

KAPITOLY Z HISTORIE POZNÁVÁNÍ HYDROLOGICKÉHO CYKLU

Jan Daňhelka, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, danhelka@chmi.cz

Chapters from the history of the discovery of the hydrological cycle. The article provides an overview of the development of understanding the principles of the hydrological cycle throughout history. Water was a key factor in the development of the ancient civilizations of Mesopotamia and Egypt. Therefore, their myths about the origins of the world and man reflect the important role of water. Greek and Roman philosophers, notably e.g. Aristotle and Seneca, attempted to describe the water cycle and the origin of rivers and springs, and their thoughts predetermined European knowledge on the subject until 17th century. However, modern understanding of the water cycle arose during the Renaissance in various works, e.g. Restoro d'Arezzo, Leonardo da Vinci and Bernard Palissy, and led to the first-known quantitative water budget of Pierre Perrault in 1674. Within the territory of the Czech Republic, knowledge of the water cycle has always been application oriented, e.g. as in the case of the Miller Court established by Charles IV. The hydrographic commission of the Czech Kingdom, established in 1875, was one of the first hydrological services in the world, providing valuable and state-of-the-art outputs. R. E. Horton initiated modern understanding of the water cycle in the 1930s; however, current knowledge of the runoff generation process started to crystallize only in the 1960s and 1970s and only became fully formulated in the late 1990s, known as the old water paradox.

KLÍČOVÁ SLOVA: historie – hydrologický cyklus – tvorba odtoku – old water paradox

KEYWORDS: history – hydrological cycle – runoff generation – old water paradox

1. ÚVOD

Příspěvek vychází z prezentace představené na slavnostním setkání u příležitosti oslav 70 let časopisu Meteorologické zprávy. Nemá ambice, a ve stanoveném rozsahu to není ani možné, poskytnout úplnou chronologii vývoje poznání hydrologického cyklu v průběhu dějin. Jedná se o rešeršní práci, jejímž cílem je upozornit na některé události, myšlenky a osobnosti historie hydrologie.

2. NEJSTARŠÍ OBDOBÍ – MÝTY A LEGENDY

Důležitost vody pro život lidské společnosti je zřejmá, již nejstarší mytologie o stvoření světa egyptská i sumerská považují za počátek všeho temné vody, resp. prvotní moře (Nammu). Voda a hospodaření s ní stálo do značné míry u vzniku prvních státních útvarů. V počátcích zemědělského hospodaření vznikala drobná pole vlastněná a obhospodařovaná skupinami lidí sdružených na rodovém principu. Zavlažování takových polí, zejména v Mezopotámii, bylo řešeno drobnými krátkými kanály přivádějícími vodu přímo z řek či jiných vodních zdrojů. S růstem efektivity zemědělské produkce rychle narůstal počet obyvatel, pro jejichž obživu musela být využívána i pole dále od zdrojů vody. To si vyžádalo koordinaci budování a údržby kanálů, jejichž velikost a délka narůstala podobně jako počet sporů o vodu. Výsledkem byl vznik organizovaných států, vlád a právních systémů. Sumerská legenda o zrození z období přibližně 3 000 let před naším letopočtem ve své části o zúrodnění Sumeru takový důvod pro vznik organizované společnosti nepřímo uvádí:

Tigríd ve velikosti své záplavou až k nebi nesahal, do moře neústil ještě, nerozléval sladkou vodu. Do svatyně v přístavu nechodil nikdo, hlad hrozný netišil chléb. Malé kanály nikdo nečistil, nevybíral bláto, dobrá pole nikdo nezavlažoval, nikdo nekopal příkopy, v zemích se brázdy nebraly, obilí rostlo divoce. Pán zamyslel se nad tím, Ninurta, Enlilův syn, udělal velikou věc: Navršil v horách hromadu kamení, jak oblak na nebi potom k ní táhl. Jak mocnou hradbou zem uzavřel, přehradu na obzor postavil. Sklonil se hrdina a sjednotil města. Vody mocné zápasí s kamením. Od nyní až navěky vody zemské na hory nebudou stoupat, ty, co rozptýleny byly, (Ninurta) dohromady svedl, ty, co v horách bažiny pohltily, (Ninurta) shromáždil a do Tigridu vrhl. Jarní záplavou

zavlažil pole. Od nyní až navěky se vladaři země nad pánem Ninurtou radují. (Hruška 1977).

Za povšimnutí v uvedeném textu stojí rovněž náznak povědomí starých Sumerů o vlivu horských překážek na srážkotvorné procesy a jejich dotování toků vodou v rámci hydrologického cyklu.

Situace starověkého Egypta byla možná poněkud odlišná. První z chaosu povstaly bůh Atum zplodil dva potomky, boha vzduchu Shu, dávajícího světu princip života, a bohyni vláhy Tefnut, zajišťující princip pořádku. I z toho lze vytušit vliv vody a vodních zdrojů na řízení společnosti.

Nil byl v Egyptě vždy hlavním zdrojem života a závlah pro zemědělství a také dopravní tepnou, která umožňovala kontrolovat a spravovat celou říši. Jeho role se objevuje již v nejstarší mytologii, podle níž se bůh Osiris rozhodl stvořit dobře uspořádaný svět a vytvořil zemi Egypt s Nilem dávajícím mu život. Mytologie se však podle všeho nezabývala původem vody proudící v Nilu. Vzhledem k délce řeky a jejímu odtokovému režimu lze absenci takového povědomí snadno pochopit, neboť zdroj srážek a vodnosti byl zřejmě mimo dosah Egyptanů, kteří se setkávali jen s povodněmi jednoduše stoupajícími z řečiště Nilu a zaplavujícími pole v jeho nivě.

V tomto kontextu je nutné zmínit nilometry, první hydrologické stanice měřící stav Nilu. Povodňové stavy zaznamenané v nilometrech údajně sloužily ke stanovení výše daní pro nadcházející období. Byla-li povodňová výška příliš nízká, či naopak příliš vysoká, předpokládalo se, že bude negativně ovlivněna úroda, a daňové zatížení se snížilo, naopak při normální výšce povodně byl očekáván optimální výnos a daně byly zvýšeny. S nadsázkou lze říci, že pro prosté egyptské rolníky byly obě varianty svým způsobem katastrofou. Na druhou stranu však podobná aplikace hydrologických informací pro odhad ekonomických dopadů a úpravu ekonomických nástrojů státu je obdivuhodná a svým způsobem do dnešních dob nepřekonaná.

U Slovanů byla voda řek potoků, pramenů a studánek předmětem uctívání, jak uvádí i nejstarší známá zmínka o Slovanech od Prokopia z Caesareie ze 6. století: *Čtí i řeky a nymfy a některé jiné demony.* Kosmogonické slovanské mýty nebyly v originální podobě písemně zachyceny z důvodu neexistence písma. Informační zdroje o nich jsou proto většinou kusé a pocháze-

jí od externích pozorovatelů z křesťanského, nebo arabského prostředí, případně se jedná o pozdější místní záznamy již ovlivněné raně křesťanskou věroukou.

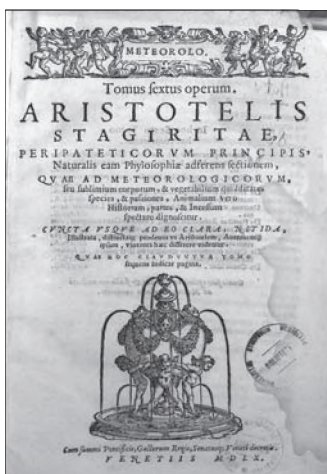
Na rozdíl od výše uvedených starověkých bájí je ve slovanské mytologii zúrodnění země spojováno s rituálem orby. Přesto u Slovanů nalezneme hydrologicky velmi zajímavou mytologickou představu, kterou na podkladě různých zdrojů shrnul Třeščík (2008). Slované dělili svět do čtyř světových stran a tří úrovní: nebe, kde sídlil bůh hromovládce (Perun), zemi obývanou lidmi a podzemí, jemuž vládne dábel¹⁾, případně Zmij. Perun bojoval proti škodícímu Zmijovi ohnivými střelami (blesky), kterými ho porazil a otevřel jimi kosmické vody – dešť²⁾. Zmij se uchýlil do podzemních vod, kde byl v některých verzích držen v okovech, z nichž se však opakovaně snaží vyprostit a přetrhává je, avšak každoročně je prvním hromem (vztahováno k 24. dubnu – sv. Jiří) znovu přikován.

