

# T01 Voda pohledem historie – e-learning pro žáky

Voda, nejběžnější sloučenina na Zemi (žádné jiné látky není na Zemi více), měla rozhodující vliv na vývoj člověka jako živočišného druhu, inspirovala jeho myšlení a stála na počátku rozvoje techniky. V následujících odstavcích budou některé tyto vlivy zmíněny.

## 1. Vývoj člověka a voda

### 1.1. Termoregulace

Popisovat na tomto místě vývoj člověka a vztah jednotlivých vývojových stupňů druhu Homo sapiens k vodě je nesmyslné. Je však dobré si uvědomit, že na základě dnešního poznání byli předkové člověka osrstění a teprve Homo erectus (žijící ca před 1,5 – 0,4 mil lety), první hominid, který se z Afriky, kde vznikl, rozšířil postupně do Evropy i Asie, o svou přirozenou srst přišel, protože při lovu i při transportu potravin do tábora se jeho organismus přehříval. Postupně přibývalo potních žláz vylučujících vodu, která odpařováním tělo ochlazovala. Bylo nutné hodně pít a vlastně i dnes je člověk více závislý na vodě než lidoopi. Mimochodem, holá kůže byla pochopitelně černá, aby chránila před slunečním zářením. Teprve když se Homo erectus dostal do chladnějších oblastí, začala jeho kůže postupně blednout.

### 1.2. Stavba lodí

Anatomicky moderní člověk (k nerozeznání od nás) vznikl přibližně před 200 tis lety, se dokázal velice rychle prosadit po celém světě. Velmi mu v tom pomohly lodě. Z našeho pohledu vnitrozemců to může být překvapivé, ale je vlastně mnohem jednodušší postavit plavidlo, třeba vor, než vůz s koly. Např. osídlování Austrálie začalo před 40 – 60 tisíci lety a lidé se tam nemohli dostat jinak než přes moře, třebaže mořská hladina vzhledem k zalednění byla výrazně níž než dnes. Každopádně již v této době musela být stavba lodí na určité úrovni. Dnes se proto předpokládá, že v jihovýchodní Asii lidé začali se stavbou lodí před více než 60 tis lety. Člověk tak zkonstruoval svůj první dopravní prostředek na překonávání vodních ploch velice dávno.

## 2. Voda a zemědělství, formování společnosti

### 2.1. Přirozené záplavy

Všechny řeky, u kterých vznikly během neolitické revoluce (v letech ca 10-5 tis let př. Kr.) první zemědělské společnosti, se v jistém období roku rozvodňují a zaplavují široké území, ukončené přirozenými hrázemi, které vytváří samotná voda. Za tyto hráze se dostává voda jenom občas (voda stoletá, tisíciletá apod.), tam už proto bylo bezpečno a mohla se tam stavět obydlí. Někdy se zase naopak mohlo stát, že záplavové vody bylo málo a nedosáhla ani k přirozeným hrázím. Pokud lidé chtěli přesto zasadit a pěstovat plodiny i v těch místech, kde bylo momentálně sucho, nezbylo jim nic jiného, než suchou půdu zalévat nebo to zařídit tak, aby sem voda dotekla sama. Již v průběhu 6. a 5. století př. Kr. se v Egyptě rozvíjelo zemědělství na uměle zavodňované půdě, ale byli to Sumerové, kdo se naučil trvale zavodňovat i velmi suchá místa, stavět hráze a plánovitě a s rozmyslem rozšiřovat plochy pro zemědělství.

### 2.2. Sumerské závlahy

S budováním závlah se sice začalo v Egyptě již ve 4. tisíciletí př. Kr., kdy se budovaly záplavové nádrže, ze kterých se vyhloubenými kanály rozváděla voda do sušších míst, tento typ závlah měl ale jenom lokální význam a byl nezávislý na centrální moci. V Mezopotámii to ale tak jednoduché nebylo, protože koryto řeky Tigris je poměrně hluboké a řeka sama kulminuje zjara a přitom obilí se selo na podzim, záplavy na řece Eufrat pak přicházely velmi zprudka a zanášely záplavové nádrže. Místo nádrží se proto začaly budovat dlouhé kanály, které se postupně větvily na jemnější a menší, a právě kolem těchto umělých kanálů, nikoliv kolem vlastních řek Eufrat a Tigris, začala vznikat sídla. Vzhledem k náročnosti takového díla tu sehrála značnou roli právě centrální moc. Bez státní organizace a schopnosti prosadit velkou myšlenku by tato soustava kanálů vůbec vzniknout nemohla. Voda pro zemědělství tak stojí na počátku tvorby vyšších společenských organizací a prvních států v dějinách již v době bronzové.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



