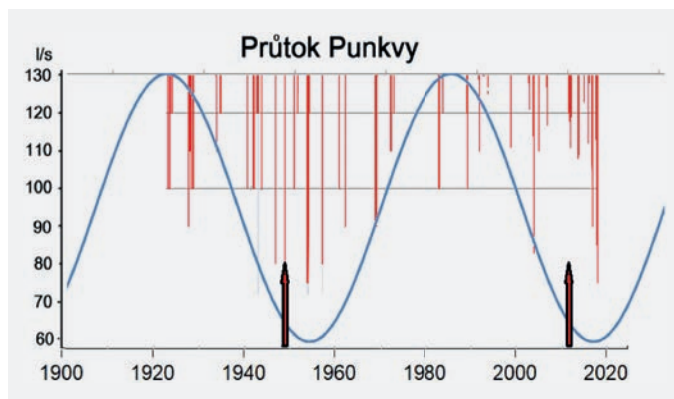
VZTAH TEPLŮT A SRÁŽEK NA ZEMI

Mezi teplotami a srážkami je sice příčinný vztah, ale je překryt dalšími nezávislými faktory (rotace Země, akumulace tepla v atmosféře, oceánech a kontinentech). Není proto možno pozorovat přímou časovou korelaci obou veličin. Je třeba vzít v úvahu další vlivy:

- **Povrchová teplota oceánu a srážky:** Z dlouhodobého a globálního hlediska platí, že čím je větší povrchová teplota oceánu, tím je větší výpar a následně i srážky. Ale většina srážek spadne ještě do oceánu. Pro přenos páry z oceánu nad pevniny je z krátkodobého hlediska důležitý směr proudění atmosféry a zejména Jet-streamu (Corbyn 2018).
- **Sluneční aktivita a Jet-stream:** Když je sluneční aktivita vysoká, je proudění rychlé, rovnoměrné a je zejména ve směru Z-V, takže nad střední Evropu se dostane větší část z výparu v Atlantiku. Naopak, když je sluneční aktivita malá, tak se Jet-stream vlní a u nás se to projevuje větry S-J nebo J-S, které obojí jsou relativně suché (nejsušší jsou S->J).
- **Gravitačními účinky Jupitera na zářivý výkon Slunce:** Jupiter současně gravitačně ovlivňuje i zářivý výkon Slunce, takže i ten má 62,5letý cyklus (Křivský, Pejml 1988).
- **Gravitačními účinky Jupitera na rotaci Země a Jet-stream:** Dlouhodobější variace směru proudění Jet-streamu souvisí s rotací celé Země. Protože rotace Země je ovlivňována gravitačními účinky Jupitera, které mají 62,5letý cyklus, dochází se stejnou periodou i ke změnám její rotace (Mörner 2018). Protože rotace Země se od roku 2006 generálně zpomaluje (IERS 2020), bude s cca 5 až 7letým zpožděním za rotací Země klesat i teplota na Zemi.

KLIMATICKÉ PROJEVY 62,5LETÉHO CYKLU

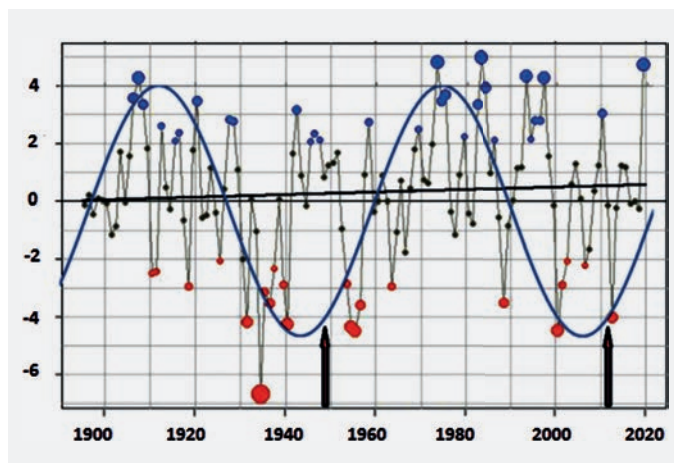
V literatuře se vyskytuje dosti příkladů 62,5letého cyklu v dlouhých datových řadách týkajících se klimatických veličin. Uvedme dva případy: minimální roční průtoky Punkvy v Moravském krasu v letech 1924–2019 (obr. 2) a roční hodnoty indexu sucha v kontinentálních USA v období 1895–2019 (obr. 3).



Obr. 2. Minimální průtoky (červené sloupce) na Punkvě v Moravském krasu v letech 1924–2018 (Lejska et al. 2019). Modrá čára je sinusovka s periodou 62,5 let. Šipky označují okamžiky největší excentricity Jupitera a současně nejmenší vzdálenosti Jupitera od Slunce. Zdroj dat: (Lejska et al. 2019), efemeridy planet JPL Horizons (2020)

Na obr. 2 jsou minimální roční průtoky v letech 1924–2018 na říčce Punkva, která protéká jeskyněmi Moravského krasu (Lejska et al. 2019). Těmito průtoky je proložena sinusovka s periodou 62,5 let. Šipky označují okamžiky největší excentricity Jupitera a současně nejmenší vzdálenosti Jupitera od Slunce. Obrázek ukazuje, že extrémně malé průtoky (dolní úvraté na sinusovce proložené minimálními průtoky) nastaly v letech 1956 a 2018, v obou případech shodně asi 6 let po maximu excentricity Jupitera. Z obr. 2 je dobře patrné, že minulé období sucha v ČR mezi lety 1944–57 je následováno dalším suchým obdobím v letech 2011 (resp. 2004) až 2019 s odstupem, který dobře odpovídá periodicitě změn excentricity Jupitera délky 62,5 let.

Obr. 3. ukazuje roční hodnoty indexu sucha PDSI (Palmer Drought Severity Index) v období 1895–2019 v kontinentálních USA. Hodnotami je proložena sinusovka s periodou 62,5 let. Extrémně nízké hodnoty indexu sucha (dolní úvraté na sinusovce) předbíhají o 6 let okamžiky maximální excentricity Jupitera. Obě období sucha v USA okolo let 1940 a 2000 korespondují s obdobími sucha v ČR (obr. 3) s tím, že extrémní sucha v ČR nastávají přibližně o 11 let později než v USA.



Obr. 3. Roční hodnoty indexu sucha PDSI (Palmer Drought Severity Index) v období 1895–2019 v kontinentálních USA (Data: NCDC 2020). Modré terče – mokré roky, červené terče – suché roky, šedé terče – průměrné roky. Modrá křivka je sinusovka s periodou 62,5 let. Šipky označují okamžiky největší excentricity Jupitera a současně nejmenší vzdálenosti Jupitera od Slunce. Zdroj dat: efemeridy planet JPL Horizons (2020)

ZÁVĚR

Znalost příčin periodicity sluneční aktivity umožňuje její zpětnou rekonstrukci a následně projekce budoucího vývoje. Protože planetární vlivy na Slunce jsou cyklické a dobře dopředu spočítatelné, je možno predikovat budoucí vývoj sluneční aktivity. Z rekonstrukce sluneční aktivity plyne, že Slunce bylo silně aktivní jako v dnešní době jen po dobu asi 3 % z posledních 7000 let (Usoskin et al. 2006). V následujících desetiletích by již celková sluneční aktivita měla klesat (Střeščík 2002).

Z predikované zářivosti Slunce v nedaleké budoucnosti plyne tato klimatická předpověď:

- Na rozhraní 20. a 21. století končí perioda nižší oblačnosti a vyšších teplot (Link, 1956), a to nástupem zvýšené oblačnosti, která bude doprovázena velmi pravděpodobně i poklesem teplot (Dvořák, Křivský 1989).
- V letech 2020 až 2030 nastane snížení sluneční aktivity oproti 23. cyklu (Podolská 2014). Dojde k ochlazení a ve střední Evropě nastane pluvial se zvýšenou srážkovou činností.
- Okolo roku 2040 se objeví série vysokých desetiletých cyklů sluneční aktivity (Svoboda 1994, 1997). Mělo by se proto začít pozvolně oteplovat.
- Přibližně od roku 2090 se bude opakovat série cyklů z let 1913–1964. Na konci 21. století opět nastane nevýrazné 179leté minimum (Svoboda 1994, 1997).

V nejbližším století tedy s největší pravděpodobností nedojde ke klimatické změně se setrvalým trendem k oteplování či ochlazení. Klima se bude i nadále řídit astronomicky podmíněnými cykly sluneční aktivity, které způsobují střídavé oteplování a ochlazení oceánů, kontinentů a atmosféry.

LITERATURA

- 1.] Bard, E., Raisbeck, G.M., Yiou, F., Jouzel, J. (2007): Comment on Solar activity during the last 1000 years inferred from radionuclide records by Muscheler et al. 2007. *Quaternary Science Reviews*. DOI: 10.1016/j.quascirev.2007.06.002.
- 2.] Corbyn, P. (2018): Mechanisms of weather extremes and climate changes including long range forecasting. In: Mörner et al. (2018)
- 3.] Dvořák, J., Křivský, L. (1989): Slunce náš život. Panorama: Praha
- 4.] Fairbridge, R. W., Shirley, J. H. (1987): Prolonged minima and the 179-yr cycle of the solar inertial motion. *Sol Phys*, 110, 191–210. DOI: 10.1007/BF00148211
- 5.] Charvátová, I. (1988): The solar motion and the variability of solar activity. *Adv Space Res*, 8, 7, 147–150
- 6.] Charvátová, I. (1990): The relations between solar motion and solar variability. *Bull Astr Inst Czechosl*, 41, 56–59
- 7.] Charvátová, I. (1997): Solar-terrestrial and climatic phenomena in relation to solar inertial motion. *Surveys in Geophys*, 18, 131–146
- 8.] Charvátová, I. (2000): Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? *Ann Geophysicae*, 18, 399–405
- 9.] Charvátová, I. (2011): Za klimatickými změnami může být pohyb Slunce <https://www.osel.cz/5708-za-klimatickými-zmenami-muze-byt-pohyb-slunce.html>
- 10.] Charvátová, I., Střeščík, J. (1991): Solar variability as a manifestation of the Sun's motion. *J Atmos Terr Phys*, 53, 1019–1025
- 11.] IERS (2020): Earth orientation data <https://datacenter.iers.org/eop.php>
- 12.] Jakubcová, I., Pick, M. (1987): Correlation between solar motion, earthquakes and other geophysical phenomena. *Annales Geophysicae*, B, 135–142
- 13.] Jevrejeva, S., Moore, J. C., Grinsted, A., Woodworth, P. L. (2008): Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophys Res Lett*, 35, L08715. DOI: 10.1029/2008GL033611
- 14.] Jose, P. D. (1965): Sun's motion and sunspots. *Astron J*, 70, 193–200
- 15.] JPL Horizons (2020) <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- 16.] Kalenda, P., Málek, J. (2006): Sluneční aktivita je řízena slapy na Slunci. Zborník referátov z 18. celoštátneho slnečného seminára, Stará Turá <http://stara.suh.sk/obs/slnsem/18css/kalenda.pdf>
- 17.] Kalenda, P., Málek, J. (2008): Je sluneční aktivita spojená s variacemi momentu hybnosti Slunce? Zborník referátov z 19. celoštátneho slnečného seminára, 36–44. (ISBN verzie na CD: 978-80-85221-60-2) <http://stara.suh.sk/obs/slnsem/19css/kalenda.pdf>
- 18.] Kalenda, P., Wandrol, I., Frydryšek, K., Kremlík, V. (2018): Calculation of solar energy, accumulated in the continental rocks. *NCGT Journal* 6(3), 347–380 <http://users.neo.registeredsite.com/6/9/1/18560196/assets/NCGTV6n3.pdf>
- 19.] Kalenda, P. (2020): Analýza prvých dvoch hlavných komponent magnetického pole Slunce. 25. Sluneční seminář. Piešťany 25. 5. 2020 https://www.researchgate.net/publication/344853367_Analyza_prvnych_dvoux_hlavnych_komponent_magnetickeho_pole_Slunce_The_analysis_of_the_first_two_principal_components_of_the_solar_magnetic_field
- 20.] Kopp, G., Lean, J. L. (2011): A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. *Geophys Res Lett*, 38, L01706. DOI: 10.1029/2010GL045777
- 21.] Křivský, L., Pejml, K. (1988): Solar activity aurorae and climate in Central Europe in the last 1000 years. *Bull Astr Inst Czechosl*, 75, 77–151
- 22.] Landscheidt, T. (1988): Solar rotation, impulses of the torque in the sun's motion, and climatic variation. *Climatic Change*, 12, 267–290
- 23.] Lejska, S., Kuda, F., Kněžinek, K. (2019): Malý pohled na historii suchých období v řece Punkvě se zřetelem na rok 2018. *Speleofórum*, 38, 16–20
- 24.] Link F. (1956): Změny klimatu a sluneční činnosti v posledních čtyřech tisíciletích. *Rozpravy ČSAV*, r. 66, řada MPV, sešit 2
- 25.] Mann, M. E., Zhang, Z., Hughes, M. K., Bradley, R. S., Miller, S. K., Rutherford, S. (2008): Proxy-Based Reconstructions of Hemispheric and Global Surface Temperature Variations over the Past Two Millennia. *Proc Natl Acad Sci*, 105, 13252–13257
- 26.] Mörner, N.-A. (2012): Planetary beat, solar wind and terrestrial climate. In: *Solar Wind: Emission, Technologies and Impacts*, p. 47–66
- 27.] Mörner N.-A., ed. (2015): Planetary influence on the Sun and the Earth and a modern book-burning. Nova Science Publishers, New York. ISBN: 978-1-63482-489-9 (e-Book)
- 28.] Mörner, N.-A. (2018): Atlantic Ocean circulation and Gulf Stream beat. In: Mörner et al. (2018)
- 29.] Mörner, N.-A. (2018): Planetary beat and sea level changes. In: Mörner et al. (2018)
- 30.] Mörner, N.-A., Matlack-Klein, P., Assunção Araújo, M., eds. (2018): Porto Climate Conference. The Conference Volume of Extended Abstracts. <https://www.portoconference2018.org/>
- 31.] NCDC (2020) <https://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/CDODivisionalSelect.jsp>
- 32.] NOAA (2019) <https://www.swpc.noaa.gov/news/solar-cycle-25-forecast-update>
- 33.] Palmer, W. (1965): Meteorological Drought. Research paper no.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/docs/palmer.pdf>
- 34.] Perryman, M. A. C., Schulze-Hartung, T. (2010): The barycentric motion of exoplanet host stars. Tests of solar spin-orbit coupling. *Astronomy & Astrophysics manuscript no. paper15668 c ESO 2010*. October 6, 2010
- 35.] Petit, J. R. et al. (1999): Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica. *Nature*, 399, 429–436