Předně je zjevný význam deště jako životodárné vláhy pro zemědělství v oblastech obývaných Slovanů, na rozdíl od závlahového hospodářství ve Středomoří a na Středním východě. Zajímavé je také, že negativní postava se ukrývá do podzemních vod, každoročně sílí (přetrhává okovy) a zdá se, že nejsilnější je v období dubna – tedy v době obvyklého maxima stavu podzemních vod a vodnosti toků. Nabízí se proto úvaha o vazbě na jarní povodně a podmáčení půd (ve stepních oblastech) jako na ukazatele síly zla a o chápání pramenů jako míst, v nichž došlo k zásahu Perunova blesku a odkud otevřenou trhlinou voda vytéká z podzemí.

3. ANTICKÉ OBDOBÍ

Doklady zkoumání hydrologického cyklu pocházejí až z dochovaných starořeckých textů. Řečtí filozofové vytvářeli, někdy poněkud krkolomné, myšlenkové konstrukce o mechanismu přírodních jevů na základě vlastního pozorování přírody. Homér (pravděpodobně 8. století př. n. l.) ve své Iliadě vkládá Achillovi do úst mimo jiné: *Okeán³⁾ sám, proud hluboký, mohutný, silný, z kterého přece tekou bystřiny všechny a celé moře i veškerá zřídla a nesmírně hluboké studně*. Zjevně tedy chápe propojení všech druhů vod v jednom cyklu.

Thalés z Milétu (ca 640 až ca 546 př. n. l.) věřil, že dešť pochází z vodní tříště, jež se tvoří nad vlnami moře a kterou vítr zachytil a odnesl nad pevninu; de facto tak popsal uzavřený vodní cyklus, ve kterém voda z moře pochází a řekami se do něj navrácí zpět. Platón (427 až 347 př. n. l.) ve svém pozdním dialogu *Kritiás* popisuje následek eroze aténské krajiny včetně dopadu na odtokový proces: *... a dále rostly rozložitě stromy různých druhů a louky s nekonečnou pastvou pro stáda. Ty byly*



Obr. 1 Titulní stránka Aristotelova spisu *Meteorologica* v latinském překladu ze 16. století.

Fig. 1. Front page of the 16th century Latin translation of Aristoteles' *Meteorologica*.

zúrodněny každoročním deštěm od Dia, který tak jako dnes neodtéká z holé země do moře, ale páda byla hluboká, a když na ni dopadla dešťová voda, zachytila ji a v sobě uskladnila, a z kopců, kde voda byla zachycena, stékala do prohlubní a poskytovala tak různým krajům, bohaté zdroje pramenů a řek.

Nejpodrobněji se vodnímu cyklu věnoval ve svém spise *Meteorologica* Platónův žák Aristotelés ze Stageiry (384 až 322 př. n. l.), když mimo jiné popsal výpar a kondenzaci vodní páry, v jeho podání nejspíše ve formě horizontálních srážek: *Musíme to vnímat jako řeku plynoucí nahoru a dolů v kruhu a tvořenou z části vzduchem a z části vodou. Když je slunce blízko⁴⁾, proud vlhkosti plyne vzhůru, když slunce poklesne, proud vody teče dolů.*

Dále líčí celkový koloběh vody: *Věřím, že voda je zdvihána sluncem a padá jako dešť hromadící se pod zemí a vytéká z velkého rezervoáru, všechny řeky z jednoho, či každá z jiného. Vodnost řek vzniká z vody, jež*

*je v takových rezervoárech zachycena v zimě. Proto jsou řeky vodnější v zimě nežli v létě, a některé jsou stále (perenné), jiné ne. Vždy tekoucí řeky jsou tam, kde rezervoáry jsou dost velké a pojaly dost vody, aby vydržely dávat vody řekám až do návratu zimního deště. Je evidentní, že Aristotelés vycházel z osobní zkušenosti s odtokovým režimem řek východního Středomoří s maximem odtoku v zimě a suchým létem. Pokračuje úvahou směřující ke kvantitativnímu posouzení objemů vody, avšak v tomto případě byl jeho závěr zjevně chybný: *...při představě rezervoáru, jež by pojal odpovídající množství vody, jež plyne den za dnem, a uvážíme množství vody, je zjevné, že takový musel by býti větší než celá země nebo alespoň ne o moc menší.**

Uvedenou myšlenku využívá jako důkaz pro svou představu o přeměně základních elementů: *...nemůže tedy nikdy rozumně odmítnouti, že vzduch se mění na vodu v útroběch země, ze stejného důvodu jako na jejím povrchu. Jestliže chlad způsobuje vysrážení vody z páry na zemském povrchu, musíme předpokládat, že chlad uvnitř země působí stejně, a rozpoznáme, že nejen voda v zemi existuje a vytéká z ní, ale též neustále se v ní tvoří.* Tímto tvrzením ovlivnil názory až do doby prvních kvantitativních měření (obr. 1).

V prvním století žil v egyptské Alexandrii asi nejproslulejší antický vynálezce Hérón Alexandrijský (10–70 n. l.). Učenec, kterému je mimo jiné přisuzována konstrukce prvního parního stroje dávno před Thomasem Saverym, Thomasem Newcombem a Jamesem Wattem, také jako první navrhl správný princip měření průtoku, když upozornil na to, že není možné jej odvozovat pouze z průtočné plochy, ale její obsah musí být vynásoben rychlostí proudu (Frazier 1974).

Zatímco řecká vzdělanost z období před našim letopočtem se projevovala častou tvorbou filozofických hypotéz, jež bychom z dnešního pohledu nejspíše vnímali jako výzkum základní, v pozdějším období Hérón a především Římané byli orientováni spíše na aplikovaný výzkum pro vodní hospodářství. Technické poznatky umožnily úžasné stavby akvaduktů a kanalizace na celém území Římské říše a i za jejich provozem stálo mnoho inženýrských objevů a postupů. Málokdo ví, že existovalo celkem 25 standardizovaných průměrů potrubí,

¹⁾ Postava dábla je samozřejmě až výsledkem vlivu křesťanství, jednalo se spíše o mýtickou hadí obludu, která se běžně vyskytuje v indoevropských mýtech.

²⁾ Motiv boje hromovládného boha s mýtickým stvořením, které hrozí uvrhnout svět do chaosu, je vlastní mytologii všech indoevropských národů. Vítězství hromovládného přináší obnovení řádu, včetně životodárného deště a zajištění úrody (Těra 2017).

³⁾ Okeán byl nejstarším z titánů (syn Urana a matky země Gaie) představoval pána nesmírně hlubokého proudu, který obtékal celou obyvatelnou zemi (oikumenou).

⁴⁾ Ve smyslu nejsilnější.

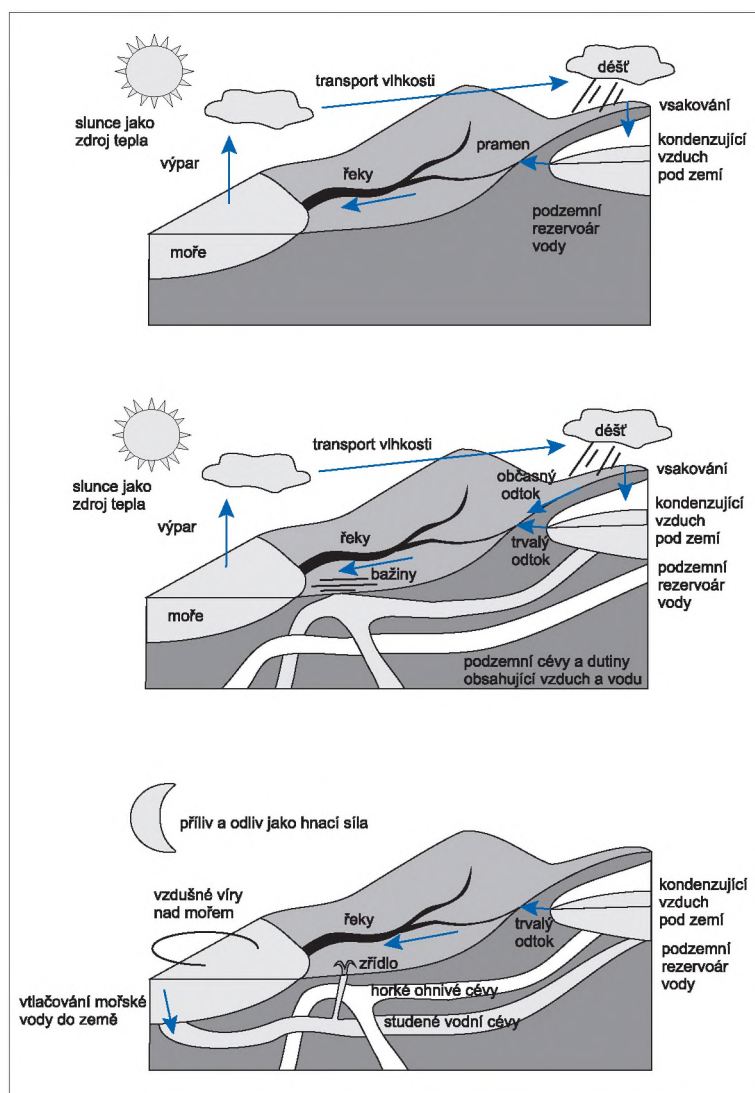
normy na spojovací prvky (tvarovky), že se používaly normy na použité materiály, že bylo povinností označovat výrobce každého kusu aj.