GYMNÁZIUM ZLÍN  
LESNÍ ČTVRŤ

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## 3. Přírodní filozofové antického Řecka

### 3.1. První přírodně-filozofické představy

První řečtí přírodní filozofové (tzv. iónské či milétské školy) pochází z období přibližně 600 – 400 let př. Kr. Prvotním problémem, kterým se zabývali, bylo zjištění podstaty světa. Mýty jednotlivých národů, s nimiž se řečtí obchodníci dostávali do kontaktu, totiž počátky světa popisovaly rozdílně, intelektuálně zdatní Řekové proto tyto mýty podrobovali kritickému zkoumání. Takto nějak vznikla filozofie jako vyšší forma poznání.

Nabízí se poměrně jednoduchá myšlenka: kolik nejrůznějších látek v dnešním světě existuje? No, asi je jich hodně. Kolik látek existovalo před 100 lety? Určitě méně, vždyť některé látky, které dnes běžně používáme, se tehdy nevyráběly. Kolik látek tu bylo před tisíci lety? Zase méně a mohli bychom pokračovat až úplně na začátek: kolik látek tu bylo v okamžiku vzniku světa? „Zřejmě“ jenom jedna. Tato „pralátka“, která je hledanou podstatou světa, musí být proměnlivá a tvárná, aby z ní mohlo vzniknout to bohatství látek, které dnes můžeme vidět kolem sebe. Pokud tedy iónští filozofové měli odpovědět na otázku, jestli jsou všechny látky našeho světa k sobě cizí nebo mají něco společného, odpovídali, že všechny látky musí mít něco společného, protože přece vznikly z jediné pralátky.

### 3.2. Thales z Milétu

Thales z Milétu (ca 624 – 547 př. Kr.) na maloasijském pobřeží byl zakladatelem řecké přírodní filozofie a stojí též u počátků geometrie (např. Thaletova kružnice). Jako filozof však byl i bedlivým pozorovatelem přírody. Ve skalách vysoko nad Milétem objevil zkamenělé ulity mořských živočichů. Uvědomil si, že tyto skály kdysi musely být součástí moře. A v úvahách šel dál – určitě viděl mlhy valící se od moře do hor, znal déšť, který vodu vracel zpět na zem, pozoroval řeky, jejichž dolní tok se zanášel bahnem. Při troše fantazie si umíme představit, proč Thales začal předpokládat, že pralátkou a tím podstatou světa je voda, která se může vyskytovat jako pevná látka, jako kapalina i jako plyn, která je proměnlivá, silná i energická v mořských bouřích, je to živel se vším všudy. Thales si představoval, jak stlačením a ochlazením vodní páry vzniká kapalná voda a „sražením“ může vzniknout až pevný led. Zobecněním odvodil, že díky vodě vzniklo všechno – pevné látky, včetně skal s ulitami nad



evropský  
sociální  
fond v ČR



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Milétem, kapaliny jako oleje nebo mléko, i něco tak jemného, jako jsou vůně nebo vzduch. Ve svém díle popsal i zvláštní víření a pohyb vody, které stojí za vznikem nejrůznějších látek. Třebaže se mýlil, tak metoda, kterou navrhl pro zkoumání světa (pozorování a úvahy) se ukázala jako podstatná.