- 36.] Planet Nine (2020)
https://en.wikipedia.org/wiki/Planet_Nine
- 37.] Podolská, K. (2014): Jak sluneční aktivita ovlivňuje zemi a prostředí pro lidskou populaci. Kateřina Podolská. Historická demografie, 38 (2), 12–155
- 38.] Scafetta, N. (2010): Empirical evidence for a celestial origin of the climate oscillations and its implications. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 72, 951–970
- 39.] Scafetta, N., Milani, F., Bianchini, A., Ortolani, S. (2016): On the astronomical origin of the Hallstatt oscillation found in radiocarbon and climate records throughout the Holocene. Earth. Science Reviews, 162, 24–43. DOI: 10.1016/j.earscirev.2016.09.00
- Scafetta, N. (2018): Toward a better understanding of natural climate variability. In: Mörner et al. (2018)
- 40.] Seznam slunečních cyklů (2020)
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_cycles
- 41.] Shepherd, S., Zharkova, V. (2014): Prediction of Solar Activity from Solar Background Magnetic Field Variations in Cycles 21–23. Astrophys J, 795. DOI: 10.1088/0004-637X/795/1/46
- 42.] Soon, W., Connolly, R., Connolly, M. (2015): Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. Earth Science Reviews, 150, 409–452. DOI: 10.1016/j.earscirev.2015.08.010
- 43.] Steinhilber, F., Beer, J. and Fröhlich, C. (2009): Total solar irradiance during the Holocene. Geophys Res Lett, 36, L19704. DOI: 10.1029/2009GL040142
- 44.] Stefani, F., Giesecke, A. Weier, T. (2019): A Model of a Tidally Synchronized Solar Dynamo. Solar Phys (2019), 294:60. DOI: 10.1007/s11207-019-1447-1
- 45.] Střeščík, J. (2002): Dlouhodobé periodicity ve Wolfových číslech slunečních skvrn. Zborník referátov z XVI. Slnečného seminára, s. 78–81.
- 46.] Střeščík, J. (2005): Střednědobé a dlouhodobé periodicity ve sluneční aktivitě. In: Dorovič, I. (ed.), 17. Celoštátny slnečný seminár. Stará Lesná 2004. Hurbanovo 2005, s. 76–85.
<http://stara.suh.sk/obs/slnsem/17css/periodicity.pdf>
- 47.] Svoboda, J. (1994): Klima v Čechách v malé době ledové. Sborník ze semináře Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Díl 3, str. 150–163
- 48.] Svoboda, J. (1997): Tvrdé zimy v Evropě za uplynulé tisíciletí. Vesmír 76, 96–102
The new solar activity cycle (2020)
<http://sidc.be/silso/node/167/#NewSolarActivity>
- 49.] Usoskin, I.G., Solanki, S., Schuessler, M., Mursula, K. a Alanko, K. (2003): A millennium scale sunspot number reconstruction: Evidence for an unusually active sun since the 1940's. Phys Rev Lett, 91/21 (2003) 2011101
http://cc.oulu.fi/~usoskin/personal/Sola2-PRL_published.pdf
- 50.] Usoskin, I. G., Solanki, S. K., Korte, M. (2006): Solar activity reconstructed over the last 7000 years: The influence of geomagnetic field changes. Geophys Res Lett, 33, L08103. DOI: 10.1029/2006GL025921
- 51.] Usoskin, I. G. (2013): A History of Solar Activity over Millennia. Living Rev Sol Phys. 10(1). DOI: 10.12942/lrsp-2013-1
- 52.] Wilson, I. R. G. (2013): The Venus–Earth–Jupiter spin–orbit coupling model. Pattern Recogn Phys, 1, 147–158
- 53.] Yndestad, H. and Solheim, J.-E. (2016): The Solar System Large Planets influence on a new Maunder Minimum. Conference: EGU General Assembly 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.14270.79682
- 54.] Zharkova, V., Shepherd, S., Popova, E. et al. (2015): Heartbeat of the Sun from Principal Component Analysis and prediction of solar activity on a millenium timescale. Sci Rep, 5, 15689.
<https://doi.org/10.1038/srep15689>
- 55.] Zharkova, V.V., Shepherd, S.J., Zharkov, S.I. et al.: Oscillations of the baseline of solar magnetic field and solar irradiance on a millennial timescale. Sci Rep, 9, 9197 (2019).
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-45584-3>

RNDr. Pavel Kalenda, CSc.
CoalExp, Pražmo 129
pkalenda@volny.cz

Ing. Miloslav Šír, CSc.
Česká společnost vodohospodářská ČSSI, z. s.
milo_sir@yahoo.com



11. SRÁŽKY V ČR V OBDOBÍ 1961–2019

Miloslav Šír, Pavel Kalenda

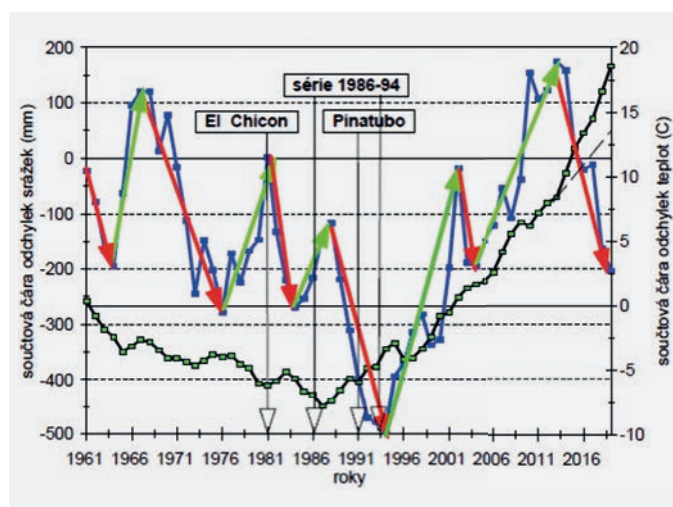
V posledním období sucha v ČR v letech 2014–2019 celkový srážkový deficit vůči dlouhodobému srážkovému normálu 674 mm (1961–1990) činil 379 mm a roční územní teplota vzrostla vůči dlouhodobému normálu teploty vzduchu 7,5 °C o asi 2 °C (ČHMÚ 2020). Na jaře 2020 klimatologové vydávali zprávy, ve kterých varovali před pokračujícím katastrofálním 500letým suchem (Trnka, 2020). A to navzdory skutečnosti, že průměrné roční srážkové úhrny se v posledním padesátiletí zvyšovaly o asi 2 % za desetiletí (MŽP 2015).

Pokud by se prognózy setrvalého vysušování ČR naplnily, pak by vodní hospodářství ČR stálo na prahu kolapsu, neboť je plně závislé na zdroji vody ze srážek. Na překlenutí dlouhých suchých období je totiž k dispozici jen vcelku málo podzemních a povrchových vod. Proto se v koncích víceletého sucha vyskytuje výrazné hydrologické sucho, které přetrvává i po několik počátečních let následujícího mokrého období. I při dlouhotrvajícím hydrologickém suchu je zásobování pitnou vodou v ČR spolehlivě zajištěno, neboť zásoby vody ve vodárenských nádržích mají velkou rezervu na pokrytí víceletých suchých období. Odběry vody z toků však zaručeny nejsou (Punčochář 2019).

Z hlediska spolehlivé funkce vodního hospodářství je proto zásadní otázkou: Lze doložit nějaký trend k soustavnému vysušování ČR nebo se jedná o několikaleté oscilace srážkové činnosti? Odpověď naznačuje studium historických pramenů, podle kterých na našem území dochází až k nápadně pravidelnému střídání období sucha a mokra v cca 5–7letých intervalech (Svoboda et al. 2003) a v periodě 179 let dochází ke katastrofálním srážkám a povodním (Elleder 2016). A to v podmínkách nepravidelného kolísání teplot ovzduší, kdy periody významných změn mají délku mnoha desetiletí až staletí. Občas se však vyskytne výjimečné sucho, jako tomu bylo v letech 1944–1957, a větší sucho s odstupem 60–70 let v období 2014–2019.

Oscilace srážkové činnosti, kdy se střídají několikaletá suchá (interpluviály) a mokrá (pluviály) období, je generálně podřízena vývoji sluneční aktivity (Kalenda, Šír 2020). Pro naše přírodní podmínky přitom převládá vztah, kdy vzestupné větve sluneční aktivity odpovídají srážkově bohatším obdobím a sestupné větve sluneční aktivity obdobím útlumu srážkové činnosti. V některých časových úsecích, a to jak v historické řadě klementinských pozorování, tak v obdobích před přístrojovým měřením srážkových úhrnů, však platí závislost zcela opačná, a vyskytují se i úseky bez jakékoli vzájemné korelace těchto dvou jevů (Vašků 1997). Což napovídá, že do vztahu mezi sluneční aktivitou a srážkovou činností vstupují další faktory, které ovlivňují zemské klima. Obvykle se uvažuje o vlivu globálního oteplování na cirkulaci atmosféry a velkých sopečných výbuchů na průzračnost a odrazivost atmosféry vůči sluneční radiaci.

Příspěvek se věnuje mechanismům, které způsobují střídání období sucha a mokra na území ČR. Odpovíme na otázku, zda očekávání katastrofického sucha je v souladu s dosud poznanými mechanismy, vysvětlíme náhlý konec období sucha 2014–2019 a zdůvodníme katastrofální srážky v srpnu 2002.