Možná nejznámější popis atmosférické části vodního cyklu v římské literatuře nalezneme v deseti knihách o architektuře (*De Architectura Libri Decem*) Marca Vitruvia (ca 80–25 př. n. l.), v nichž autor za zdroj vody napájející prameny a toky v nížinách označuje déšť a sníh napadlý v horách, který infiltruje do půdy. *Vítr, kdekoliv vane, je-li zahřát sluncem, sbírá vodní páru z pramenů, řek, mokřin a z moře, jež stoupá a tvoří oblaka. Ty, zrozeny z větru, když narazí na úbočí hor, z toho nárazu, jež utrpí a z bouří zmohutní, stanou se těžkými, rozlámou se a rozpustí se v dešti na zemi.*

Rozsáhlý spis věnovaný vodě sepsal i Lucius Annaeus Seneca (4–65 n. l.) v podobě třetí knihy svých *Quaestiones naturales*. Dílo čerpalo především z řeckých autorů a bylo významným zdrojem vědomostí během celého středověku. Senecova představa oběhu vody je značně komplexní, je však založená na existenci čtyř základních elementů (země, vody, vzduchu a ohně). Seneca sice uznával, že déšť je příčinou dočasných vzestupů hladin v řekách, ale nemůže podle něho být stálým zdrojem proudění: *mohu tvrdit na základě pozorování, že žádný déšť není tak silný, aby zavlažil půdu do hloubky více než deseti stop. Veškerá vlhkost je zachycena v horní vrstvě půdy a neproniká do hlubších.* Současně uvádí, že *jsou známy ze suchých oblastí studně, kde v hloubce 200 nebo 300 stop jsou zdroje vody, do jakéž hloubky déšť proniknout nemůže* a argumentuje i prameny na vrcholcích hor, z nich proudí voda, i když veškerý déšť již odtekl dolů. Jaké vysvětlení tedy nabízí? *Země obsahuje mnoho dutin a vzduchu. Tento vzduch pod tlakem tmy mrzne ... a mění svou podstatu na vodu.* Seneca jako stoik věří ve schopnost vzájemné přeměny základních elementů, zdrojem trvalého, dnes bychom řekli základního odtoku, je tím podle něj voda kondenzovaná v dutinách země a *dešť může dát vzniknout proudu, ale nemůže udržovat trvalý průtok celé řeky, déšť nemůže vytvářet řeku, může ji jen rozšiřovat a urychlovat její proud.* Uvedený názor Seneca doplňuje přesvědčením že: *Země je organizovaná přírodou stejně jako lidské tělo s cévami vody a vzduchu,* a také si představuje existenci podzemního světa, jenž je jakousi zrcadlovou analogií světa a jevům na povrchu, přičemž oba světy mohou být částečně propojeny, neboť *jsou známy bažiny bez dna.* To vše jej vede k závěru, že pod povrchem země je dostatečné množství zdrojů vody pro kontinuální zásobování řek a pramenů.

Seneca rovněž rozděluje vody podle různých charakteristik a hledisek, mimo jiné *na stojaté a ubíhající,* ale také *na vody existující od počátku světa ... pokud se ptáte, jaké vody mám na mysli? Myslím tím oceán a jeho moře, co omývají kontinenty... někteří věří, že i některé řeky, jejichž podoba je jinak nevysvětlitelná, zde byly od počátku věků, jako mocné řeky Dunaj a Nil, příliš pozoruhodné než, aby měly stejný původ jako řeky jiné.*

Z hlediska aplikovaného výzkumu musíme zmínit Julia



Obr. 2 Grafická rekonstrukce představ o oběhu vody v hydrologickém cyklu dle Aristotela (nahore), Senecy (uprostřed) a Kirchera (dole). V případě Kirchera není zakreslena atmosférická část, které se ve svém geologickém spise explicitně nevěnoval, lze však předpokládat, že ji vnímal v souladu se Senecou.

Fig. 2. Reconstruction of the water cycle hypothesis according to Aristoteles (upper figure), Seneca (middle figure) and Kircher (lower figure). Kircher did not pay attention to the atmospheric component, as his work considered geological processes only; but, we might assume that he agreed with Seneca on the role of rain in the water cycle.

Frontina (pravděpodobně 40–103 n. l.), který byl v roce 97 n. l. jmenován správcem římských akvaduktů (*curator aquarum*) a sepsal zprávu o stavu akvaduktů *De Aqueductibus Urbis Romae*. V ní mimo jiné vyhodnotil ztráty a krádeže vody, které v součtu odhadl na více než 40%: *12 755 quinariae bylo vykázáno jako přijatých (odběrateli – pozn. autora), 14 018 quinariae bylo vykázáno jako dodaných (provozovateli – pozn. autora)... nejdříve jsem provedl měření odběrů (mysleno ze zdrojů plnicích jednotlivé římské akvadukty – pozn. autora) a zjistil jsem, že celkový objem odebrané vody byl mnohem větší, asi o 10 000 quinariae, než je úředně evidován...* Ve zprávě se věnoval dále vyhodnocení technického stavu akvaduktů (mimořadně velmi žalostného), navrhl oddělení vody z jednotlivých zdrojů vod a rozdílné používání dle kvality vody, navrhl i úpravy římských zákonů a norem vodního hospodářství a zpracoval mapu celého vodohospodářského systému.

4. OD STŘEDOVĚKU PO POČÁTKY INSTRUMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

Středověk byl, alespoň v Evropě, dobou útlumu vědeckého bádání, způsob vysvětlení přírodních jevů byl determinován soudobou teologickou doktrínou a antické znalosti byly „zapomenuty“. Dědictví vyspělého vodního hospodářství Římské říše přetrvalo zejména ve Španělsku, jež bylo pod vizigótskou a později pod arabskou nadvládou a kde účelné hospodaření s vodou bylo vzhledem k přírodním podmínkám naprostou nutností, a také v Byzantské říši. Konstantinopol v 6. století zásobovaly vodou akvadukty o celkové délce okolo 450 km a voda byla uchovávána v podzemních nádržích. Z nich největší byla cisterna Yerebatan pod Stoa Basilica o ohromujícím objemu 85 000 m³ (De Feo et al. 2010).

4.1 Renesanční období

Přírodní vědy včetně hydrologie se dostávají na výsluní opět až v období renesance, jako návratu k antické vzdělanosti a stěžejním řeckým filozofickým dílům.

Restoro⁵⁾ d'Arezzo (13. století) byl italský mnich a astronom, který se svým nejvýznamnějším spise *Composizione del Mondo* věnoval kromě astronomie i vědám o Zemi. Samozřejmě vycházel z antických textů, avšak přicházel i s novými poznatky a myšlenkami. Dobře vystihl různé charakteristiky vody: ... a voda procházející tělem Země získává povahu podle místa, kudy prochází. To je důvodem proč nalezneme vody tolika různých vlastností; neboť některé jsou sírné, některé kamencové a kyselé; a nalezneme vodu z pramenů a studní, řek a potoků, jezer a močálů, takové a onaké. A také mění podle místa, jímž prochází svou, barvu a chuť a váhu a pach, rozlehlost a jemnost a také teplo a chlad. Podobně později popisuje rozdílné vlastnosti vody i Leonardo da Vinci.

Vlastní oběh vody Restoro vylíčil takto: *Musí tedy platit, že voda neustále vstupuje do moře a z něj odchází. A mořská voda, jest slaná, v důsledku Slunce, které její lehkou součást v podobě páry zdvihá, a těžkou část ponechává zde. Dále uvádí: jestliže shledáme, že voda neustále stéká z vrcholů hor do nížin a z nich ubíhá a vstupuje do moře, je nezbytné, aby z moře nějakým způsobem těž odplývala, a to cestou opačnou a vystupovala k vrcholům hor. Z toho můžeme s jistotou usoudit, že voda, jež teče v řekách, jimi již dříve mnohokrát protekla a že voda, jež v dešti padá, padala tak již mnohokrát.*

Jeho práce znal a inspiroval se jimi i Leonardo da Vinci (1452–1519). Oba vycházeli z antických podkladů a Zemi (makrokosmos) a člověka (mikrokosmos) chápali jako paralely. Proto proudění vody na zemi vidí jako analogii k lidskému vaskulárnímu systému: ...stejně tak moře oceánu vyplňují tělo Země nekonečnými cévami vody (Codex Atlanticus f. 55 V); to s sebou neslo logické přesvědčení, že veškerá pozemská voda je propojená a tvoří jednotný oběh.