### 3.3. Aristotelské prvky

Jakýmsi završitelem iónské filozofické školy se stal Empedokles z Akragantu (493 – 433 př. Kr.), jenž přišel s teorií, že existují 4 prvky, ze kterých se skládá veškerá hmota - země, oheň, voda, vzduch. Všechny látky se skládají z jistého podílu těchto prvků, které jsou dále nezměnitelné, např. bílé kosti prý obsahují z jedné poloviny oheň, z jedné čtvrtiny zemi a z jedné osminy vodu a vzduch. Tuto teorii prvků od Empedokla převzal Aristoteles (384 – 322 př. Kr.), jeden z nejvýznamnějších mudrců athénské filozofické školy a vzhledem k jeho věhlasu jsou dnes země, voda, oheň a vzduch označovány jako aristotelské prvky. Odsud byl jenom krůček k víře, že jednotlivé látky lze mezi sebou proměňovat, budeme-li schopni měnit zastoupení čtveřice prvků v nich. Pokud by se podařilo odstranit z olova např. trochu země a přidat trochu ohně, proč bychom z něho nemohli získat zlato? Cesta k základní alchymistické myšlence transformace kovů jednoho v druhý tak byla na světě. Voda byla chápána jako jeden ze čtyř prvků přírody až do konce 18. století!

## 4. Voda a křesťanství

### 4.1. Blízký východ v „biblických dobách“

Jiný pohled na vodu vznikl v „biblických dobách“, tj. na počátku křesťanského letopočtu. Židé žijící v oblasti Blízkého východu se postupně měnili z kočovných pastevců na usedlé zemědělce, jak o tom vypráví Starý zákon či židovská Tóra. Po výbojích Alexandra Velikého (356 – 323 př. Kr.) se kultura, tradice i náboženství Židů dostaly pod silný tlak kultury, tradic i náboženství Řeků (tzv. období helénismu), což postupně Židy vedlo k odmítání všech „cizáků“ a jejich pořádků. Tento postoj zesílil poté, kdy celou oblast obsadila Římská říše. Mezi Židy pak vznikla různá hnutí, která usilovala o odpor proti okupaci a obrození původních židovských svátků a rituálů. Tehdy opět vstoupila na scénu voda.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jak se zbavit toho starého, špatného, jak očistit svědomí, když člověk z donucení kolaboruje s cizí mocností a rozhodne se s tím skončit a začít znovu, jinak a lépe? No, není nic jednoduššího než rituální očista pomocí vody, která smyje všechny hříchy, kterých jsme se kdy dopustili, vytvoří tlustou čáru za naší minulostí a my můžeme začít nový život, o kterém jsme přesvědčeni, že nebude zaměřen pouze na opatřování (co nejlepšího) jídla a pití, honbu za ukájením slastí všeho druhu, nebo získávání mocenských pozic, ale že bude mít i značný filozofický a náboženský přesah, zkrátka, že život bude mít i nějaký vyšší smysl.

### 4.2. Jan Křtitel, Ježíš Kristus

Podle křesťanské tradice začal k rituálním účelům využívat vodu řeky Jordán Jan Křtitel, který později křtil i samotného Ježíše Krista. Kolem nich se později semkla skupina židovských učedníků, kteří začali uznávat, že Ježíš je něco víc než jenom obyčejný člověk. Po Ježíšově smrti, kdy bylo jasné, že se víru v jeho božství nepodaří prosadit mezi všemi Židy, se začalo učení o Ježíši Kristu (křesťanství) šířit mezi další národy, až se stalo největším světovým náboženstvím.

Voda tak stojí na počátku křesťanství, víry, která spojila evropské národy do jednoho univerzálního celku, a to umožnilo pozdější rozvoj vědy a techniky až do té podoby, jak ji známe dnes.

## 5. Římská říše - budování „vodních staveb“

### 5.1. Vodovody

Jedním z velkých vynálezů, který zlepšoval kvalitu života, byl vodovod. Většina obyvatel velkých měst si vodu musela nosit domů z nejbližší kašny, ale za poplatek (nebo spíše úplatek) bylo možné si nechat natáhnout vodovodní trubky až do domu. Vodovodní trubky se vyráběly z olova, ale výraznější zdravotní riziko nepředstavovaly, protože voda ve středomořské oblasti byla tvrdá, nepodporovala tedy rozpouštění olova a naopak vytvářela na vnitřní straně trubek vrstvu zejména uhlíčitanů, která nedovolovala průniku olova do vody.