Obr. 1. Odchylyky teplot a srážek od průměru v ČR. Modrá čára – součtová čára odchylek ročních srážkových úhrnů od normálu (mm). Černá čára se zelenými terčíky – součtová čára odchylek ročních teplot od normálu (°C). Červené šipky – období, kdy se prohlubuje srážkový deficit vůči normálu, srážky jsou menší než normál (interpluviály). Zelené šipky – období, kdy se zmenšuje srážkový deficit z předchozího období, srážky jsou větší než normál (pluviály). Zdroj dat: ČHMÚ (2020), Sopky (2020)

STŘÍDÁNÍ SUCHA A MOKRA V ČR V OBDOBÍ 1961–2019

Obr. 1. ukazuje součtové čáry odchylek teplot a srážek od průměru v ČR. Součtová čára odchylek ročních srážkových úhrnů od normálu vychází z územních srážek, které zveřejňuje ČHMÚ. Odchyly ročních srážkových úhrnů jsou počítány vůči dlouhodobému srážkovému normálu 1961–1990, který činí 674 mm. Součtová čára odchylek ročních teplot od normálu vychází z územních teplot, poskytovaných ČHMÚ. Odchyly ročních územních teplot jsou vztaženy vůči dlouhodobé normálu teploty vzduchu 1961–1990 o velikosti 7,5 °C. V obr. 1 jsou červenými šipkami označeny interpluviály, kdy prší méně než normál, takže součtová čára odchylek zaklesává, a pluviály, kdy prší více než normál, takže součtová čára odchylek vzrůstá. Pluviály a interpluviály se vcelku pravidelně střídají, jak ukazuje tab. 1.

Z obr. 1 a tab. 1 plyne, že navzdory dlouhému poslednímu interpluviálu nelze hovořit o soustavném vysušování ČR, protože každé suché období bylo vždy vystřídáno vlhkým obdobím, v němž se předcházející deficit dorovnal. Stejný poznatek publikoval Vašků (1997), který uvádí: „je dále zřejmé poměrně pravidelné střídání suchých a vlhkých několikaletých období: sedmileté období s významným snížením srážkové činnosti 1947–1953, pětileté období zvýšené srážkové činnosti 1954–1958, šestileté období s významným snížením srážkové činnosti 1959–1964, šestileté období zvýšené srážkové činnosti 1965–1970, šestileté období s významným snížením srážkové činnosti 1971–1976 a pětileté období významného snížení srážkové činnosti 1982–1986.“

Tab. 1. Mokrý a suchý období v letech 1961–2019 na území ČR

Období	Typ	Trvání	Srážková změna	Srážková změna	Teplotní změna	Teplotní změna	Sluneční cyklus	Sopky
		roky	mm/období	mm/rok	°C/období	°C/rok		
1961–1964	I	4	-195	-48,8	-1,0	-0,25	19	
1965–1968	P	4	+316	+79,0	+0,4	+0,10	20	
1969–1976	I	8	-399	-34,8	0,0	0,00	20	
1977–1981	P	5	+281	+56,2	+0,1	+0,02	21	
1982–1984	I	3	-272	-90,7	-0,4	-0,01	21	1)
1985–1988	P	4	+152	+38,0	+0,9	+0,23	21/22	2)
1989–1994	I	6	-379	-82,7	+1,0	+0,17	22	3)
1995–2002	P	8	+479	+59,9	-0,2	-0,03	22/23	
2003–2004	I	2	-178	-89,0	-0,9	-0,45	23	
2005–2013	P	9	+371	+41,2	+0,5	+0,06	23/24	
2014–2019	I	6	-379	-63,2	+1,2	+0,20	24	

Pozn.: Sloupec typ obsahuje označení I pro interpluviál a P pro pluviál. Trvání udává délku období. Srážková změna značí odchylku srážek od dlouhodobému srážkovému normálu 1961–1990 o velikosti 674 mm. Teplotní změna značí odchylky ročních územních teplot vůči dlouhodobé normálu teploty vzduchu 1961–1990 o velikosti 7,5 °C. Sluneční aktivita je udáno číslo slunečního cyklu. Ve sloupci sopky značí čísla výbuchy 1) El Chicon, 2) Mt Augustine, Chikurachki, Kliuchevskoi, 3) Kelud, Pinatubo, Mt Hudson, Mt Spurr, Lascar, Rabaul caldera. Zdroj dat: ČHMÚ (2020), Seznam slunečních cyklů (2020), Sopky (2020)

PŘÍČINY STRÍDÁNÍ SUCHA A MOKRA V ČR V OBDOBÍ 1961–2019

Globální oteplování Země se v období 1998–2013 (podle některých pramenů až 2016) zastavilo (Fyfe, et al. 2016, Kremlík 2019). Mezi léty 2002 a 2013 nebyl pozorován žádný statisticky významný nárůst teploty Země (WoodForTrees 2020). Období 2015–2020 vykazuje pouze nárůst 0,2 °C oproti 2002–2013 s tím, že v letech 2016 a 2020 byly zaznamenány dvě významné fáze El Niño. Nyní zaznamenáváme pokles teplot související s končící fází El Niño a nastupující fází La Niña (WUWT ENSO 2020). Změny teplotního trendu na území ČR neměly žádný vliv na střídání sucha a mokra v ČR (obr. 1). Globální oteplování Země, později přejmenované na Antropogenní globální oteplování a dále přejmenované na Globální změnu klimatu, proto neovlivňuje střídání suchých a mokrých období v ČR.

Velké sopečné výbuchy El Chicon (1982, index sopečné výbušnosti VEI 5) a Pinatubo (1991, VEI 6) způsobily rozsáhlou změnu počasí (Parfitt, Wilson 2009), která se projevila i v ČR (Šír et al. 2004). Po výbuchu El Chicon (šipka El Chicon v obr. 1) došlo v ČR v letech 1982–1984 ke snížení srážkové činnosti o 272 mm. Výbuch Pinatubo se udal uprostřed interpluviálu 1989–1994 (šipka Pinatubo v obr. 1), který zřejmě nastartovala série výbuchů o VEI 4 Mount Augustine (1986), Chikurachki (1986), Kliuchevskoi (1987) a Kelud (1990). Po erupci Pinatubo následovaly další velké výbuchy: Mount Hudson (1991, VEI 5+), Mount Spurr (1992, VEI 4), Lascar (1993, VEI 4), Rabaul caldera (1994, VEI asi 4). Přehled výbuchů udává seznam publikovaný na Wikipedii (Sopky 2020). Názvy sopek jsou uvedeny v mezinárodní podobě (obr. 1, tab. 1). Srážkový deficit 494 mm za 13leté období velké sopečné aktivity v letech 1982–1994 byl největší za 59leté období 1961–2019. Snížení územní teploty

v ČR v letech 1991–1996 je jasným důsledkem výbuchu (Hansen et al. 1996). Výbuchy vulkánů jen urychlují a prohlubují pokles teplot, který nastává již před výbuchem. To napovídá tomu, že vulkanická aktivita je ovlivňována primárně sluneční aktivitou stejně, jako je tomu u zemětřesení a orogeneze (Kalenda et al. 2012). Závěrem možno říci, že velké sopečné výbuchy (VEI 4 a 5) a/nebo série menších výbuchů (VEI 4) ovlivňují cyklické střídání suchých a mokrých období v ČR

Cyklické změny sluneční aktivity jsou způsobeny reakcí Slunce na změnu gravitačního pole danou vzájemným postavením všech planet ve Sluneční soustavě (Kalenda, Šír 2020). Změna sluneční aktivity způsobuje kolísání irradiance Země v rozmezí asi 1–2 W/m² (Soon et al. 2015), když současné minimum je 1361 W/m² (Kopp, Lean 2011). Změna sluneční aktivity probíhá v cyklech o průměrné délce asi 11 let (*Schwabeho perioda*). Tab. 1 ukazuje, že v období 1965–2019 se pětkrát vystřídaly dvojice I-P sucha (I) a mokra (P). Současně došlo k pěti periodám sluneční aktivity (20–24). Dvojice I-P trvají 8–15 let. Odpovídající cykly sluneční aktivity mají délku 10–12 let (Seznam slunečních cyklů 2020). Mírný nesoulad cyklů I-P s cykly sluneční aktivity je způsoben rušivým vlivem série silných sopečných výbuchů v letech 1981–1994 (tab. 1). Existují i cykly s delší periodou, významný je cyklus s 62,5letou periodou, která odpovídá změnám excentricity orbity Jupitera (Kalenda, Šír 2020). V jeho důsledku se silné sucho z let 1944–1947 opakovalo v letech 2014–2019, kdy navíc došlo k interferenci s 11letým cyklem. V devítisetleté řadě byla prokázána frekvence výskytu extrémních povodní v závislosti na 179letém cyklu pohybu Slunce vůči středu sluneční soustavy (Charvátová 1990). Důsledkem tohoto cyklu byly katastrofální srážky v srpnu 2002 (Elleder 2016). Cyklické změny sluneční aktivity způsobené působením planet na zářivost Slunce (i přímým gravitačním působením planet na dru-

hé planety) jsou tedy dominantní příčinou střídání suchých a mokřých období.

ZÁVĚR

Zjistilo se:

- V pěti 11letých periodách sluneční aktivity se v období 1965–2019 pětikrát vystřídaly dvojice suchých a mokřých období. Dvojice trvaly 8–15 let, cykly sluneční aktivity 10–12 let.
- Rozsáhlou změnu chodu srážek v letech 1991–1996 způsobila řada mohutných sopečných výbuchů.
- Ostrý přechod ze suchého období 2014–2019 do mokřého roku 2020 je důsledek interference 11letého a 62,5letého cyklu sluneční aktivity.
- Ke katastrofálním srážkám v srpnu 2002 došlo vlivem 179leté periody sluneční aktivity.

Z rozboru chodu srážek v ČR v období 1961–2019 plyne, že predikce postupného vysychání ČR v důsledku lidské činnosti jsou v rozporu s astrofyzikálními mechanismy, které způsobují střídání suchých a mokřých období. Na gravitační poměry ve Sluneční soustavě, které jsou jejich prapříčinou, nemá lidská činnost žádný vliv.

LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- 1.] Corbyn, P. (2018): Mechanisms of weather extremes and climate changes including long range forecasting. In: Mörner et al. (2018)
- 2.] Elleder, L. (2016): Proxydata v hydrologii – řada pražských povodňových kulminací 1118–1825. Praha: ČHMÚ. ISBN 978-80-87577-44-8
- 3.] Fyfe, J., Meehl, G., England, M. et al. (2016): Making sense of the early-2000s warming slowdown. *Nature Clim Change*, 6, 224–228. DOI: 10.1038/nclimate2938
- 4.] Hansen et al. (1996): A Pinatubo climate modeling investigation. In: Fiocca, G. et al. (eds.) *The Mount Pinatubo eruption: Effects on the atmosphere and climate*. NATO ASI Series Vol. I 42, Springer-Verlag, Heidelberg, s. 233–272
- 5.] Charvátová, I. (1990): The relations between solar motion and solar variability. *Bull Astr Inst Czechosl*, 41, 56–59
- 6.] Kalenda, P., Neumann, L., Málek, J., Skalský, L., Procházka, V., Ostřihanský, L., Kopf, T., Wandrol, I. (2012): Tilts, global tectonics and earthquake prediction. SWB, London, 247 pp. http://seismonet.com/media_files/1/POL_Tilts_Global%20Tectonics%20and%20Earthquake%20Prediction.pdf
- 7.] Kalenda, P., Šír, M. (2020): Klimatické cykly způsobené kolísáním sluneční aktivity. *Vodohospodářský bulletin* (v tomto čísle)
- 8.] Kalenda, P., Wandrol, I., Frydryšek, K., Kremlík, V. (2018): Calculation of solar energy, accumulated in the continental rocks. *NCGT*, Vol. 6, No.3, 347–380
- 9.] Kopp, G., Lean, J. L. (2011): A new, lower value of total solar irradiance: Evidence and climate significance. *Geophys Res Lett*, 38, L01706. DOI: 10.1029/2010GL045777
- 10.] Kremlík (2019): Vodohospodářské plánování z hlediska budoucího klimatu. *Vodohospodářský Bulletin*, 8–12
- 11.] Lejska, S., Kuda, F., Kněžinec, K. (2019): Malý pohled na historii suchých období v řece Punkvě se zřetelem na rok 2018. *Speleofórum 2019*, 16–20