Koloběh vody si Leonardo zjevně z počátku představoval jako proudění podzemními tepnami. Postupně však dospěl k závěru, že *vody řek, svůj původ mají nikoliv v moři, ale v oblacích* (Codex Arundel, f. 433 [160 va]). Současně dodává, že koloběh vody je poháněn energií Slunce: *teplo slunce ... zdvihá je z hladin jezer a moří, ve formě páry, aby zformovaly mračna* (Codex Hammer f. 3, v, 3 B). Všimá si rovněž mechanismu tvorby odtoku, když uvádí, že *voda ze srážek rovnou vniká do země a proudí skrz praskliny v kameni* (Codex Hammer f. 3, r, 3 A). Pozorování infiltrace a odtoku dokázal generalizovat i z hlediska faktorů, které vsakování ovlivňují, a to v podobě vlastností půdy: *hustota jílu vylučuje a brání pronikání vody*, nebo vlivu reliéfu: *voda snadněji prostupuje zemí, tam, kde zem je plochá, a méně, kde je nakloněná* (Codex Hammer f. 3, r, 3 A).

Leonardo pochopil i princip doplňování a prázdnění zdrojů podzemních vod a jejich spojitosti s vodami povrchovými: *kromě toho roztlátlý sníh je tím, co plní řeky v létě*, resp. celkový uzavřený koloběh vody: *lze tedy učinit závěr, že voda vždy plyne z řek do moře a z moře do řek, vždy obíhaje kolem dokola* (Manuscript A, f. 57 r).

Pozoruhodné jsou Leonardovy definice hydrologických prvků:

Řeka je to, co vyplňuje nejnížší část údolí a neustále plyne.

Proud (potok) je to, co plyne jen díky deštím a navíc mizí v hloubce údolí, když se vlevá do řeky.

Kanál je jméno pro vody regulované lidmi mezi břehy.

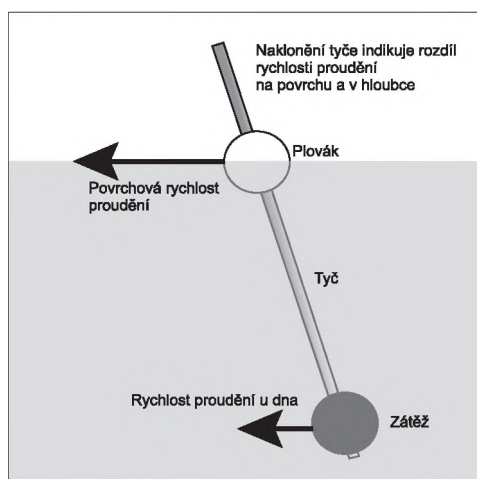
Jezero je, kde voda řeky získává velkou šířku.

Rybníky jsou místa, kam je odváděna voda z deštů, a kde kvůli hustému a zahnívajcímu podloží, země nemůže vypít ani vysušit takové vody (Úvod knihy o vodě, Manuscript I, ff. 87r; 72 r).

Leonardo byl rovněž fascinován pohybem vody (hydrodynamikou proudění), všiml si vlivu vody na formování krajiny (eroze, transport, sedimentace): *voda přetváří přírodu*. Leonardovy kresby obsahují analýzy proudění, tvorby vírů za překážkami, skici erozních jevů a tvorby meandrů aj. Také některé z jeho vynálezů byly spojeny s vodou, od pomůcek

pomáhajících při pohybu ve vodě a po vodě po stroje na čerpání vody. Také nejstarší známé plováky pro měření rychlosti vody (obr. 3), s nimiž prokazatelně experimentoval a vyvodil závěr, jenž byl v rozporu s tehdejšími přesvědčeními, že *nejrychleji proudí voda u dna⁶⁾: z vody stejné hmotnosti, hloubky, šířky a sklonu, ta část ubíhá nejrychleji, jež je nejbliže povrchu; a děje se tak neboť voda je ve styku se vzduchem, jež klade nejmenšího odporu, protože je lehčí než voda; a voda, jež jest u dna, je ve styku se zemí, jež klade větší odpor, neboť je nehybná a těžší než voda* (Frazier 1974).

Jako perličku pro převažující meteorologickou čtenář-



Obr. 3 Princip fungování Leonardovy plovací tyče pro měření rychlosti proudu. Rychlost proudu Leonardo měřil pomocí svého odometru („trakaře“ pro měření vzdálenosti), s nímž plovák následoval podél břehu po předem zvolenou jednotku času.

Fig. 3. Principle of Leonardo's floating stick for flow velocity measurement. Leonardo followed the floating stick with his odometer along the river bank during a given time period to measure the distance traveled and to derive the velocity of flow.

⁵⁾ Někdy též uváděn ve florentské transkripci Ristoro.

⁶⁾ Toto přesvědčení vycházelo z experimentů starověkých filozofů sledujících rychlost vytékání vody z děr v nádržích umístěných v různé hloubce, které bylo chybně zveřejněno i na chování proudění řek.



Obr. 4 Detail alegorie českých řek zdobící levý dolní roh Vogtovy mapy Čech z roku 1712 (zdroj: www.staremapy.cz). Nahoře zleva: Badebach – Jílovský potok¹³⁾, Isara – Jizera, Mulina – Mrlina, Cydlina – Cidlina, Albis – Labe, Aqilla – Orlice, Moldava – Vltava; Uprostřed: Zazava – Sázava, Raditzka – Mastník; Dole zleva: Saal – Saale, Egra – Ohře, Malv. – Main, Naab – Naab, Berauna – Berounka, Ottava – Otava.

Fig. 4. Allegory of Czech rivers on Vogt's map of the Czech Lands from 1712 (source: www.staremapy.cz). Modern rivers' names; upper row: Badebach – Jílovský Creek, Isara – Jizera River, Mulina – Mrlina River, Cydlina – Cidlina River, Albis – Elbe River, Aqilla – Orlice River, Moldava – Vltava River; middle row: Zazava – Sázava River, Raditzka – Mastník River; lower row: Saal – Saale River, Egra – Ohře River, Malv. – Main River, Naab – Naab River, Berauna – Berounka River, Ottava – Otava River.

skou obec tohoto časopisu uvedme tvrzení Restora d'Arezza: *A mnoho učenců tvrdí, že barva vzduchu je způsobena vodní parou, a proto vidíme nebe jako modré* a obdobné konstataování Leonarda da Vinci: *Pokud jde o barvu ovzduší, tvrdím, že modrá barva, jíž se jeví, není jeho pravá barva, ale je způsobena teplou vlhkostí.*

4.2 Od Palissyho po Perraulta

O necelé století po Leonardovi vydal dílo *Discours admirables, de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des maux*⁷⁾ Bernard Palissy (1510–1589). Jedná se o vskutku monumentální spis věnovaný úvahám o povaze, vlastnostech, využití a důležitosti vody, u nás zatím jen málo známý. Palissy jednoznačně identifikoval zdroj vodnosti pramenů a toků jako dešť: *velmi dlouhou dobu zvažoval jsem příčinu zdrojů přírodních pramenů, nakonec usoudil, že nemohou být jinak způsobeny než deštěm...všaker prameny a toky, jež jsou tvořeny vodou sladkou, jsou způsobovány vodou z deště.*

O co více se Palissy přiblížil správnému poznání vodního cyklu, o to více se mýlil o generaci mladší jezuita Athanasius Kircher (1602–1680). Kircher byl ve své době asi prvním celosvětově uznávaným vědcem, někdy bývá označován za posledního renesančního „univerzálního vzdělance“⁸⁾. Současně však byl nadán schopností na základě svých filozofických úvah dospívat k nesprávným závěrům. Ve svém „opus magna“ nazvaném *Mundus Subterraneus* z roku 1664, se zabýval hlavně geologií, dotkl se však i oběhu vody, resp. jeho podzemní části. Klonil se ke starším představám

Aristotela a Senecy o podobnosti stavby Země a lidského těla, domníval se, že Země je protkána horkými a chladnými cévami, že v horkých proudí magma, v chladných voda a tam, kde se k sobě přiblíží, vznikají horké prameny. Na otázku, jaký je mechanismus, kterým se voda dostává do hor, kde následně pramení, odpověděl následovně: *přiliv vtlačuje ... obrovská množství vody ... do skrytých a tajemných průchodů na mořském dně... do niterných útrob země.* Tím je dle Kirchera ze Země vytlačován oheň a vzduch ohřívající oceán, jež by jinak zcela zamrzl. Hory si Kircher představoval jako duté tajné prostory, v nichž se hromadí voda (Glassie 2012).