Po konsolidaci Římské říše, kdy na dlouhou dobu zavládl mír, bylo možné budovat i velké přivaděče do největších měst. Například na konci 3. století po Kr. do Říma přivádělo 11

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

akvaduktů o celkové délce 502 km každý den přibližně 1 mil m<sup>3</sup> vody! Římané dokázali vyřešit technické problémy se stavbou těchto akvaduktů, zejména dokonalé utěsnění a vyzdění, dodržení aspoň minimálního sklonu, aby voda tekla samospádem, a naučili se překlenovat údolí. O mnohých mostech byli později germánští přistěhovalci přesvědčeni, že je museli postavit obři. Velký význam však mělo i zadržování dešťové vody v cisternách a nádržích.

### 5.2. První přístavy

Mořeplavci se poměrně brzy pouštěli i na širé moře, protože už velice dávno poznali navigaci „podle životního prostředí“ (orientaci podle hvězd, mořských proudů, vzhledu vzdáleného pobřeží či ostrovů apod.). Důležité však pro ně bylo rozpoznávání vhodných míst pro přistání s lodí, aby ji na mělčině nepoškodili. Pro ně byly psány nejrůznější „manuály“, ve kterých se popisovala konkrétní krajina a místo, kde lze přistát. Největším problémem však byla nevyzpytatelnost přírodních živlů. Po velkých bouřích nebo zemětřeseních se ráz pobřeží mohl silně změnit a přírodní přístav se nedal využít. Podobně se ukazovalo, že při silném větru a velkých vlnách, v některých, jinak vhodných lokalitách, prostě přistát nelze. Už v 8. století př. Kr. byly proto budovány první větrolamy a ochranné zdi, které měly chránit přírodní přístavy. Jeden z prvních velkých přístavů byl přístav v Alexandrii z 3. stol. př. Kr.

### 5.3. Majáky

Z poloviny 3. století pochází další vymoženost – vysoké stavby se signálním ohněm, který naváděl do přístavu lodě i v noci - majáky. Jedním z prvních orientačních bodů byla stavba u vstupu do alexandrijského přístavu na ostrově Faros, který se stal tak slavným, že slovo pharos se začalo používat ve významu maják v řečtině, italštině i francouzštině. Zlatým věkem budování (římských) přístavů a majáků se stalo období po roce 50 po Kr. Tehdy císař Claudius nechal postavit maják v římském přístavu v Ostii a toto vedlo k budování dalších majáků jak po pobřeží Středozemního a Černého moře, tak po pobřeží Atlantiku v dnešním Portugalsku, Španělsku i Francii. Stavbu majáků pak od Římanů převzali Arabové a od nich pak později i Indové a Číňané.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 5.4. Silnice

Praktičtí Římané pro správu své obrovské říše potřebovali i co nejrychlejší pozemní dopravu. Zejména s rozvojem kolové dopravy začalo být nutné upravovat povrch cest. Důraz na kvalitu povrchu vozovek se zvýšil v době, kdy se začaly používat k tažení vozů koně místo volů nebo oslů, protože se značně zvýšila rychlost. Budované silnice musely mít najednou co nejhladší povrch a musely mít vedle příkop na odvodňování. Protože ve velké rychlosti se s vozem a koňským spřežením hůře manipuluje, nesměly se silnice klikatit jako dávné stezky a musely být upravovány zejména v blízkostech řek (stavba brodů a mostů). Výstavba silnic si vyžadovala poměrně značné zásahy do krajiny.

Technologie výstavby silnic byla jednoduchá, ale velmi účinná. Stavební dělníci kopali dva rovnoběžné příkopy, mezi ně nasypaly vrstvu velkých kamenů (kvůli odvodňování), pak následovala vrstva betonu a povrchová vrstva šterku nebo opracovaných kamenů. Silnice pak byla ohraničená obrubníky. Voda se ukazovala jako nepřítel silnic, protože je dokázala rozmočit nebo podemlít, ale římská technologie stavby si s ní dokázala poradit. Není divu, že se tato římská technologie výstavby silnic využívala i po pádu Říše a ani dnes si neumíme představit kvalitní silnici bez příkopů po obou stranách.

## 6. Středověká a renesanční vodní díla

### 6.1. Vodní hamry

Fyzicky nesmírně obtížnou výrobou byla výroba železa a oceli, dvou základních produktů, bez kterých by se další řemesla prostě neobešla. Výroba železa na výrobu nástrojů či zbraní (sekery, nože, nůžky, kosy) byla vyřešená dávno, ale jak vytvořit větší výrobky (velké kostelní zvony, děla)? Postupně tak byla objevená technologie pro výrobu svářkového železa, na kterou však nestačila síla lidských paží, bylo nutné použít sílu vody.