- 12.] Mörner, N.-A., Matlack-Klein, P., Assunção Araújo, M., eds. (2018): Porto Climate Conference. The Conference Volume of Extended Abstracts. <https://www.portoconference2018.org/>
- 13.] Parfitt, E. A., Wilson, L. (2009). *Fundamentals of Physical Volcanology*. Oxford: Blackwell Publishing. ISBN 978-0-63205443-5
- 14.] Punčochář, P. (2019): Vodní zdroje a jejich budoucnost v České republice. *Vodohospodářský Bulletin*, 4–7
- 15.] Soon, W., Connolly, R., Connolly, M. (2015): Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. *Earth Science Reviews*, 150, 409–452. DOI: 10.1016/j.earscirev.2015.08.010
- 16.] Svoboda, J., Vašků, Z., Cílek, V. (2003): *Velká kniha o klimatu Země koruny české*. Praha: Regia. ISBN: 80-86367-34-7
- 17.] Šír, M., Tesař, M., Lichner, E., Syrovátka, O.: Projev klimatické anomálie 1992–1996 v odtokových poměrech na povodí Liz. *J Hydrol Hydromech*, 52, 2004 (2), 108–114
- 18.] Trnka, M. (2020): Současná epizoda sucha v Česku je podle vědců nejhorší za 500 let (Program Intersucho). ČT 24. 4. 2020 <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3085517-soucasna-epizoda-sucha-v-cesku-je-podle-vedcu-nejhors-i-za-500-let>
- 19.] Vašků (1997): Naše malé pluvialy. *Vesmír* 76, 512/9 <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1997/cislo-9/nase-male-pluvialy.html>
- 20.] ČHMÚ (2020): Územní srážky <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
- 21.] ČHMÚ (2020): Územní teploty <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>
- 22.] Index sopečné výbušnosti VEI https://en.wikipedia.org/wiki/Volcanic_Explosivity_Index
- 23.] MŽP (2015): Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR. Vydavatel: Ministerstvo životního prostředí, Státní fond životního prostředí České republiky [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/\\$FILE/OEOK-Komplexni_studie_dopady_klima-20151201.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/$FILE/OEOK-Komplexni_studie_dopady_klima-20151201.pdf)
- 24.] Seznam slunečních cyklů (2020) https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_slune%C4%8Dn%C3%ADch_cykl%C5%AF https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_cycles
- 25.] Sopky (2020) https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_large_volcanic_eruptions_of_the_20th_century
- 26.] WoodForTrees (2020) <https://www.woodfortrees.org/plot/hadcrut4gl/from:1990>
- 27.] WUWT ENSO (2020) <https://wattsupwiththat.com/enso/>

Autoři

Ing. Miloslav Šír, CSc.
Česká společnost vodohospodářská ČSSI, z. s.
milo_sir@yahoo.com

RNDr. Pavel Kalenda, CSc.
CoalExp, Pražmo 129
pkalenda@volny.cz

12. MIKROPOLUTANTY – VÝZNAMNÉ RIZIKO PRO KVALITU VODNÍCH ZDROJŮ I EKOSYSTÉMY

Tomáš Randák, Kateřina Grabicová, Ganna Fedorova, Helena Švecová, Andrea Vojs Staňová, Daniel Červený, Oksana Golovko, Jan Turek, Adam Bořík, Vladimír Žlábek, Roman Grabic

V důsledku industriálního rozvoje se během posledního století dramaticky zvýšilo množství vyráběných a používaných chemických sloučenin, které se následně dostávají i do životního prostředí. Znečištění vody a vodního prostředí cizorodými látkami je stále významný problém, přestože se vyvíjejí a do praxe zavádějí stále modernější technologie čištění odpadních vod. Řada uměle vyrobených sloučenin má schopnost dlouhodobě přetrvávat ve složkách životního prostředí, jsou vysoce stabilní a velmi pomalu se rozkládají. Mluvíme o tzv. perzistentních polutantech. Často dochází i k jejich kumulaci v organismech včetně člověka a mohou mít i významné toxikologické účinky. Výroba a používání řady sloučenin (např. PCB, DDT) byly po prokázání jejich nebezpečnosti zakázány. Přesto i mnoho let po tomto zákazu se stále v životním prostředí nacházejí a je nutno je sledovat. Ještě v nedávné minulosti byl v rámci různých monitorovacích programů sledován výskyt poměrně úzkého spektra cizorodých sloučenin. Pozornost byla zaměřena zejména na cizorodé látky limitované legislativou. I v současnosti se zjišťuje, že některé široce používané chemické sloučeniny mohou představovat rizika pro životní prostředí. Příkladem jsou tzv. perfluorované sloučeniny, které díky tomu, že odpuzují vodu či tuky, jsou široce používány např. k ošetřování povrchů látek či kuchyňského nádobí (teflon, Gore-tex atp.). Existuje řada studií poukazujících na negativní působení těchto sloučenin na exponované organismy a na jejich perzistenci v prostředí (Červený a kol., 2018).

Díky intenzivnímu technologickému rozvoji dochází zejména v posledních 20 letech i k rychlému vývoji v oblasti analytické instrumentace a tím se otvírají možnosti pro sledování výskytu a působení širokého spektra sloučenin, které se obvykle vyskytují na velice nízkých koncentračních hladinách (řádově $\text{ng} - \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ či kg^{-1}) a které označujeme jako mikropolutanty. Jsme tedy schopni získávat důležité informace, které jsme v minulosti získat prakticky nemohli.

Laboratoř environmentální chemie a biochemie (LECHB) FROV JU se problematice výskytu a působení mikropolutantů v ekosystémech věnuje již více než 10 let. Disponuje nejmodernější analytickou technikou, zkušeným týmem odborníků,

spolupracuje s řadou českých a zahraničních institucí, se společnostmi zabývajícími se úpravou a čištěním vody a také se aktivně účastní národních i mezinárodních programů či studií v oblasti monitoringu kontaminace vodního prostředí. Laboratoř se intenzivně věnuje vývoji efektivních analytických metod zejména pro detekci farmak a přípravků pro osobní péči – (PP-CPs – Pharmaceuticals and Personal Care Products), pesticidů a jejich degradačních produktů ve složkách vodních a půdních ekosystémů. Rozvíjí i moderní metody sledování výskytu mikropolutantů ve vodním prostředí založené zejména na využití tzv. pasivních vzorkovačů (Grabic a kol., 2015, 2018) a přístupů necíleného screeningu. Analytická laboratoř je součástí velké výzkumné infrastruktury CENAKVA. V tomto příspěvku jsou shrnuty nejdůležitější poznatky plynoucí z aktuálního výzkumu tohoto pracoviště.



Obr. 2. Aplikace pesticidů na porost řepky v blízkosti nádrže Želivka (Švihov) – klíčového zdroje pitné vody pro Prahu a střední Čechy. Zdroj: LECHB

Za velmi významný problém považujeme přítomnost širokého spektra pesticidních látek v životním prostředí. Jejich hlavním vstupem je intenzivní zemědělská výroba, která se samozřejmě v dnešní době bez aplikace pesticidů neobejde. Nicméně naše zemědělství je v současnosti z významné části založeno na pěstování technických plodin, které slouží např. ke krmení bioplynových stanic (kukuřice) či produkci bionafty (řepka). Efektivní pěstování těchto plodin vyžaduje opakovanou aplikaci různých pesticidů v průběhu vegetační sezóny. V případě řepky se používá i kolem 10 různých přípravků často v opakovaných aplikacích. V případě pěstování technických plodin není, na rozdíl od plodin určených pro výživu lidí a zvířat, nutno řešit otázku reziduí v průběhu vegetace aplikovaných sloučenin ve finálních produktech. Přestože výrobci moderních pesticidů prohlašují, že se jejich produkty v životním prostředí velmi rychle odbourávají až na neškodné látky, je toto tvrzení od reality velice vzdálené. Při odbourávání mateřských sloučenin vznikají v závislosti na podmínkách prostředí různé, často neznámé, meziprodukty, které mají obvykle také neznámé toxikologické vlastnosti. Řadu



Obr. 1. Mikropolutanty lze stále účinněji sledovat v různých složkách životního prostředí díky pokročilé instrumentaci a efektivním analytickým metodám jako je např. kapalinová chromatografie ve spojení s vysokorozlišovací hmotnostní spektrometrií (LC/HRMS). Zdroj: LECHB



Obr. 3. Půdní eroze představuje významnou cestu vstupu pesticidů do vodního prostředí z okolních ošetřených zemědělských kultur. Nedodržování základních agrotechnických postupů vede ale také k degradaci půdního fondu, následně k eutrofizaci vodního prostředí, zanášení vodních nádrží, k překrývání a ucpávání štěrkových substrátů v horních tocích, které jsou nezbytné pro úspěšné rozmnožování proudomilných druhů ryb, pro vývoj jejich přirozené potravy, ale také pro efektivní doplňování zdrojů podzemních vod. Je opravdu nutné pěstovat kukuřici za účelem jejího spálení v bioplynových stanicích často vzdálených i mnoho desítek kilometrů od produkčních ploch? Kolik tato zelená energie stojí a bude stát naši společnost? Zdroj: P. Vrána, archiv obce Kozlí

těchto meziproduktů se podaří ve složkách životního prostředí identifikovat až pomocí tzv. necíleného screeningu v kombinaci s pokročilými softwarovými nástroji. Metabolity řady pesticidů mohou přetrvávat v prostředí i mnoho let. Tyto sloučeniny kontaminují podzemní i povrchové vody a je prokázáno, že reálně se vyskytující koncentrace těchto látek mají negativní vliv na vodní organismy včetně jejich vývojových stádií (Velíšek a kol., 2018 a, b; Stará a kol., 2019). Velkým problémem je skutečnost, že existuje až řádově odlišná citlivost různých druhů organismů ke stejné cizorodé látce (např. i mezi různými druhy raků), tzn. v podstatě není možné na základě provedených toxikologických testů nutných ke schválení nového přípravku pro použití v praxi predikovat jeho působení a působení jeho degradačních produktů na tzv. necílové druhy organismů, které se s přípravkem po jeho aplikaci dostanou do kontaktu. Dále je nutno si uvědomit, že v prostředí se nevyskytuje pouze daná sloučenina, o kterou se aktuálně zajímáme, ale celá řada dalších cizorodých sloučenin, které dohromady vytváří jakýsi koktejl, který finálně působí na jím exponované organismy – tzn. mluvíme o tzv. koktejl-efektu. O dopadech směsí cizorodých látek na ekosystémy a lidské zdraví zatím můžeme pouze spekulovat. Dlouhodobé působení širokého spektra cizorodých sloučenin, byť často přítomných ve velmi nízkých koncentracích, nelze spolehlivě testovat ani modelovat. Proto je velmi důležitý tzv. princip předběžné opatrnosti, kterým bychom se měli jako lidé v oblasti aplikací cizorodých látek v životním prostředí jednoznačně řídit. Aktuální situace v ČR není, co se týče přítomnosti pesticidních sloučenin v povrchových a podzemních vodách, moc příznivá. Jak vyplývá ze Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2019, byla v roce 2019 prokázána přítomnost těchto látek v 92,6% z 540 sledovaných profilů. Prokázán byl výskyt celkem 161 pesticidů a jejich metabolitů. Nejčastěji detekovanými byly metabolity herbicidů používaných pro ošetření technic-

kých plodin – řepky, kukuřice a řepy. V některých profilech byla prokázána přítomnost i několika desítek sledovaných sloučenin.

Plošné používání různých pesticidů v zemědělství, jejich působení na necílové organismy společně se způsobem intenzivního zemědělského hospodaření v krajině založeném na velkoplošném pěstování monokultur s jejich minimálním střídáním v rámci osevních postupů zásadním způsobem narušuje biodiverzitu, a tedy i fungování ekosystémů. Na pojem biodiverzita je nutno pohlížet komplexně. Nejde jen o zjednodušený pohled na louku plnou různých květin nebo na les, kde žije rybník s roztomilou vydrou. Do komplexního uvažování je nutno zahrnout všechna společenstva organismů včetně těch mikrobiálních vykonávajících klíčové produkční a transformační funkce na bázi potravních pyramid. Zásadní ekosystémové funkce plní i hmyzí společenstva, která zajišťují opylování rostlin a jsou nedílnou součástí potravních řetězců. Každý druh má v ekosystému svou funkci, kterou často ani v současnosti neznáme. Čím jsou společenstva organismů druhově bohatší, tím roste i efektivita dílčích procesů v ekosystémech, což ve finále znamená větší stabilitu ekosystémů a lepší předpoklady pro efektivnější plnění důležitých ekosystémových funkcí (např. primární produkce, transformace organických látek v potravních řetězcích, samočistící procesy, hospodaření s vodou a její zadržování v krajině atp.).