Mořská voda podle Kirchera proudí severním směrem a kdesi u pobřeží Norska se tvoří obří vír (Moskenstraumen), jež strhává vody do nitra Země, kde se ochlazují a obohacují o živiny a navracejí se velkým otvorem u jižního pólu (Glassie 2012). Na Kircherovy představy navázal o půl století později cisterciácký mnich z kláštera v Plasích Honorius Martin Czechura⁹⁾ (1688–1726). V díle *Mare philosophicum*¹⁰⁾ vydaném v Praze roku 1724 se věnuje převážně mořím a oceánům (včetně mořských oblud), dílo však obsahuje i podrobný hydrografický přehled řek všech kontinentů, včetně Ameriky (z českých řek zmiňuje Labe, Jizeru,

Vltavu, Otavu, Lužnici, Sázavu, Berounku, Ohři a Odru). Ve 21. pojednání spisu¹¹⁾ popisuje představu podzemního kanálu slané vody spojujícího Baltské a Jaderské moře a vystupujícího na povrch v podobě známých vývěrů minerálních vod. Kanál podle Czechury vedl ze Saska do západních Čech, kde se větvil a dále pokračoval na jih až do Benátek, východním směrem k Balatonu a k maďarským horkým pramenům. V klášteře v Plasích spolu s Czechurou působil též Mořic Jan Jiří Vogt (1669–1730), jenž je autorem rukopisu *Bohemia et Moravia subterranea*¹²⁾. Vedl v něm obdobné úvahy o původu minerálních pramenů jako Czechura, ale věnoval se třeba i roli permoníků v krušnohorských dolech. Nejznámějším Vogtovým dílem jsou však plány českých měst a především mapa Čech z roku 1712, v jejímž rohu je mj. vyvedena překrásná alegorie českých řek (obr. 4).

Již za Kircherova života však vznikl první známý kvantitativní popis vodního cyklu, který provedl Kircherův současník Pierre Perrault (1608–1680) v díle *De l'Origin des Fontaines* (1674). Aby vyvrátil Aristotelovy a Kircherovy názory (viz výše), použil srážkoměrná měření z období 1668 až 1674 (měření nebylo souvislé, ale pokrylo dohromady období tří

⁷⁾ *Obdivuhodné pojednání o povaze vod a pramenů přírodních i umělých s příměsí kovů, slaných, skalních, půdních, horkých i škodlivých.*

⁸⁾ *Zabýval se opravdu celým spektrem oborů, jak bylo charakteristické třeba u Leonarda da Vinci.*

⁹⁾ *Vědeckému profilu a dílu H. M. Czechury se podrobně věnoval F. X. Vilhum (1946).*

¹⁰⁾ *Mare philosophicum thalassophilis ad perscrutandum propositum, seu universa philosophia Aristotelico-neutristica... – Filozofické pojednání o moři a slaných vodách s zařazením do univerzální neutristální filozofie Aristotelovy.*

¹¹⁾ *Canalis conjecturalis subterraneus de Mari Baltico recta in Mare Adriaticum porrectus, atque sub ipsa Boemia transiens – Domnělé podzemní kanály přímo moře Baltské a Jaderské spojující a pod Čechami procházející.*

¹²⁾ *Podzemí Čech a Moravy.*

¹³⁾ *Jílovský potok je zde nesprávně zakreslen jako pravostranný přítok, zobrazení ostatních toků stranu, ze které se vlévají do svého recipientu, respektuje.*

let) v pramenné oblasti povodí Seiny v Aignay le-Duc (plocha povodí ca 118 km²). Velikost odtoku odhadl na základě rychlosti proudění, která byla 24krát větší než u „riviere des Gobelins“¹⁴⁾. Vyhodnocení shrnul slovy: *v oblasti povodí velikosti 6 čtverečních lieue¹⁵⁾, což odpovídá 31,254,144 čtverečních toise¹⁶⁾, spadá v obyčejném roce 19 a 1/3 palce deště, přinášeje tak 224,899,942 sudů (pařížské míry)¹⁷⁾ vody. Seina v téměř čase odvádí objem 36 453 600 sudů vody* (Perrault 1674). Koeficient odtoku tak dosáhl asi 0,16, tedy asi 1/6 ročních srážek, kteréžto hodnoty pro daný region nejsou neodpovídající (CNFSH 1996). Zajímavé je, že Perrault se současně s vyčíslením mýlil ohledně vsakování a doplňování zásob podzemních vod, když považoval infiltraci za jev, jenž nemá obecnou platnost: *voda do země neproniká kdekoliv, ale jen kde je dost vlhká a měkká jako malta*.

5. STRUČNÝ PŘEHLED ČESKÉ VODNÍ HISTORIE

5.1 Nejstarší české zmínky o hydrologických jevech

Nejstarší zmínka o povodni v Čechách se váže k počátku března roku 932 nebo 938. Kosmas uvádí explicitně rok 932, avšak jeho pravděpodobný zdroj Gumpoldova legenda udává dataci tři roky po úmrtí sv. Václava¹⁸⁾, kdy došlo k přenesení jeho ostatků: *Jdouce cestou, kudy tam se chodí, přišli k potoku (ad rivum), přes nějž hovada vůz táhnoucí pro velkou hloubku přebrodit se a přejít nemohla, a na žádném břehu loďky ani přívozu nebylo. Zastavili a ohlíželi se vůkol. Most zdýmáním vody již rozdrčený sesul se... Tu pak se poznamenává čas toho přenesení den 4. března*. Z textu je zřejmé, že přesun probíhal po běžné cestě mezi Prahou a Starou Boleslaví, která vedla ze Staré Boleslavi přes Labe a Brandýs nad Labem dále podél toku Vinořského potoka po jižním okraji Letňan, přes Prosek (kde místo odpočinku průvodu dodnes označuje starobylý kostel Sv. Václava), Rokytku dále stezka pokračovala nejspíše někde v oblasti Libeňského pivovaru a poté na jihozápad k dnešnímu hotelu Olympic a odtud podél starého ramene Vltavy (ulice Sokolovská a Pobřežní), oblast Těšnova k přechodu přes Vltavu pod Pražským hradem. Po cestě tedy došlo k překonání celkem čtyř vodních toků – Labe, Vinořského potoka, Rokytky a Vltavy. Přitom problém se zvýšeným vodním stavem je zmiňován pouze v jednom případě, jímž je přechod Rokytky, a váže se k předchozím dnům, kdy byl stržen most, avšak po zázračném přenesení vozu sami jezdci tok hravě přebrodivili. Rovněž je s podivem, že Labe a Vltava musely být přebrodiveny bez větších obtíží a tudíž nemohly mít zvýšení vodní stav. Podrobněji se rozboru informace o přenesení těla sv. Václava a jeho popisu v různých zdrojích ve vztahu k informaci o povodni věnuje Brázdil a kol. (2005).

Dobře známý je Kosmův popis povodně z roku 1118: *V měsíci září byla taková povodeň, jaké tuším nebylo od potopy světa na zemi. Neboť naše řeka Vltava, náhle prudce vyrazivši ze svého řečiště, ach, kolik vsí, kolik v tomto podhradí*

¹⁴⁾ Říčka Bièvre v Paříži protékala domem u Gobelínů a tato kuriozita se nazývala riviere des Gobelinsz.

¹⁵⁾ Lieues – stará francouzská délková míra, její délka kolísala v čase i mezi regiony, Perrault použil tzv. lieue terrestre, neboli lieue commune de France, která odpovídala 4 444,8 m.

¹⁶⁾ Toise – stará francouzská míra odpovídá 1/100 francouzské míle, tedy 1,949 m.

¹⁷⁾ Jeden pařížský sud odpovídal ca 0,255 až 0,280 m³.

¹⁸⁾ Úmrtí sv. Václava rukou bratra Boleslava se klade do roku 929 nebo 935.

domů, chalup a kostelů svým přívalem pobrala! Neboť kdežto jindy, ač se to málokdy stává, povrch vody sotva dosahoval podlahy mostu, za této povodně vystoupila voda deset loket nad most. Kosmas tedy mimo jiné odkazuje na dřívější „méně významné“ povodně.