Pro výrobu svářkového železa se začaly budovat vodní hamry. Tam se větší počet tenkých prutů svázal drátem do balíku a ten se v peci ohřál do bílého žáru (cca 1000°C) a pak se bucharem, poháněným vodou, zhutnil silnými údery tak, že došlo k jeho „svažení“ v jeden velký kus.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Díky této metodě (a energii vody) se postupně mohla rozvíjet výroba oceli, což v 18. století mohlo nastartovat průmyslovou výrobu.

### 6.2. Vodní kolo

Jakmile bylo zkonstruováno vodní kolo pro pohon těžkých bucharů v hamrech, hledaly se okamžitě i další aplikace vodních strojů. Dnes neznámější z těchto aplikací je vodní mlýn pro mletí obilných zrn na mouku. Později, koncem 16. století, se objevily první obráběcí stroje poháněné vodou. Jejich životnost a přesnost opracování nebyly příliš velké, ale ve své době patřily k technickým divům a mnohdy byly opěvovány v básních. Nejběžnější z nich byly zejména různé druhy rámových pil nebo zařízení pro vrtání dřeva, např. v této době bylo zvládnuto provrtání kmene stromu po délce, aby jej bylo možno použít jako potrubí.

V počátcích průmyslové revoluce vodní kola poháněla rovněž textilní stroje.

Protože vodní kola se na několik staletí stala jediným rozumným zdrojem „síly“, dokázali zvědaví řemeslníci odhalit jeho konstrukci tak, aby byla co nejefektivnější. Poznali, že ve všech převodech se musí snižovat tření, voda musí proudit „klidně“ (laminárně) nikoliv „divoce“ (turbulentně), aby se nevytvářelo žádné teplo, které vždy představovalo ztráty, a je nutné využít celou výšku, ze které voda padá.

### 6.3. Jihočeské rybníkářství

Vodní díla však mnohdy zcela zásadně přeměnila krajinu. Jeden z nejlepších příkladů je oblast jižních Čech, kde Rožmberkové nechali velké plochy podmáčené a hospodářsky zcela nevyužitelné půdy přeměnit v pestrou mozaiku rybníků a vysušených polí, které už bylo možné zemědělsky obdělávat. Není divu, že se toto území stalo světoznámým, protože ukazuje, jak lidské zásahy do krajiny nemusí nutně způsobit její devastaci, ale naopak, její zlepšení. Zásahy nejproslulejších z jihočeských rybníkářů, Josefa Štěpánka Netolického (1460 – 1538) a Jakuba Krčína z Jelčan a Sedlčan (1535 – 1604), kteří pochopili, že musí vodu v krajině udržet, a sice na místech, které ji sami určí tak, aby nemohla lidem škodit, mohou sloužit jako příklad všem dnešním vodohospodářům.



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 6.4. Renesanční alchymie a voda

Vlámský lékař Jan Baptista van Helmont (1577 – 1644) se proslavil svým experimentem s vrbou. Do kameninové nádoby zasadil vrbu o váze přesně 5 liber, váha suché hlíny v nádobě byla 200 liber. Nádobu zakryl, aby se na ni neusazoval prach a denně ji zaléval. Po pěti letech vrbu vykopal a zvážil, vysušil i zeminu v nádobě a zvážil, a učinil závěr: zeminy v podstatě neubýlo (jen nepatrně), proto veškerý přírůstek hmotnosti vrby musel přijít z vody, která se nějak přeměnila na vrbové větve, pruty a listy. Odmítl proto jak novou, renesanční Paracelsovu teorii tří prvků (rtuť, síra, sůl), tak i Aristotelovu teorii čtyř živlů (voda, oheň, země, vzduch) a vrátil se k teorii Thaletově (podstatou světa je voda).

Protože si uvědomoval význam vzduchu při tomto pokusu, začal zkoumat nejenom jej, ale současně i to, co alchymisté v jeho době označovali termínem „spiritus“, tj. výpary, vůně, pachy apod. Protože podle řecké kosmologie povstala příroda se svým řádem a svými zákony z chaosu a chování vzduchu bylo podle van Helmonta dostatečně chaotické, začalo se slovo „chaos“ používat mnohem častěji než dříve. Protože se ve vlámštině „ch“ vyslovuje téměř jako „k“, vzniklo ze slova „chaos“, resp. „kaos“ a „kas“ postupně slovo „gas“, kterým se označuje plynné skupenství v mnoha západoevropských jazycích.