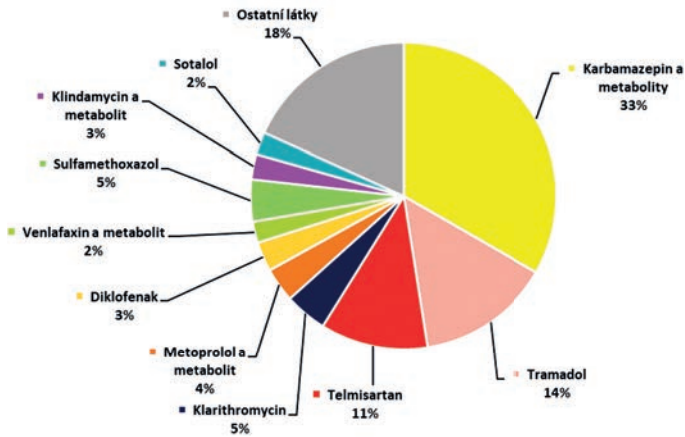
Pesticidy a jejich degradační produkty kontaminují povrchové i podzemní vody. Rostoucí výroba energetických plodin zejména řepky a kukuřice zvyšuje kontaminaci životního prostředí pesticidy. Významným problémem je i přítomnost těchto sloučenin v některých lokalitách sloužících jako zdroje surové pitné vody, což klade zvýšené nároky na její úpravu. Úpravný pitné vody jsou nuceny instalovat nákladné technologie obvykle založené na kombinaci ozonizace a filtrace přes aktivní uhlí, aby mikropolutanty v průběhu čistícího procesu z vody odstranily. Současný alarmující stav výskytu rizikových koncentrací pesticidů v povrchových a podzemních vodách je z velké míry odrazem nevhodně nastavené agrární politiky a nezodpovědného přístupu k hospodaření s půdním fondem a vodními zdroji.

Dalším významným zdrojem znečištění vodního prostředí jsou komunální odpadní vody. Po rozsáhlé výstavbě čistíren odpadních vod (ČOV) v nedávné minulosti se sice výrazně zlepšila kvalita vody v našich tocích, a to především z hlediska zatížení



Obr. 4. Zbytky léčiv a různých chemikálií, které člověk běžně používá, nejsou zcela odstraňovány v procesech čištění odpadních vod. Proto odtoky z čistíren odpadních vod (ČOV) představují významný zdroj kontaminace vodního prostředí širokým spektrem mikropolutantů. Zdroj: LECHB

Koncentrace sum látek v odtoku COV (ng·l⁻¹) - POCIS



Obr. 5. Průměrný podíl 10 nejčastěji detekovaných sloučenin ve vyčištěné odpadní vodě 6 sledovaných ČOV – vzorkováno pomocí pasivního vzorkování (POCIS). Zdroj: Okrouhý (2020)

organickými látkami a nutrienty, nicméně řada vědeckých studií dokládá, že stávající čistírenské technologie nedokáží eliminovat řadu biologicky aktivních sloučenin (Golovko a kol., 2014 a). Mezi tyto sloučeniny patří především farmaka (hormonální přípravky, léky na snižování vysokého krevního tlaku, antibiotika, antirevmatika, antiepileptika, antidepresiva atp.), vonné esence, složky kosmetických přípravků, saponáty a jejich degradační produkty atp. Souhrnně tyto sloučeniny označujeme jako PPCPs.

Na základě sledování 6 různých velikých ČOV na našem území v roce 2017 bylo možno konstatovat, že stávající technologie čištění komunálních odpadních vod významně snižují koncentrace zbytků léčiv v čištěných vodách. Účinnost odstranění celkové sumy přibližně 60 sledovaných látek z odpadní vody v čistírenských procesech 6 vybraných ČOV se pohybovala v rozmezí 51–78 %. Orientační profil nejčastěji detekovaných sloučenin přítomných ve vyčištěné odpadní vodě je znázorněn na obr. 5 (Okrouhý, 2020).

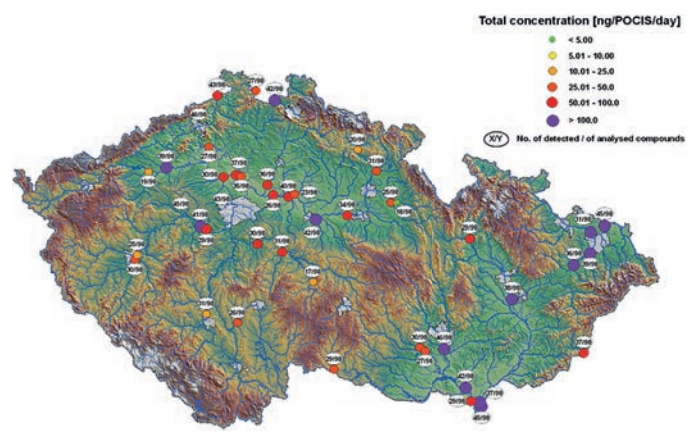
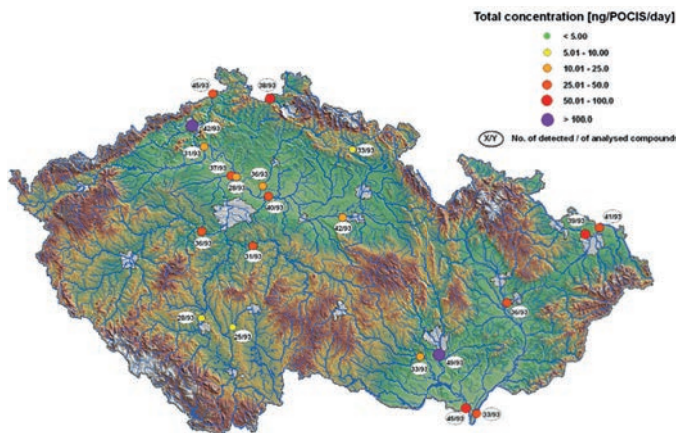
Účinnost čištění a také spektrum farmak, které se ve společnosti aktuálně užívají, jsou v průběhu roku poměrně variabilní. V zimním období je v důsledku nižší mikrobiální aktivity účinnost odstraňování mikropolutantů menší než v letním období. Z celoročního sledování ČOV v Českých Budějovicích bylo také patrné zvýšené zastoupení antibiotik v odpadní vodě v zimě a v předjaří a nárůst koncentrací antidepresiv na podzim, což

souvisí s trendy užívání těchto léčiv v lidské společnosti (Golovko a kol., 2014 b).

Z výsledků výzkumu je tedy zřejmé, že část mikropolutantů není ve stávajících technologiích čištění odpadních vod eliminována a je vypouštěna do vodního prostředí, kde cizorodé sloučeniny mohou ovlivňovat jak jednotlivé přítomné organismy, tak i různé ekosystémové funkce. Jak vyplývá ze *Zprávy o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2019*, byla v roce 2019 prokázána přítomnost alespoň jednoho z 67 sledovaných léčiv a jejich metabolitů v 99,7 % analyzovaných vzorků (ve 302 ze 303 sledovaných). V některých profilech byla detekována přítomnost i více než 40 monitorovaných sloučenin a nejvyšší sumární koncentrace přesahovaly hodnotu 55 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace byly nalézány v menších tocích, ve kterých dochází k nízkému naředění vypouštěných vyčištěných odpadních vod. Stejný poznatek opakovaně vyplývá i z výsledků monitoringů koordinovaných Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) (ilustrační mapky na obr. 6–7 jsou z roku 2011, nicméně každoročně je zjišťována obdobná situace). Je tedy zřejmé, že i zdánlivě bezvýznamné zdroje znečištění, jako jsou ČOV menších měst a obcí, významně zatěžují vodní prostředí biologicky aktivními cizorodými sloučeninami.

O tom, do jaké míry může koktejl cizorodých látek ovlivňovat vodní organismy, rozhoduje zejména jeho koncentrace a složení. Je tedy možné říci, že vliv směsi cizorodých látek pocházejících z komunálních odpadních vod na vodní organismy narůstá se snižujícím se naředěním vypouštěných vod z ČOV vodou toku, do kterého jsou zaústěny. Na základě stávajících znalostí je možno říci, že pokud podíl vypouštěné vyčištěné odpadní vody tvoří více než okolo 10 % průtoku recipientu, lze předpokládat poměrně významný negativní vliv přítomných cizorodých látek na vodní organismy. V těchto lokalitách může docházet k významným změnám biodiverzity, poruchám rozmnožování, chemickému stresu, změnám chování organismů atp. (Li a kol., 2011; Giang a kol., 2018).

Farmaka jsou obecně biologicky vysoce účinné látky, což znamená, že ovlivňují organismy již ve velmi nízkých koncentracích. Mezi biologicky nejúčinnější patří steroidní léčiva (např. 17 α -ethinylestradiol (EE2), 17 β -estradiol (E2), diethylstilbestrol (DES), syntetické progestiny atp.). Tato farmaka jsou řazena mezi tzv. endokrinní disruptory (Endocrine-Disrupting Chemicals – EDCs), které v tělech organismů narušují hormonálně řízené procesy související s udržováním homeostáze, reprodukci a rozvojem organismu. V humánní medicíně se steroidní hormony



Obr. 6 a 7. Sumární koncentrace vybraných léčiv v pasivních vzorkovačích používaných pro monitoring výskytu farmak a pesticidů v tocích České republiky. Koncentrace polutantů je závislá na průtoku. Velké toky (obr. 6) vykazují nižší koncentrace, ale celkový hmotnostní tok je vysoký. Malé toky (obr. 7) a v nich přítomné organismy jsou více ovlivněny polutanty zejména v období sucha, kdy významně klesá naředění vypouštěných vyčištěných odpadních vod. Zdroj: V. Kodeš, ČHMÚ, 2011

používají k léčbě hormonálních poruch a syntetické hormonální preparáty jsou běžně předepisovány jako antikoncepce nebo pro léčbu a prevenci osteoporózy. V největších koncentracích jsou steroidní látky zpravidla nalézány v nátocích (influentech) i odtocích (efluentech) z ČOV, v čistírenských kalech a v nízkých koncentracích (řádově v jednotkách ng.l^{-1}) jsou běžně detekovány v povrchových vodách (Šauer a kol., 2018). Po průniku do vodního ekosystému mohou steroidní hormony negativně působit na vodní organismy a krajním projevem jejich přítomnosti může být až feminizace samců a vznik hermafroditismu (Steinbach a kol., 2019). Běžně dostupné technologie čištění odpadních vod do značné míry hladiny steroidních látek redukuje, ale konečná koncentrace těchto látek přesto může snadno překračovat koncentrace, při nichž lze předpokládat negativní vliv na vodní organismy, zejména ryby. V případě 17- β -estradiolu byly příznaky feminizace pozorovány dokonce již při koncentracích nižších než 1 ng.l^{-1} (Dorabawila a Gupta, 2005).

V odpadních vodách dochází také ke kontaktu zbytků léčiv a různých patogenních mikroorganismů. V důsledku dlouhodobého působení nízkých koncentrací antibiotik na patogenní mikroorganismy dochází u patogenů ke vzniku rezistence vůči antibiotikům, což může komplikovat do současné doby úspěšné způsoby léčby pacientů (Mackulak a kol., 2016; Bengtsson-Palme a kol., 2018).