5.2 Lucemburkové

Budovatelské úsilí Karla IV. samozřejmě zahrnuje i vodní hospodářství a správu vodních zdrojů. V roce 1340, ještě jako markrabě moravský inicioval zřízení institutu přísežných mlynářů, kteří zajišťovali uplatňování vodního práva zejména dodržováním závazných výšek jezů vzdouvajících toky, dozorováním vodních staveb a splavnosti řek: *na své přísahy mlynářům míry a cejchy stanovovali a aby každý byl konšely trestán, o kom by vyslaní mlynáři přísežně dosvědčili, že míru překročil*. (Poláček 2012). Přísežný soud mlynářský se stal vrchním rozhodcem sporů v oblasti vodního práva. Karel IV. se také angažoval ve splavňování Vltavy (povinnost budování vorových propustí ve všech jezích, budování pobřežních stezek), zmiňován je jeho záměr vybudovat propojení Vltavy a Dunaje. Karel IV. pravděpodobně rovněž stál za výstavbou vodovodu na Novém městě pražském, který vedl vodu z pramenů z lokality Na rybníčku do kašen Koňského a Dobytčího trhu (Václavské a Karlovo náměstí) a vodovodu na Pražský hrad počínajícího zřejmě u Kajetánky.

Václav IV. se zpočátku snažil pokračovat v díle svého otce, ale příliš úspěšný nebyl, pokud se jedná o vodu a vodní hospodářství do historie se zapsal především svou známou zálibou ve využívání lázní a „stvořením“ národního patrona mostů a vod v osobě sv. Jana Nepomuckého.

Mnohem úspěšnější byl druhý ze synů Karla IV. Zikmund, který je v českém podvědomí zapsán převážně negativně v důsledku své role v příběhu Jana Husa. Ovšem Zikmund byl velice schopný a úspěšný panovník. V Budapešti jako uherský král obnovil zaniklé římské termální lázně a vybudoval vodovod zásobující královský hrad (Nagy et al. 2016). V Praze za jeho vlády vznikla staroměstská vodárenská věž, která zajišťovala pístovými pumpami čerpání vltavské vody, jež byla následně gravitačně rozváděna do staroměstských kašen.

5.3 Počátky instrumentálního období české hydrologie

Počátek systematického instrumentálního pozorování vodních stavů u nás souvisí s Pražskou hvězdárnou v Klementinu, kde se údaje o vodním stavu Vltavy nejspíše v profilu Křížovnického kláštera začaly nesystematicky objevovat ve výkazech meteorologických pozorování od roku 1781 (Elleder 2016), každodenní pozorování pak započalo v roce 1825 a odtokové množství bylo vyčísleno na základě hydrometrických měření prof. Karla Wiesenfelda (1802–1870) v polovině 19. století (Fritsch 1851).

Přelomový význam pro hydrologii a hydrologickou službu měl profesor Německé Polytechniky Andreas Rudolf Harlacher (1842–1890) – jeho osobě a práci se podrobně věnoval Elleder (2012a). Harlacher se stal prvním přednostou hydrometrické sekce Hydrografické komise pro Království české, založené v roce 1875 v reakci na extrémní sucho, které Čechy postihlo v roce 1874. Sám Harlacher jako jeden ze základních úkolů pro Hydrografickou komisi vytyčil: *aby se množství srážek atmosférických a poměry odtékání jejich důkladně zkoumati mohly*, tedy zjevně cílil na zlepšení kvantitativních znalostí o vodním cyklu a tvorbě odtoku.

Již z uvedeného je patrné, že k rozvoji české hydrologie přispěly hlavně impulzy v podobě povodní a sucha. Kromě sucha 1874, ústícího v založení Hydrografické komise, zmiň-

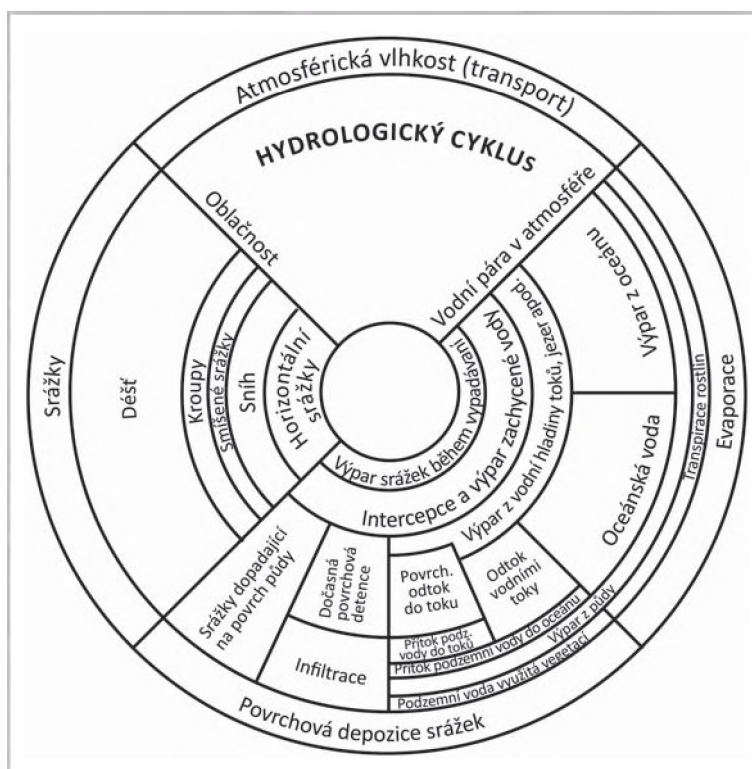
me také povodeň 1890, po které se podařilo prosadit dlouho požadované osvobození telegrafických hlášení vodních stavů od poplatků za přenos zpráv. Díky tomu mohla být Ing. Jindřichem Richterm (1854–1912), tehdejší přednostou hydrografické sekce Komise (Elleder 2012b), implementována předpovědní metoda pro Labe na území Čech a Saska vyvinutá již v roce 1887 (Harlacher, Richter 1887). Povodně na Slovensku v roce 1961 vedly k vytvoření regionálních pracovišť hydrometeorologického ústavu v krajských městech. Povodeň 1997 vyvolala zákonné úpravy krizového řízení (zákony 239/2000 Sb., 240/2000 Sb.) i Vodního zákona (254/2001 Sb.), posledním příkladem budiž sucho 2015, jež vede k iniciaci řešení koncepčního a zákonného ukotvení zvládnání sucha a dalších potřebných kroků (vládní usnesení 620 ze dne 29. 7. 2015).

6. MODERNÍ POROZUMĚNÍ HYDROLOGICKÉMU CYKLU

Moderní obraz hydrologického cyklu vytvořil Robert E. Horton. Svě ikonicky zobrazení procesů koloběhu vody (obr. 5) představil v práci z roku 1931 (Horton 1931). Současně je znám jako autor teorie tvorby odtoku založené na překročení infiltrační rychlosti půdy (povrchový odtok nastává tehdy, když intenzita srážek je vyšší než aktuální infiltrační rychlost půdy). Podle ní povrchový odtok může nastávat de facto na celé ploše povodí. Je zajímavé, že sám Horton si byl vědom omezené platnosti této představy a pochopil dominantní význam preferenčního proudění, jak na základě analýzy jeho poznámek potvrdil Beven (2004). Takzvaný hortonovský odtok nastává na zpevněných, nepropustných či málo propustných površích a je typický pro aridní klimatické podmínky oblastí s nevyvinutým půdním pokryvem. V podmínkách mírného klimatického pásu je v přírodní krajině naprosto výjimečným jevem. Mechanismem tvorby povrchového odtoku v našich zeměpisných šířkách je tzv. odtok z dočasně nasycených ploch (obr. 6), kdy na svazích voda infiltruje a laterálně stéká pod povrchem do údolí, kde se hromadí, až vyplní celý půdní pokryv, dosáhne povrchu a vytvoří tak dočasně nasycené plochy (Kirby 1969). Potom každé další srážky dopadající na takto zcela zaplněnou půdu odtékají po povrchu přímo do toku, nebo vytvářejí dočasné toky v suchých údolích.