Díky van Helmontovi a jeho pokusu s vodou a vrbou začal výzkum plynů a jejich vlastností, což pro formování moderní chemie mělo zásadní význam.

## 7. Spodní voda v dolech, objev atmosférického tlaku

### 7.1. Důlní „vodní umění“

Technický problém představovala voda v dolech. Jak se totiž horníci spouštěli do stále větších hloubek, setkávali se stále častěji se spodní vodou, která jejich dílo a je samotné neustále ohrožovala. Nejhlubší místa v dolech, která byla stále zatopena vodou, si tak vyžadovala téměř neustálé vysušování. Pro provoz těchto hlubinných šachet bylo důležité „vodní umění“ – tj. způsob, jak vodu odčerpávat. Nejstarší způsoby odstraňování vody se příliš nelišily od nabírání vody ze studní. Protože však byly doly spodní vodou zatopeny poměrně rychle, musel být vyvinut dokonalejší způsob odstraňování vody. Nejběžnější bylo vodní kolo, obsahující dvojité řetěz, na který byly připevněny kožené vaky nebo plechové

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

konve. Tento řetěz byl připevněn ke hřídeli a hnacímu kolu – tím se točilo (budto zvířata nebo lidé), otáčela se hřídel a tím i řetěz s vaky či konvemi – na dně šachty se do nich nabírala voda a nahoře do připravených odtokových žlabů se vylévala. Ale už v polovině 16. století byla běžná pístová čerpadla, která měla sehrát velmi významnou technickou roli.

### 7.2. Pístové čerpadlo

Pístová čerpadla byla tvořena trubkou, která zasahovala až na dno šachty. V této trubce byl píst, který relativně dokonale těsnil. Tento píst, byl-li pod vodou a potom zvedán, táhl za sebou sloupec vody až do výšky kolem deseti metrů (jeho činnost se tak podobala jakési obrovské injekční stříkačce). Pochopitelně, pokud bylo nutné čerpat vodu do větších výšek (vždyť v Kutné Hoře při dobývání stříbra bylo již počátkem 15. století dosaženo při dolování hloubky 600 m, což bylo tehdy patrně nejvíce na světě), musely se napojovat jednotlivá čerpadla nad sebe, čímž se důlní dílo značně komplikovalo.

Již nemocný a slepý Galileo Galilei (1564 – 1642) pověřil jednou svého studenta Jana Evangelista Torricelliho (1608 – 1647), aby prozkoumal fungování těchto pístových čerpadel. Sloupec vody, který byl tažen pístem dokonale přiléhajícím ke stěně roury, by měl být podle jeho představ tažen do libovolné výše. Jenomže znalci vodních staveb věděli, že čerpání vody je omezeno výškou 10 metrů. A právě Torricelli měl prozkoumat proč.

### 7.3. Torricelliho výzkum

Stavět pokusné zařízení bylo nepraktické a náročné, protože by muselo být na výšku kolem deseti metrů a udržet v celém tomto potrubí dané podmínky, zabránit průsakům, eliminovat netěsnosti apod. bylo v podstatě nemožné. Proto Torricelliho v roce 1643 napadlo použít těžší kapalinu, aby výška sloupce nemusela být tak velká, a protože jinou neznal, použil rtuť. Vzal přes metr dlouhou trubici, na jednom konci zatavenou a celou ji naplnil rtuťí. Otevřený konec vložil do velké nádoby se rtuťí tak, aby v rtuťové trubici nebyla ani bublinka vzduchu a tuto trubici postavil svisle zataveným koncem vzhůru tak, že spodní konec zůstal ponořen do rtuťi. Tento pokus opakoval mnohokrát, ale vždycky dospěl k přibližně stejnému závěru. Rtuť částečně vytekla a nahoře v trubici vznikl volný prostor. Co v tom volném prostoru bylo, když tam nic nemohlo proniknout? Nic, tedy vakuum.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