Účinky mikropolutantů na vodní organismy jsou běžně studovány pomocí celé řady ukazatelů zahrnujících genetické, molekulární, metabolické, histologické a morfologické metody. Nedávné výzkumy však přinesly alarmující důkazy o významném vlivu mikropolutantů také na chování a ekologické vazby vodních organismů. Velmi zajímavou problematikou, kterou se v této souvislosti zabýváme, je studium vlivu psychoaktivních sloučenin přítomných ve vodním prostředí na organismy. Do této skupiny látek zahrnujeme např. léky proti depresivním stavům (antidepresiva), léky proti bolesti (analgetika), drogy atp. Výskyt těchto látek byl prokázán v různých složkách vodního prostředí – jak ve vodě, tak v potravním řetězci (Fedorova a kol., 2014; Grabicová a kol., 2014, 2015, 2020). Tyto látky mají schopnost



Obr. 8. Rybožraví predátoři (např. kormorán velký) zásadním způsobem ovlivňují populace ryb v našich tocích. Úspěšnost jejich lovu může ovlivňovat i přítomnost psychoaktivních látek (např. zbytků antidepresiv, analgetik či drog) ve vodním prostředí. Bylo prokázáno, že tyto látky mohou ovlivňovat chování vodních organismů i na koncentračních hladinách, které jsou přítomny v našich tocích – zejména v menších tocích ovlivněných odtoky z ČOV. Ovlivněné ryby mohou mít snížené únikové reakce před predátory, změněné sociální chování atd. Zdroj: LECHB

ovlivňovat chování exponovaných organismů. Například ve studii Brodina a kol. (2013) byl prokázán vliv environmentálních (v přírodě se vyskytujících) koncentrací oxazepamu na sociální chování okouna říčního. V důsledku působení těchto látek mohou ryby např. ztratit plachost a stát se dostupnějšími pro rybí predátory. V rámci našich studií bylo prokázáno, že i koncentrace jednotlivých sloučenin či jejich jednoduchých směsí odpovídající jejich koncentracím v odtocích z ČOV, významným způsobem ovlivňují chování exponovaných ryb, raků či vývojových stádií vodního hmyzu (Bláha a kol., 2019; Guo a kol., 2020; Hossain a kol., 2019, 2021).

V současné době se pozornost výzkumu obrací také ke studiu možných rizik vyplývajících z využití čistírenských kalů jako hnojiva či vyčištěné vody z ČOV k zavlažování při pěstování zemědělských plodin. Zejména jsou řešeny otázky týkající se degradace PPCPs v různých typech půd a související možné kontaminace spodních vod (Koba a kol., 2017; Kodešová a kol., 2020) či vliv těchto látek na půdní mikrobiom (Frková a kol., 2020). Velmi významnou problematikou je zjišťování přítomnosti těchto sloučenin a jejich metabolitů v různých zemědělských plodinách a následně potenciálního vlivu na zdraví konzumentů takto ošetřovaných plodin (Fedorova a kol., 2016).

Problematická je i přítomnost mikropolutantů v pitné vodě. Jak již bylo řečeno výše, z prováděných monitoringů kontaminace vodního prostředí a z realizovaných studií (např. Švecová a kol., 2020) vyplývá, že řada našich zdrojů pitné vody je kontaminována pesticidy a PPCPs. Zvýšené množství PPCPs a pesticidů ve vodě znamená vyšší nároky na úpravu pitné vody z těchto zdrojů. Technologie úpravy pitné vody jsou proto doplňovány ozonizací s následnou filtrací přes granulované aktivní uhlí (GAU). Účinnost eliminace mikropolutantů v nově instalovaných technologiích je však zapotřebí dlouhodobě sledovat a provoz technologií optimalizovat. Na základě provedených sledování realizovaných ve spolupráci s úpravami pitné vody je možno říci, že v případě nových GAU filtrů jsou pesticidy a PPCPs z upravované vody téměř zcela odstraňovány. Efektivita čištění ale klesá s dobou použití GAU, přičemž samozřejmě záleží i na koncentracích cizorodých látek v upravované vodě. Účinnost odstraňování PPCPs v rámci technologií pro úpravu pitné vody bez použití GAU filtrů je velmi nízká (řádově jednotky procent). Je důležité upozornit na skutečnost, že potenciálním rizikem pro konzumenty pitné vody může být použití ozonizace bez následné GAU filtrace. Jak vyplývá z našich výsledků nečileného LC-HRMS screeningu vzorků vody odebraných v různých technologických fázích úpravy vody, v procesu ozonizace vzniká široké spektrum látek, o nichž nic nevíme. Po aplikaci chloru pak (i ve vodě po nedokonalé GAU filtraci) vznikají vesměs neznámé chlorované deriváty s neznámými toxikologickými účinky. Přestože koncentrace těchto látek v pitné vodě jsou velmi nízké, nelze vyloučit případná zdravotní rizika pro konzumenty vody. Podle našeho názoru je v těchto případech nutno uplatnit princip předběžné opatrnosti a nepoužívat kombinaci ozonizace a následné chlorace bez funkční GAU filtrace.

Mnohem obtížnější situace, co se týče možného odstraňování mikropolutantů a tím snížení zátěže životního prostředí, je v oblasti čištění komunálních odpadních vod. Je testována řada postupů a technologií pro možné využití v ČOV. Jako nejúčinnější přístup se zatím ukazuje opět GAU filtrace, nicméně v rámci ČOV bude vzhledem k vysokým koncentracím PPCPs a tedy časté nutnosti výměny filtrů použití této technologie velmi nákladné. Současně s vývojem a testováním nových technologických přístupů jsou ověřovány i alternativní možnosti založené na využití samočisticích procesů – např. využívání dočišťova-

cích nádrží: rybníků, mokřadů či kořenových čistíren. V současnosti jsou realizovány experimenty zaměřené na studium osudu PPCPs v ekosystémech těchto nádrží. Z dosud zjištěných výsledků vyplývá, že sledované mikropolutanty jsou z protékající vody částečně odstraňovány, s vyšší účinností opět v teplejší části roku. Jedná se o biologicky pestré a zajímavé systémy, kde probíhají různé procesy transformace cizorodých látek založené na různorodosti přítomných organismů (rostlin, živočichů, mikroorganismů) a jejich metabolismů, podmínek prostředí (voda, sediment, biota, aerobie, anaerobie, teplota, ...), které dosud nejsou popsány (Koba a kol., 2018; Giang a kol., 2019). Dobrou zprávou je, že většina sledovaných PPCPs se nekumuluje v mase ryb (Grabicová a kol., 2020), tzn. dle aktuální úrovně našich znalostí není nutno se obávat konzumace ryb žijících v lokalitách ovlivněných komunálními odpadními vodami.

Do budoucna považujeme za důležité vyhodnotit potenciální rizika ovlivnění kvality vody a vodních ekosystémů vyčištěnými odpadními vodami odtékajícími z konkrétních ČOV do příslušných recipientů a na základě tohoto hodnocení provést prioritizaci ČOV z hlediska potřeby instalace dočišťovacích technologií pro eliminaci mikropolutantů. Základními kritérii by mohly být nařazení odpadní vody recipientem, velikost ovlivněného povodí a významnost recipientu jako zdroje ať pitné nebo závlahové vody.

ZÁVĚR

Přítomnost mikropolutantů v životním prostředí a jejich dopady na ekosystémy i na samotného člověka je v současnosti velmi závažný a z velké části dosud neprozkoumaný problém. Na výsledném vlivu na exponované organismy se podílí všechny kontaminanty přítomné v daném prostředí – vzniká tzv. *koktejl efekt*. Nejhorší situace je z tohoto pohledu v malých tocích – recipientech vod z ČOV – kde dochází k malému nařazení vypouštěných *vyčištěných* vod. Působení mikropolutantů v ekosystémech je stále velkou neznámou. Je pravděpodobné, že mohou ovlivňovat biodiverzitu bází potravních pyramid, tedy i efektivitu využití živin v potravních řetězcích, a další důležité procesy. Mikropolutanty jsou významným problémem i v oblasti zajištění kvalitní nezávadné pitné vody pro obyvatelstvo.

V rámci dlouhodobých aktivit našeho pracoviště byly vyvinuty a jsou k dispozici efektivní vzorkovací a analytické metody pro sledování širokého spektra mikropolutantů a jejich degračních produktů ve vodním prostředí i v podmínkách provozů úpravy a čištění vody. Naše know-how velmi rádi využijeme v rámci spolupráce s aplikační sférou – jak v oblasti monitoringu kvality vodního prostředí ČR, tak i v technologických aplikacích – např. v oblasti optimalizace výměny náplně GAU filtrů na úpravnách pitné vody, hodnocení efektivitu nových dočišťovacích technologií z hlediska eliminace mikropolutantů, prioritizace ČOV pro zavedení dočišťovacích technologií atp.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR (VVI CENAKVA výzkumná infrastruktura LM2018099, Ministerstva zemědělství ČR (NAZV KUS QJ1530120), Grantové agentury ČR (projekty 16-06498S, 17-08937S, 2009951S). Děkujeme za spolupráci: ČHMÚ, ČEVAK, a.s., Město Vodňany, podniky Povodí, Vodárna Plzeň, a.s., Želivská provozní a.s., Jihočeský vodárenský svaz, ČOV Brno (Modřice), ČOV Kyjov, ČOV Valašské Meziříčí, ČOV Zubří (Rožnov pod Radhoštěm), ČOV Vsetín a ČOV Ostrava.

LITERATURA

- 1.] Bengtsson-Palme, J., Milakovic, M., Švecová, H., Ganjto, M., Jonsson, V., Grabic, R., Udikovic-Kolic, N., 2019. Industrial wastewater treatment plant enriches antibiotic resistance genes and alters the structure of microbial communities. *Water Research* 162: 437–445.
- 2.] Bláha, M., Grabicová, K., Shaliutina, O., Kubec, J., Randák, T., Žlábek, V., Buřič, M., Veselý, L., 2019. Foraging behaviour of top predators mediated by pollution of psychoactive pharmaceuticals and effects on ecosystem stability. *Science of the Total Environment* 662: 655–661.
- 3.] Brodin, T., Fick, J., Jonsson, M., Klaminder, J., 2013. Dilute concentrations of a psychiatric drug alter behavior of fish from natural populations. *Science*, vol. 339: 814–815.
- 4.] Červený, D., Grabic, R., Fedorova, G., Grabicová, K., Turek, J., Žlábek, V., Randák, T., 2018. Fate of perfluoroalkyl substances within a small stream food web affected by sewage effluent. *Water Research*, 134: 226–233. (IF 2017 = 7.051).
- 5.] Dorabawila, N., Gupta, G., 2005. Endocrine disrupter – estradiol – in Chesapeake Bay tributaries. *Journal of Hazardous Materials* 120: 67–71.
- 6.] Fedorova, G., Ben Ari, J., Tadmor, G., Paltiel, O., Chefetz, B., 2016. Environmental exposure to pharmaceuticals: A new technique for trace analysis of carbamazepine and its metabolites in human urine. *Environmental Pollution* 213: 308–313.
- 7.] Fedorova, G., Randák, T., Golovko, O., Kodeš, V., Grabicová, K., Grabic, R., 2014. A passive sampling method for detecting analgesics, psycholeptics, antidepressants and illicit drugs in aquatic environments in the Czech Republic. *Science of the Total Environment* 487: 681–687.
- 8.] Frková, Z., Vystavna, Y., Koubová, A., Kotas, P., Grabicová, K., Grabic, R., Kodešová, R., Chroňáková, A., 2020. Microbial responses to selected pharmaceuticals in agricultural soils: Microcosm study on the roles of soil, treatment and time. *Soil Biology and Biochemistry* 149: 107924.
- 9.] Giang, P.T., Burkina, V., Sakalli, S., Schmidt-Posthaus, H., Rasmussen, M.K., Randák, T., Grabic, R., Grabicová, K., Fedorova, G., Koba, O., Golovko, O., Turek, J., Červený, D., Kolářová, J. and Žlábek, V., 2019. Effects of Multi-Component Mixtures from Sewage Treatment Plant Effluent on Common Carp (*Cyprinus carpio*) under Fully Realistic Condition. *Environmental Management* 63(4), 466–484.
- 10.] Giang, P.T., Sakalli, S., Fedorova, G., Tilami, S.K., Bakal, T., Najmanova, L., Grabicova, K., Kolarova, J., Sampels, S., Zamaratskaia, G., Grabic, R., Randak, T., Zlabek, V. and Burkina, V., 2018. Biomarker response, health indicators, and intestinal microbiome composition in wild brown trout (*Salmo trutta m. fario* L.) exposed to a sewage treatment plant effluent-dominated stream. *Science of the Total Environment* 625, 1494–1509.
- 11.] Golovko, O., Kumar, V., Fedorova, G., Randák, T., Grabic, R., 2014a. Removal and seasonal variability of selected analgesics/anti-inflammatory, anti-hypertensive/cardiovascular pharmaceuticals and UV filters in wastewater treatment plant. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 7578–7585
- 12.] Golovko, O., Kumar, V., Fedorova, G., Randák, T., Grabic, R., 2014b. Seasonal changes in antibiotics, antidepressants/psychiatric drugs, antihistamines and lipid regulators in a wastewater treatment plant. *Chemosphere* 111: 418–426.
- 13.] Grabic, R., Grabicová, K., Fedorova, G., Golovko, O., Randák, T., 2015. Metodika sledování kontaminace povrchových vod organickými cizorodými látkami pomocí pasivních vzorkovačů. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 158, 33 s.
- 14.] Grabic, R., Vrana, B., Fedorova, G., Švecová, H., Urík, J., Červený, D., Grabicová, K., Šandová, M., Turek, J., Randák, T., 2018. Využití pasivních vzorkovačů POCIS pro monitoring farmak a pesticidů v povrchových vodách. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 167, 50 s.
- 15.] Grabicová, K., Lindberg, R.H., Östman, M., Grabic, R., Randák, T., Larsson, D.G.J., Fick, J., 2014. Tissue-specific bioconcentration of