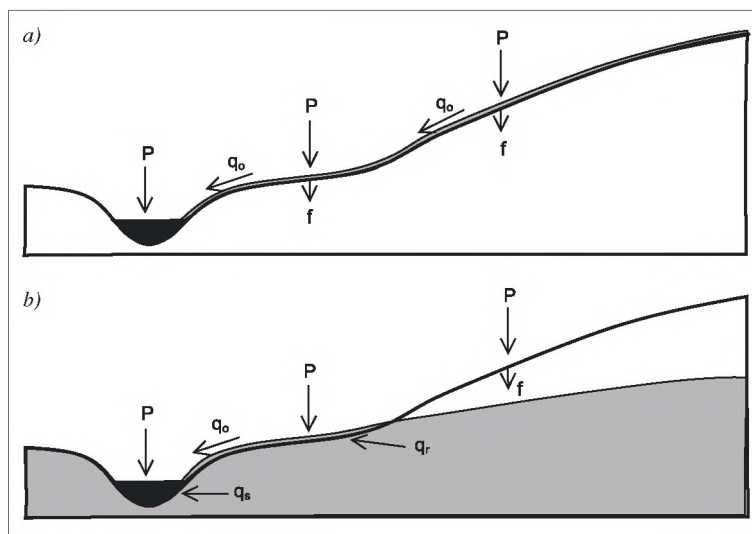
Současný stupeň poznání tvorby odtoku¹⁹⁾ je spojen s rozvojem izotopových analýz složení vody. Na jeho počátku stál mimo jiné český hydrolog Jaroslav Martinec, který analyzoval výskyt izotopů vodíku ve vodě v Modrém Dole v Krkonoších (Dincer et al. 1970; Martinec 1975). V 90. letech 20. století rostoucí poznatky

¹⁹⁾ *Současné znalosti o tvorbě odtoku jsou značně široké a zahrnují mimo jiné i vlastnosti časoprostorového rozložení srážek, podrobné modely hydraulického proudění v korytech i huminovém prostředí, vliv vegetačního pokryvu aj.*



Obr. 5 Česká verze Hortonova znázornění hydrologického cyklu (upraveno dle Horton 1931).

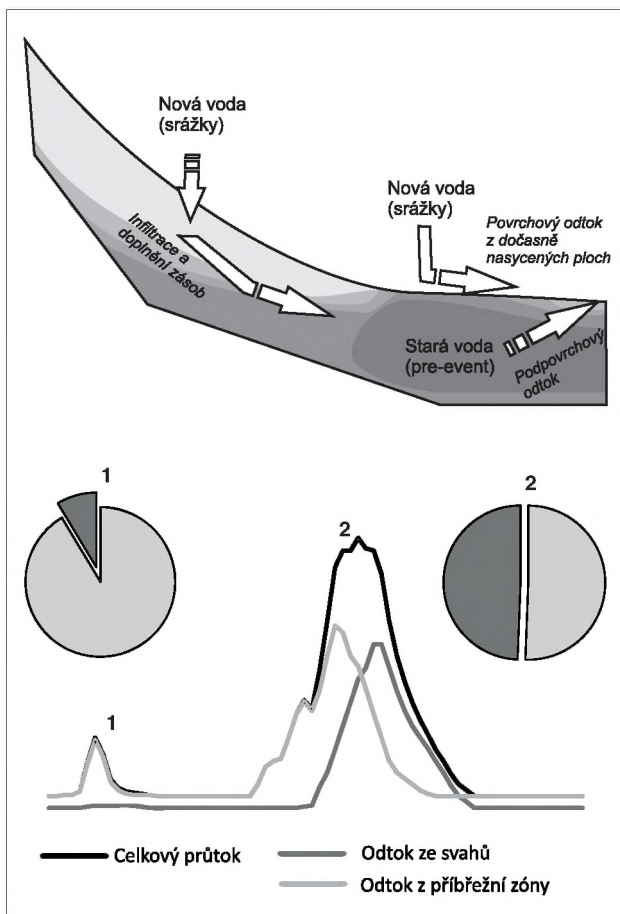
Fig. 5. Czech version of Horton's hydrological cycle (based on Horton 1931).



Obr. 6 Teorie tvorby odtoku. Hortonova teorie tvorby povrchového odtoku při překročení infiltrační rychlosti půdy (a), a teorie povrchového odtoku z dočasně nasycených ploch (b). Význam symbolů: P – srážky, q_o – povrchový odtok, f – infiltrace, q_r – vratný odtok, q_s – podpovrchový odtok (upraveno dle Bevena 2001).

Fig. 6. Schemes of runoff generation theories. Horton's infiltration rate surface runoff generation (a), additional impervious contribution area (b). P – precipitation, q_o – surface runoff, f – infiltration, q_r – return flow, q_s – subsurface flow (adapted from Beven 2001).

v této oblasti vedly k definici tzv. paradoxu staré vody, když bylo prokázáno, že voda, která při povodni odtéká, nepochází přímo z „příčných srážek“ (McDonnell 1989; McDonnell 1990). Jedná se převážně, v závislosti na charakteristice povodí, o vodu, která v povodí již byla jako půdní voda a podle její-



Obr. 7 Schematické znázornění typizovaného rozložení obsahu vody v profilu svahu a příbřežní zóny a mechanismus odvodňování staré a nové vody (nahore, odstíny šedé) se znázorněním příspěvku odtoku ze svahů a z příbřežní zóny na typizovaném průběhu dvou odtokových vln různé velikosti (dole).

Fig. 7. Scheme of the typical distribution of water in the slope and riparian zones and the runoff paths of new and old water (above) and the different contributions of the slope and riparian zones to runoff during flood runoff episodes.

ho izotopového složení, lze prokázat, že u ní došlo k promíchání srážkových vod z různých událostí s původně různým poměrem izotopů (O^{16} / O^{18} a $H^1/H^2/H^3$). Zásadní je rozdílné chování tvorby odtoku na svahu a v příbřežní zóně (riparian zone) na dně údolí. Voda pocházející z těchto dvou oblastí se rozdílně uplatňuje v průběhu povodňového odtoku, při menších odtokových epizodách pochází odtok téměř výhradně z příbřežní zóny. Za velkých povodní zdroje z příbřežní zóny dominují při vzestupné fázi povodně, odtok ze svahů se zapojuje ve vrcholné fázi povodně a zásobuje poklesovou část hydrogramu (obr. 7).

Z uvedeného lze učinit závěr o mnohem větším významu nasycenosti a počátečních podmínek povodí pro odtok, než se hydrologové v minulosti domnívali, a to jak v případě velkoplošných, tak přívalových povodní (viz např. analýza Marchi et al. 2010). Příkladem změny hydrologického paradigmatu budiž srovnání dobové analýzy přívalové povodně v povodí Jičínky z roku 1958 (Čerkašin 1959) a 2009 (Daňhelka, Kubát 2009), kdy v prvním případě byly předpokládány odtokové koeficienty až na úrovni 0,6 a v dílčím povodí až 0,85–0,9, zatímco v druhém případě na úrovni

0,45²⁰⁾. V suchém létě 2015 se pak vyskytla významná srážková epizoda s maximální vyhodnocenou dobou opakování srážek až na úrovni 50 let, po níž však nedošlo v podstatě k žádné odtokové reakci a odtokové koeficienty byly menší než 0,1 (ČHMÚ 2016).

7. ZÁVĚR

Vnímání hydrologického cyklu může být velmi rozdílné. Fyzik se pravděpodobně soustředí na fázové přechody a změny energie, chemik bude zkoumat změny izotopových poměrů a rozpuštěných látek. Hydrologové se zaměřují na pohyb vody a jí unášených látek v geografickém prostoru. Význam jednotlivých procesů ve vodním cyklu pak posuzují podle svých zkušeností z geografického prostředí, v němž se pohybují, proto je hydrologie do značné míry odlišná v aridních a v humidních oblastech. Pochopení oběhu vody se samozřejmě vyvíjelo i v běhu času a dosud rozhodně není zcela uzavřeno, neboť některé procesy probíhající v půdě nejsou dosud plně vysvětleny.

Příspěvek poskytl neúplný a nesystematický historický exkurz po vývoji myšlenek a znalostí týkajících se oběhu vody v přírodě. Na závěr je třeba zdůraznit, že ve skutečnosti existuje ještě další část vodního cyklu, jež si zaslouží identickou, ne-li větší pozornost a která nebyla v článku zahrnuta, neboť by si zasloužila samostatný rozbor. Její spotřeba a užívání vod člověkem a lidskou společností.