GYMNÁZIUM ZLÍN  
LESNÍ ČTVRTĚ

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Od antiky až po tyto Torricelliho pokusy učenci tvrdili, že příroda má z prázdnoty strach (horor vacui) a že jakákoliv prázdnota je obsazena hmotou dřívě, než vlastně může vzniknout. Najednou se ale ukázalo, že strach přírody ze vzduchoprázdna je jaksí omezen. Výška rtuťového sloupce v trubici se ustalovala ve výšce přibližně kolem 76 cm. Proč je strach přírody z vakua takto omezený? Čím je to dáno? Pokud měl Torricelli na tyto otázky odpovídat a nechtěl použít žádných nadpřirozených sil, pak mu zbylo jediné. Není to žádná mystická „síla vakua“, která nasává rtuť do trubice a snaží se o to, aby pokud možno vakuum nevzniklo, ale tlak vzduchu, který rtuť vtlačuje dovnitř trubice. Protože tento tlak vzduchu není nekonečně velký, tak nevyžene rtuť do libovolné výšky, ale jenom do výšky kolem 76 cm. Voda má více než desetkrát menší hustotu než rtuť, proto ji tlak vzduchu dokáže vytlačit do výšky více než desetkrát větší, než tomu bylo v případě rtuti. Tuto výšku lze určit z rovnice pro hydrostatický tlak vody  $p = \rho h g$ , tedy  $h = p / \rho g$ , což po dosazení dnešních jednotek dává výšku  $h = 100\,000 \text{ Pa} / 1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 10,2 \text{ metrů}$ .

Při mnohonásobném opakování tohoto pokusu si Torricelli všiml, že tlak vzduchu je proměnlivý a že výška sloupce rtuti je vhodná pro jeho zjišťování. Toto je podstatou barometru, zařízení na měření atmosférického tlaku.

Díky spodní vodě v dolech a pístovým čerpadlům tak byl objeven atmosférický tlak a člověkem bylo poprvé v zatavené trubici vytvořeno vakuum. Protože hodnota atmosférického tlaku byla překvapivě velká, vznikly první rozumné úvahy o konstrukci motorů, které by mohly být poháněny tlakem vzduchu. Teorie plynů a tlakových poměrů v uzavřených nádobách pak vedly k technickým aplikacím, jejichž prvním vrcholem byla konstrukce funkčního parního stroje, který se zase neobešel bez vody, resp. vodní páry.

## 8. Výzkum tepla a plynů v době osvícenské

### 8.1. Teploměry a kalorimetr

Osvícenství je doba, která přírodovědným výzkumům přála, protože mnozí evropští panovníci poznali, že objevy přírodovědců lze s výhodou využívat. Pravda, týkalo se to hlavně fyzikálních oborů, ale na počátku 19. století byly definitivně potlačeny alchymistické teorie první atomovou teorií vedoucí ke vzniku moderní chemie. Velmi inspirujícími se v této době



evropský  
sociální  
fond v ČR



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

stala též díla přírodovědců, kteří se zabývali tehdy tak záhadným teplem. Přestože představy o teple byly více než mlhavé, dokázal skotský profesor Joseph Black (1728 – 1799) zabývající se měřeními obsahu tepla v látkách sestrojil funkční kalorimetr. Při svých výzkumech se mohl opřít o technickou novinku z počátku 18. století – teploměr. Jako první sestrojil rtuťový teploměr Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736), rodák z Gdaňska, syn německých rodičů. Za první referenční bod označil teplotu směsi vody, ledu a salmiaku, při níž ledu ani nepřibývá ani neubývá ( $0^{\circ}\text{F}$ ) a druhým bodem byla teplota zdravého lidského těla ( $100^{\circ}\text{F}$ ). V této teplotní stupnici pak tání ledu odpovídala teplota  $30^{\circ}\text{F}$ , která ovšem později byla zpřesněna na  $32,2^{\circ}\text{F}$  a teplota lidského těla pak na  $98,6^{\circ}\text{F}$ . Této stupnice se užívá, zejména v USA, dodnes. Jinou teplotní stupnici vytvořil v roce 1742 Anders Celsius (1701 – 1744), švédský profesor astronomie na univerzitě v Uppsale. Teplota varu vody byla označena jako  $0^{\circ}\text{C}$  a teplota tání ledu jako  $100^{\circ}\text{C}$ . O tři roky později jeho krajan, tvůrce botanické taxonomie Carl von Linné (1707 – 1778) „otočil“ tuto stupnici do dnešní podoby. Celsiova teplotní stupnice se ukázala tak vhodnou, že se používá dodnes, i když stupeň Celsiův není jednotkou soustavy SI.