- antidepressants in fish exposed to effluent from a municipal sewage treatment plant. *Science of the Total Environment* 488–489: 46–50.
- 16.] Grabicová, K., Grabic, R., Bláha M., Kumar, V., Červený, D., Fedorova, G., Randák, T., 2015. Presence of pharmaceuticals in benthic fauna living in a small stream affected by effluent from a municipal wastewater treatment plant. *Water Research* 72: 145–153.
- 17.] Grabicová, K., Grabic, R., Fedorova, G., Kolářová, J., Turek, J., Brooks, B.W., Randák, T., 2020. Psychoactive pharmaceuticals in aquatic systems: A comparative assessment of environmental monitoring approaches for water and fish. *Environmental Pollution* 261, 114150.
- 18.] Grabicová, K., Grabic, R., Fedorova, G., Vojs Staňová, A., Bláha, M., Randák, T., Brooks, B.W., Žlábek, V., 2020. Water reuse and aquaculture: Pharmaceutical bioaccumulation by fish during tertiary treatment in a wastewater stabilization pond. *Environmental Pollution* 267, 115593.
- 19.] Guo, W., Hossain, M.S., Kubec, J., Grabicová, K., Randák, T., Buřič, M., Kouba, A., 2020. Psychoactive compounds at environmental concentration alter burrowing behavior in the freshwater crayfish. *Science of the Total Environment* 711: 135138.
- 20.] Hossain, S.M., Kubec, J., Grabicová, K., Grabic, R., Randák, T., Guo, W., Kouba, A., Buřič, M., 2019. Environmentally relevant concentrations of methamphetamine and sertraline modify the behavior and life history traits of an aquatic invertebrate. *Aquatic Toxicology* 213: 105222.
- 21.] Hossain, M.S., Kubec, J., Guo, W., Roje, S., Ložek, F., Grabicová, K., Randák, T., Kouba, A., Buřič, M., 2021. A combination of six psychoactive pharmaceuticals at environmental concentrations alter the locomotory behavior of clonal marbled crayfish. *Science of the Total Environment* 751: 141383.
- 22.] Koba, O., Golovko, O., Kodešová, R., Fér, M., Grabic, R., 2017. Antibiotics degradation in soil: A case of clindamycin, trimethoprim, sulfamethoxazole and their transformation products. *Environmental Pollution* 220: 1251–1263.
- 23.] Koba, O., Grabicová, K., Červený, D., Turek, J., Kolářová, J., Randák, T., Žlábek, V., Grabic, R., 2018. Transport of pharmaceuticals and their metabolites between water and sediments as a further potential exposure for aquatic organisms. *Journal of Hazardous Materials* 342: 401–407.
- 24.] Kodešová, R., Chroňáková, A., Grabicová, K., Kočárek, M., Schmidtová, Z., Frková, Z., Vojs Staňová, A., Nikodem, A., Klement, A., Fér, M., Grabic, R., 2020. How microbial community composition, sorption and simultaneous application of six pharmaceuticals affect their dissipation in soils. *Science of the Total Environment* 746: 141134.
- 25.] Li, Z.H., Žlábek, V., Turek, J., Velišek, J., Pulkrabová, J., Kolářová, J., Sudová, E., Beránková, P., Hrádková, P., Hajšlová, J., Randák, T., 2011. Evaluating environmental impact of STPs situated on streams in the Czech Republic: An integrated approach to biomonitoring the aquatic environment. *Water Research* 45: 1403–1413.
- 26.] Mackulák, T., Vojs, M., Grabic, R., Golovko, O., Vojs Staňová, A., Birošová, L., Medved'ová, A., Híveš, J., Gál, M., Kromka, A., Hanusová, A., 2016. Occurrence of pharmaceuticals, illicit drugs, and resistant types of bacteria in hospital effluent and their effective degradation by boron-doped diamond lectrodes. *Monatshefte fur Chemie* 147: 97–103.
- 27.] Okrouhlý, V., 2020. Hodnocení vlivu vybraných čistíren komunálních odpadních vod na kontaminaci vodního prostředí mikropolutanty. Diplomová práce FROV JU, 104 s.
- 28.] Stará, A., Kubec, J., Zusková, E., Burič, M., Faggio, C., Kouba, A., Velišek, J., 2019. Effects of S-metolachlor and its degradation product metolachlor OA on marbled crayfish (*Procambarus virginalis*). *Chemosphere* 224: 616–625.
- 29.] Steinbach, C., Císař, P., Šauer, P., Klicnarová, J., Schmidt-Posthaus, H., Golovko, O., Kocour Kroupová, H., 2019. Synthetic progestin etonogestrel negatively affects mating behavior and reproduction in Endler's guppies (*Poecilia wingei*). *Science of the Total Environment* 663: 206–215.
- 30.] Šauer, P., Stará, A., Golovko, O., Valentová, O., Bořík, A., Grabic, R., Kocour Kroupová, H., 2018. Two synthetic progestins and natural progesterone are responsible for most of the progestagenic activities in municipal wastewater treatment plant effluents in the Czech and Slovak republics. *Water Research*, 137: 64–71.
- 31.] Švecová, H., Grabic, R., Grabicová, K., Vojs Staňová, A., Fedorova, G., Červený, D., Turek, J., Randák, T., Brooks, B.W., 2020. De facto reuse at the watershed scale: Seasonal changes, population contributions, instream flows and water quality hazards of human pharmaceuticals. *Environmental Pollution* 115888. v tisku
- 32.] Velišek, J., Stará, A., Zusková, E., Kubec, J., Buřič, M., Kouba, A., 2018a. Chronic toxicity of metolachlor OA on growth, ontogenetic development, antioxidant biomarkers and histopathology of early life stages of marbled crayfish. *Science of the Total Environment* 643, 1456–1463 (IF 2017 = 4.610)
- 33.] Velišek, J., Stará, A., 2018b. Effect of thiacloprid on early life stages of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Chemosphere* 194: 481–487.
- 34.] Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2019 <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/zprava-o-stavu-vodniho-hospodarstvi-cr-v-7.html>

**Prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.,
Ing., Bc. Kateřina Grabicová,
Ph.D., MSc. Ganna Fedorova,
Ph.D., Ing. Helena Švecová,
Ph.D., RNDr. Andrea Vojs Staňová,
Ph.D., Ing. Daniel Červený, Ph.D.,
MSc. Oksana Golovko, Ph.D., Ing. Jan Turek, Ph.D.,
Ing. Adam Bořík, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Žlábek, Ph.D.,
doc. Mgr. Roman Grabic, Ph.D.**

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Fakulta rybářství a ochrany vod, CENAKVA – Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz,
Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany**



13. PRESTIŽNÍ STAVBA JIŽNÍCH ČECH – PRESTA 2021

Karel Kocina

Česká společnost stavebních inženýrů ve spolupráci s Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků, Jihočeským krajským úřadem a Svazu podnikatelů ve stavebnictví pořádá ve dvouročních cyklech soutěž *Prestižní stavba Jižních Čech – PRESTA*. V roce 2021 proběhne již XI. ročník této soutěže. Na realizaci akce se podílí řada členů České společnosti vodohospodářské, jak v činnosti poroty, tak i při návrhu přihlašovaných vodohospodářských staveb do této soutěže.

Pro připomenutí minulého desátého ročníku bylo přihlášeno 7 dokončených staveb v kategorii Vodohospodářských a ekologických staveb. Cenu PRESTA získala stavba „Vltavská vodní cesta – Hněvkovice“. Stavba „Nežárka – rekonstrukce jezu Hamr“ byla oceněna čestným uznáním. Všechny přihlášené stavby byly

po vyhodnocení soutěže představeny na výstavách v okresních městech Jihočeského kraje.

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že kategorie Vodohospodářských a ekologických staveb má velký podíl na zajištění a organizaci této soutěže. Pro XI. ročník byly zaslány přihlášky a tiskopisy všem organizacím, které zajišťují vodohospodářské stavby.

Ing. Karel Kocina
předseda oblastní pobočky ČSSI v Českých Budějovicích
Staroměstská 1, 370 04 České Budějovice
cb@cssi-cr.cz

14. REALIZACE ČOV BOROVÁ LADA

Jindřich Procházka

Od devadesátých let, kdy se začaly i v pohraničí intenzivně budovat nové čistírny, uplynuly již téměř tři dekády. Tehdy budované čistírny dnes již často narážejí na limity dané jejich životností nebo kapacitou. Za takto dlouhou dobu se změnil nejen pohled na to, co je a co už není vyčištěná voda, ale v mnoha lokalitách došlo i ke změně počtu nebo chování obyvatelstva. Jednou z obcí, pro kterou platí prakticky vše výše uvedené, je obec Borová Lada. Odpadní vody z obce byly po dlouhé roky čištěny na dvojlinkové čistírně typu VHS vyprojektované již v roce 1987. Tehdejší projekt počítal i s vojenskou posádkou a návrhová kapacita byla 600 EO, nicméně podle dnešních standardů byla kapacita čistírny spíše poloviční, což ostatně prokázal i její provoz. Stará čistírna sice prošla určitou rekonstrukcí, kdy byl vyměněn původní mechanický aerátor za pneumatickou aeraci a současně byla doplněna hydropneumatická čerpadla pro vratný kal, nicméně udržovat toto zařízení v chodu byl čím dál tím obtížnější úkol, který se postupně měnil od provozování čistírny na každodenní boj s nevyhovujícím zařízením.

Pro recipient, kterým je řeka Teplá Vltava, přišla dobrá zpráva v roce 2020, kdy byla uvedena do chodu nová čistírna odpadních vod. K nové čistírně vedla ale dlouhá a nelehká cesta. Nový projekt, který měl vyřešit havarijný stav čistírny staré a také

umožnit napojení dalších osad, vznikl již v roce 2011, tedy od začátku projekčních prací do spuštění zařízení uplynulo prakticky 10 let. Zatímco stará čistírna se s přibývajícím novou výstavbou dostala prakticky do středu obce, měla být nová čistírna umístěna na druhém břehu řeky na okraji nové zástavby. A právě to se ukázalo jako velice problematické. Někteří majitelé nemovitostí v této části obce s umístěním nesouhlasili a začali proti stavbě nové čistírny velmi aktivně postupovat. Ač byla stavba povolena již v roce 2013, bylo její dokončení takto oddáleno o 7 let. Byly vznášeny další a další námitky proti umístění stavby. Byl mj. vypracován znalecký posudek, který konstatoval, že stávající ČOV je nevyhovující a na současném místě nerekonstruovatelná, tedy že je potřeba vybudovat novou ČOV tam, kde byla územně povolena.

Mezitím stará čistírna dále chátrala a zejména v turisticky exponovaných měsících již nedokázala plnit požadavky na kvalitu vypuštěné vody, což v roce 2017 také náležitě ocenila Česká inspekce životního prostředí udělením pokuty. Věc dospěla do tak absurdního stavu, že prodloužení povolení k vypouštění ze stávající čistírny vydané v roce 2017, bylo napadené jako nezákonné i z toho důvodu, že stávající čistírna není, dle dalšího znaleckého posudku, schopna plnit limity. Posledním pokusem



Obr. 1. Čistírna odpadních vod v Borové Ladě. Zdroj: Archiv Čevak a. s.