Literatura:

- BEVEN, K., 2001. Rainfall-runoff Modelling, The Primer, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, UK, s. 359.
- BEVEN, K. 2004. Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. Hydrological Processes, 18, 17, s. 3447–3460.
- BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L., KAKOS, V., KOTYZA, O. et al., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Brno: Masarykova Univerzita a Praha: ČHMÚ, 369 s.
- CNFCH, 1996. De l'Origine des Fontaines, Série: Textes fondateurs de l'hydrologie, No 2.
- ČERKASIN, A., 1959. Povodeň na Zrzávce. Vodní hospodářství, 12/1959, s. 538–541.
- ČHMÚ, 2016. Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_kompletni_zprava.pdf.
- DAÑHELKA, J., KUBÁT, J. (eds.), 2009. Přívalové povodně na území České republiky v červnu a červenci 2009, Praha: ČHMÚ, 72 s. ISBN 978-80-86690-75-9.
- DE FEO, G., DE GISI, S., MALVANO, C., DE BIASE, O., 2010. The greatest water reservoirs in the ancient Roman world and the "Piscina Mirabilis" in Misenum Water Science and Technology: Water Supply Published July 2010, 10 (3) 350–358; DOI: 10.2166/ws.2010.106.
- DINÇER, T., PAYNE, B. R., FLORKOWSKI, T., MARTINEC, J., TONGIORGI, E., 1970. Snowmelt runoff from measurements of tritium and oxygen-18, *Water Resources Research*, Vol. 6,

²⁰⁾ Sluší se upozornit na skutečnost, že v 50. letech 20. století byla pozice hydrologů při vyhodnocení podobných událostí značně limitována omezenými informacemi o plošném charakteru srážek, který mohli pouze odhadovat z bodových měření na srážkoměrných stanicích. Teprve informace z meteorologických radarů v posledních letech vedly k potvrzení předpokladů o významu nasycenosti, když umožňují mnohem přesnější kvantitativní určení objemu spadlých srážek a jejich porovnání s odtokým množstvím vody.

- No. 1, s. 110–124 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/WR006i001p00110/full>.
- ELLEDER, L., 2012a. Andreas Rudolf Harlacher – zakladatel systematické hydrologie v Čechách, *Meteorologické zprávy*, Vol. 65, č. 1, s. 1–12. ISSN 0026-1173.
- ELLEDER, L., 2012b. Sto let od úmrtí Harlacherova spolupracovníka a nástupce Ing. Jindřicha Richtera. In: *Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR*, Praha: ČHMÚ, s. 141–144.
- ELLEDER, L., 2016. Proxydata v hydrologii – řada pražských průtokových kulminací 1118–1825, Praha: ČHMÚ, 106 s. ISBN 978-80-87577-44-8.
- FRAZIER, A. H., 1974. Water current meters in the Smithsonian collections of the National Museum of history and technology, *Smithsonian studies in history and technology*, No. 28, Washington: Smithsonian Institution Press.
- FRITSCH, C., 1851. Ueber die konstanten Verhältnisse des Wasserstandes und Beiesung der Moldau bei Prag, so wie die Ursachen, vo welchen dieselben abhängig sind, nach mehrjährigen Beobachtungen In: *Sitzungsberichten Akademie der Wissenschaften*, s. 156–192.
- GLASSIE, J., 2012. A Man of Misconceptions: The Life of an Eccentric in an Age of Change, Riverhead Books. ISBN-13: 978-1594631894.
- HARLACHER, A. R., RICHTER, H., 1887. Ueber ein Verfahren zur Vorherbestimmung des Wasserstandes der Elbe in Böhmen und Sachsen. *Zeitschrift für Bauwesen*, J. XXXVII. s. 600–606.
- HORTON, R. E., 1931. The field, scope, and status of the science of hydrology, *EOS*, Vol. 12, s. 189–202, DOI: 10.1029/TR012i001p00189-2.
- HRUŠKA, B., 1977. Mýty staré Mezopotámie – sumerská, akkadská a chetitská literatura na klínopisných tabulkách, Praha: Odeon, 371 s.
- KIRKBY, M. J., 1969. Infiltration, throughflow and overland flow. In: *Water, Earth and Man* (ed. by R. J. Chorley), s. 215–227. Methuen, London, UK.
- MARCHI, L., BORGA, M., PRECISO, E., GAUME, E., 2010. Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and applications for flood risk management, *Journal of Hydrology*, Vol. 394, No. 1–2, s. 118–133, ISSN 0022-1694.
- MARTINEC, J., 1975. Subsurface flow from snowmelt traced by tritium. *Water Resources Research*, Vol. 11, No. 3, s. 496–498, 1975. DOI: 10.1029/WR011i003p00496.
- MCDONNELL, J. J., 1989. The age, origin and pathway of subsurface stormflow in a steep humid headwater catchment. Ph. D. Thesis, 270 s. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. dostupné také z WWW: <https://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/3746>.
- MCDONNELL, J. J., 1990. A rationale for old water discharge through macropores in a steep, humid catchment. *Water Resources Research*, Vol. 26, No. 11, s. 2821–2832.
- NAGY, B., RADY, M., SZENDE, K., VADAS, A., 2016. Medieval Buda in context, Brill, Leiden, 978-90-04-30767-4.
- PERRAULT, P., 1674. De l'Origine des Fontaines, Paris.
- PINDER, G. F., JONES, J. F., 1969. Determination of ground-water component of peak discharge from chemistry of total runoff. *Water Resources Research*, Vol. 5, No. 2, s. 438–445.
- POLÁČEK, B., 2012. Mezinárodní říční doprava, Praha: C. H. Beck, 583 s. ISBN 978-80-7400-258-8.
- STARNAZZI, C., 2002. Leonardo Waters and Lands, Gran'tour, Florence, 142 s. ISBN 88-88347-16-X.
- TÉRA, M., 2017. Perun – bůh hromovládce, sonda do slovan-ského archaického náboženství. Praha: Pavel Mervart, 378 s. ISBN 978-80-7465-253-0.
- TŘEŠTÍK, D., 2008. Mýty kmene Čechů (7.–10. století), tři studie ke „Starým pověstem českým“. Praha: Nakladatelství Lidové Noviny, 291 s.
- VILHUM, F. X., 1946. Hydrografie na pražské universitě na poč. 18. stol. (Misterský disput P. H. M. Czechury O. Cis. Mare philosophicum z. r. 1724). *Věstník Královské české společnosti nauk. Třída pro filosofii, historii a filologii*, roč. 1944, č. 6, Praha.
- Historické prameny:*
- ARISTOTELÉS. Meteorologika (knihy I. až IV.) [online]. [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: <http://classics.mit.edu/Aristotle/meteorology.html>.
- CZECHURA, H. M., 1724. Mare philosophicum thalassophilis ad perscrutandum propositum seu universa philosophia Aristotelico-neutristica, universi anatomia maris, interjectis quibusdam philosophico-politicis axiomatibus adornata, Praha.
- FRONTINUS, S. J. De Aqueductibus Urbis Romae [online]. [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.uvm.edu/~rrodgers/Frontinus.html>.
- GUMPOLDŮV ŽIVOT VÁCLAVA KNÍŽETE ČESKÉHO, 1873. In: *Prameny dějin českých vydávané z nadání Palackého*. Díl I. Životy svatých a některých jiných osob nábožných, nákladem Musea Království českého, v Praze.
- HOMWÉR. Ilias [online]. [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: <https://archive.org/details/iliadodysseyofho01home>.
- KIRCHER, A., 1678. Mundus subterraneus, in XII libros digestus: qvo divinum subterrestris mundi opificium, mira ergasteriorum naturae in eo distributio, verbo [pantamorphon] Protei regnum, universae denique naturae majestas & divitiae summa rerum varietate exponuntur, abditorum effectuum causae acri indagine inquistae demonstrantur, cognitae per artis & naturae conjugium ad humanae vitae necessarium usum vario experimentorum apparatus, necnon novo modo & ratione applicantur. Ad Alexandrum VII. pont. opt. max., Amsterdam.
- KOSMOVA KRONIKA ČESKÁ, 1972. Praha: Svoboda, 261 s.
- DA VINCI, L. Codex Atlanticus, Biblioteca Ambrosiana, Milano, ca 1480–1518.
- DA VINCI, L. Codex Hammer/ Codex Leicester, ca 1504–1506.
- DA VINCI, L. Codex Arundel, British Library in London, ca 1480–1518.
- DA VINCI, L. Manuscript A, Institute de France, Paris, ca 1492–1516.
- DA VINCI, L. Manuscript I. Úvod knihy o vodě, Institute de France, Paris, ca 1492–1516.
- PALISSY, B., 1580. Discours admirables, de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des metaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des maux, Paris.
- PERRAULT, P., 1674. De l'Origine des Fontaines, Paris.
- PLATÓN. Kritiás, 111c–111d.
- RESTORO D'AREZZO, 1282. Composizione del Mondo [online]. [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: https://books.google.cz/books?id=0KAAAAAAMA AJ&printsec=front-cover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=one-page&q&f=false.
- SENECA, L. A. Quaestiones naturales. Kniha III. (okolo r. 65 n. l.)
- VITRUVIUS, M. De Architectura Libri Decem [online]. [cit. 30. 10. 2017]. Dostupné z WWW: <https://archive.org/details/vitruviidearchit00vitr>.

*Lektoři (Reviewers): RNDr. Karel Krška, CSc.,
Ing. Libuše Bubeníčková*