Obr. 2. Letecký pohled na čistírnu odpadních vod v Borové Ladě. Zdroj: archiv Čevak a. s.

o zastavení stavby nové čistírny pak bylo tvrzení o přítomnosti chráněné zmije na pozemku, kde měla čistírna stát. Následně byl proveden odborný průzkum pozemku s připravenými pracovníky pro odchyt plazů a případné přesídlení chráněných rostlin. Žádné vzácné rostliny ani had však nalezeny nebyly a stavba tak mohla být zahájena. Po poměrně náročném průběhu stavby, který komplikovaly nízké teploty i spodní voda, byl v únoru roku 2020 zahájen zkušební provoz nové čistírny a konečně byla odpojena čistírna stará.

Nová čistírna je vyprojektována na kapacitu 1000 ekvivalentních obyvatel (EO) a je navržena jako dvoulinková s uspořádáním denitrifikace-nitrifikace s dvojicí pravoúhlých dosazovacích nádrží. Čistírna je vybavená simultánním srážením fosforu a mikrosítem instalovaným na odtok vyčištěných vod. Zkušební provoz byl zahájen chodem jedné linky, což stále znamenalo zvýšení kapacity oproti staré ČOV o zhruba 160 EO. Začátkem turistické sezóny pak byla spuštěna i druhá linka a nutno říct, že zařízení nemělo problém ani s přívalem turistů, kteří v roce 2020 vyměnili moře za domácí hory, a na rozdíl od staré čistírny produkovalo odtok špičkové kvality po celou letní sezónu.

V souvislosti s turistickým ruchem lze pozorovat zajímavý fenomén, zřejmě související s jiným chováním lidí o dovolené. Ten spočívá v nárůstu koncentrace amoniakálního dusíku v odpadních vodách. V turisticky exponovaných lokalitách pak

často není limitujícím faktorem organické znečištění, ale právě oxidace amoniaku a s tím spojené problémy. Ty jsme pozorovali zejména na staré čistírně, která měla právě s nitrifikací, a to nejen v zimní, ale i v letní sezóně velké problémy. Nová čistírna zatím zvládá odstraňování čpavku výborně a díky dávkovacímu souboru na síran železitý si daleko lépe poradí i s fosforem, jehož koncentrace je v turisticky vytížených lokalitách v odpadních vodách rovněž vyšší, než je běžné.

Nyní se čistírna připravuje na zimní období, které bývá v nadmořských výškách kolem 900 m n. m. velmi krušné. Nicméně čistírna umístěná ve zděném objektu by si měla poradit i s nepřízní počasí a silnými mrazy. Nutno dodat, že zděný objekt poměrně dobře zapadá do okolní zástavby a málokdo z kolemjdoucích by hádal, že se jedná o čistírnu (obr. 1 a 2). Moderní zařízení navíc neruší své okolí hlukem ani zápachem, tak jako se to občas stávalo u staré čistírny. My, jako provozovatel, doufáme, že čistírna bude obci dlouho sloužit a rovněž místní obyvatelé, kteří se stavby tohoto zařízení obávali, zjistí, že jejich obavy byly liché.

Ing. Jindřich Procházka, Ph.D.
ČEVAK, a.s.

ČOV České Budějovice, Hrdějovice 598, 373 61 Hrdějovice
jindrich.prochazka@cevak.cz



15. VODOHOSPODÁŘ ING. BOHUMIL KUJAL PĚTAOSMDESÁTILETÝ

Rodák z Velkého Meziříčí (1935) maturoval na gymnáziu v roce 1953. Odborné technické vzdělání získal na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě inženýrského stavitelství, kde absolvoval v roce 1958 jako vodohospodář – hydrotechnik.

STAVEBNÍ TECHNIK A STAVBYVEDOUČÍ

Po ukončení studia 1958 pracoval až do roku 1969 na vodohospodářských stavbách nejdříve jako stavební technik, později jako samostatný stavbyvedoucí. Stavební praxi započal na Vodním díle Orlick, kde stavěl komunikaci Týn nad Vltavou. – Neznášov, břehová opevnění Vltavy, ochranné hráze v Kolodějích nad Lužnicí a několik jezů.

V podniku Vodní stavby působil jako stavbyvedoucí při výstavbě *Úpravny vody Vidov* pro České Budějovice, pak při výstavbě *Slévárny ocelolitinny Škoda České Budějovice*, výstavbě oblastního vodovodu a kanalizací v Českých Budějovicích, úpravě Vltavy a výstavbě jezu v Českém Vrbném.

V letech 1967–1973 jako stavbyvedoucí stavebně bytového družstva Jihočeských papíren řídil výstavbu 132 bytových jednotek včetně technické vybavenosti v Českých Budějovicích.

PROJEKTANT A VÝZKUMNÍK

V letech 1969–1990 působil v Hydroprojektu v Českých Budějovicích nejprve jako výrobně technický náměstek, později jako hlavní specialista oboru vodárenství. Spolupracoval při projektování *Vodárenské soustavy Jižní Čechy* (Úpravna vody Plav, rozvodné a zásobní vodovodní řady, vodojemy, čerpací stanice a další související vodárenské objekty). Inicioval řešení několika výzkumných úkolů, jako např. řešení filtrů s plovoucí náplní, dezinfekci vody ultrafialovým zářením a intenzifikaci galeriových čířičů při úpravě pitné vody.

V letech 1979–1984 řešil v rámci státního úkolu aplikovaného vývoje CV-11-329-111 dílčí úkol *Rozvoj chovu ryb včetně využití odpadního tepla*. Cílem úkolu bylo vytvoření technicko-projektových podkladů pro průmyslové chovy ryb s využíváním v tehdejší době nejmodernějších technologických metod. Realizační výstup úkolu byl postaven ve Vodňanech jako objekt pro chov ryb s recirkulací vody, s biologickým odstraňováním amoniakálního dusíku, dezinfekcí UV zářením a automatizovaným systémem měření, signalizací a ovládáním. Objekt po opravách a stavebním rozšíření slouží svému účelu dodnes. V rámci zavedení výsledků vývoje do praxe prosadil výstavbu prvního rybochovného objektu u elektrárny Tisová s využitím odpadního tepla.

Při řešení státního úkolu získal jubílant pět autorských osvědčení, která se týkají modifikace galeriových čířičů a aplikací ultrafialového záření na pitné i splaškové vody. V rámci úko-



lu byla vydána vysokoškolská učebnice *Rybníky a účelové nádrže*, jejímž spoluautorem je prof. Ing. Jan Šálek, CSc. Publikace popisuje principy recirkulace vod při chovech ryb. Český výbor ČSVTS udělil jubílantovi *Čestné uznání za mimořádné úsilí o rozvoj činnosti společnosti a technický pokrok vodního hospodářství*.

STAVEBNÍ PODNIKATEL

V roce 1992 založil projektovou a stavební firmu *Staveco s. r. o.*, v níž působil 10 let jako vedoucí. Firma se zabývala projektovou, investorskou a stavební činností, pozemních a vodohospodářských objektů.

ČINOVNÍK STAVOVSKÝCH ORGANIZACÍ

Do Českého svazu stavebních inženýrů vstoupil roku 1970 a byl členem výboru do vynuceného zrušení ČSSI v roce 1978. Po obnově činnosti ČSSI byl od roku 1990 členem výboru oblastní pobočky v Českých Budějovicích. Jako spoluautor návrhu vodohospodářské části územního plánu pro Hrdějovice získal od ČSSI v roce 1974 mimořádné ocenění ve formě studijní cesty do NSR, Švýcarska a Francie. Jubílantova činnost v ČSSI byla dále oceněna v roce 1978 stříbrnou medailí, v letech 1995 a 2014 čestným odznakem a v roce 2016 jmenováním čestným členem.

Od roku 1990 se zúčastnil přípravných prací na založení České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Členem výboru ČKAIT i Oblastní kanceláře v Českých Budějovicích byl od jeho založení v roce 1992 až do roku 2010. Do roku 2014 vykonával funkci zkušební komisaře pro autorizaci inženýrů a techniků v oboru vodohospodářských staveb.

V roce 2007 založil Českou společnost vodohospodářskou ČSSI, jejímž předsedou byl v letech 2007–2016. V roce 2017 obdržel titul *Čestný člen ČSSI* a byl jmenován *Čestným předsedou ČSVH*. V roce 2009 založil ročně vydávaný časopis *Vodohospodářský bulletin ČSVH*. S kolektivem spoluautorů zpracoval dvě vydání publikace *Vodní hospodářství obcí – příručka pro obce* (2011, 2016).

Roku 2009 organizoval v Českých Budějovicích odborný seminář *Vodohospodářská funkce rybníků*, roku 2013 v Praze odborný seminář *Vodní koridor Dunaj-Odra-Labe*, roku 2014 v Českých Budějovicích celostátní konferenci *Povodně a hospodaření s dešťovými vodami*, v roce 2016 *Povodně a hospodaření s vodou* a roku 2018 *Sucho a hospodaření s vodou*.

Přátelé si váží vysoce odborného, a přitom kamarádského působení jubílanta ve stavovských organizacích. Přejeme mu ještě mnoho let plného nasazení v osobním i odborném životě.

Výbor a členové České společnosti
vodohospodářské ČSSI, z. s.

16. ŽIVOTNÍ JUBILEA 2020

45. výročí

doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D.

50. výročí

Ing. Jana Máchová

doc. Ing. Jaroslav Raclavský

55. výročí

Ing. Jiří Baloun

Ing. Michaela Polidarová

Ing. Zdenka Sosnová

60. výročí

Ing. Michal Manda

Ing. Josef Smažík

Ing. Vlasta Žáčková

65. výročí

Ing. Jan Jindra, CSc.

Ing. Karel Blažek

70. výročí

Ing. Zdeněk Karásek

75. výročí

Ing. Jan Bouček

85. výročí

Ing. Bohumil Kujal



Do dalších let přejeme vše nejlepší, hlavně pevné zdraví.

pf 2021

*Všem členům a kolegům
České společnosti vodohospodářské
si dovoluje do roku 2021 popřát
státní podnik Povodí Vltavy
mnoho úspěchů v pracovním
i osobním životě, optimismus a,
to především, pevné zdraví...*

www.pvl.cz

Úpravny vody s našimi technologiemi zajišťují vodu pro více než 4,5 milionu obyvatel.

Naše unikátní hi-tech keramická membránová úpravna vody AMAYA dokáže vyrobit pitnou vodu nejen z podzemní, ale i povrchové vody.



Úprava vody



Čistírný odpadních vod



Recyklace vody



Nádrže na dešťovou vodu

Navrhujeme optimální řešení, které ověříme poloprovozním testováním, dodáme projektovou dokumentaci a zařízení na míru a poskytneme technologickou podporu při provozu.

Široký sortiment dešťových nádrží najdete on-line na našem eshopu shop.envipur.cz

Čtvrtstoletí zkušeností v čištění odpadních vod včetně membránové separace kalu.



www.envi-pur.cz

www.enki.cz



**Komplexní péče o
rybníky**

Voda Sediment Biodiverzita Výuka Osvěta Ideové studie Zakázky

Zkušební laboratoř ENKI, o.p.s. zajišťuje proces vzorkování **povrchových vod**, vzorků **zooplanktonu**, **fytoplanktonu** a **rostlinné biomasy** od zpracování vzorkovacího plánu, přes odběr vzorků, jeho dokumentaci, chemické analýzy až po vyhodnocení výsledků.

Též zajišťuje proces vzorkování **dnových sedimentů** od zpracování vzorkovacího plánu, přes odběr vzorků, jeho dokumentaci, chemické analýzy až po vyhodnocení výsledků, případně zpracování studie s návrhem řešení jeho možného využití na orné půdě či na povrchu terénu (dle platné legislativy).

Šetrné hospodaření na pronajatých vodních plochách. Dlouhodobé zkušenosti a technické vybavení firmy dále umožňuje pracovníkům navrhnout způsoby hospodářských zásahů či například složení **rybích obsádek** s respektováním přirozené úživnosti rybníka. Provádíme nejen průzkumné, ale i hospodářské **odlovy ryb** sítěmi a elektrickým agregátem.

Osvětovou činnost provádíme mimo jiné realizací projektů, např.: **TAČR TL01000294: Sluneční energie, voda v krajině, vegetace: nová metodika vzdělávání pracovníků městských úřadů a inovace školní výuky k tématu efektu hospodářských zásahů na regionální klima.**

Naší laboratoří je PŘÍRODA