## 8.2. Objev vodíku a kyslíku

18. století však bylo též obdobím, kdy se přírodovědci věnovali i výzkumu plynů. Tehdy módní „flogistonová teorie“ se snažila vysvětlit podstatu hoření a měla značné ambice nahradit „padlou“ alchymii. Velkých objevů na tomto poli dosáhl již zmíněný Joseph Black, a dále Henry Cavendish (1731 – 1810), který se zabýval vodíkem a prozkoumal jeho vlastnosti, Joseph Priestley (1733 – 1804) zkoumajícího kyslík a Antoine Lavoisier (1743 – 1794), popravený během jakobínského teroru, který tím, že vytvořil moderní oxidační teorii hoření, jednou provždy vyvrátil flogistonovou teorii a položil tak základy dnešní chemie.

K definitivnímu pádu alchymie přispěla i „synteticky“ připravená voda, vzniklá spálením vodíku. Tato reakce jednoznačně prokázala, že voda nemůže být prvkem, protože je složená z jiných elementů, a sice z vodíku a kyslíku. Flogistonová teorie tak byla vyvrácena rozpoznáním významu jedné ze složek vody – kyslíku při hoření, spalování a oxidaci.

## 9. Parní stroj – voda a pára

### 9.1. Princip parního stroje

Princip parního stroje je z dnešního pohledu prostý. Plyn (resp. vodní pára) koná práci, pokud pohybuje pístem ve válci směrem vzhůru (tento pohyb pak lze vhodnými převody přeměnit na pohyb otáčivý). Aby byla konána práce trvale, musí být buď válec nekonečně dlouhý, nebo se plyn po nějaké době musí vrátit do původního stavu. První možnost je nerealizovatelná, takže je nutné, aby plyn pracoval cyklicky a vždy se po nějaké době vrátil do výchozího stavu. Jenomže jak? Píst se může tlakem plynu pod ním pohybovat vzhůru a konat práci, ale pak je nutné zase jej „zamáčknout“ zpět dolů, přičemž je nutné vynaložit tolik energie, kolik ji pracující píst vyprodukoval. Zisk není proto žádný. Změna ovšem nastane, pokud plyn (vodní páru) pod pístem ochladíme, protože pak se pára změní na kapalnou vodu, která má výrazně menší objem, a proto píst „spadne“ dolů samovolně, aniž by k tomu vyžadoval dodání energie. Po dalším zahřátí vody se ta změní opět v páru a nutí píst ve válci stoupat a po ochlazení a zkapalnění páry pak píst bude zase klesat a to se může opakovat po celou dobu, kdy stroj pracuje.

### 9.2. Konstrukteři parního stroje

Parní stroj, tento největší technický vynález 18. století však v žádném případě nebyl zkonstruován naráz v jednom okamžiku, spíše byl drobnými inovacemi zlepšován po více než sto let, než se stal univerzálním zdrojem energie. Navíc existuje několik typů – nízkotlaký parní stroj, kdy pod pístem vzniká vakuum (resp. podtlak) a píst je tlačěn dolů tlakem vzduchu a stroj vysokotlaký, kdy je píst tlačěn vzhůru tlakem páry, který je pod ním větší, než je tlak atmosférický. Vysokotlaký parní stroj byl nebezpečnější, protože při jeho roztržení byly ohroženy životy a zdraví obsluhy. Klade proto velké nároky na kvalitu oceli, z níž je vyroben. Je ale rozměrově menší než nízkotlaký stroj, proto se hodí jako pohon dopravních prostředků (např. lokomotiv nebo parníků). Dokonalé ovládnutí jeho výroby ale spadá až do 19. století.



### INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nízkotlaký parní stroj vzhledem k bezpečnějšímu provozu byl vyráběn dřívě. Protože se nehodí k využití v mobilních prostředcích, zůstalo jeho použití omezeno na tovární haly, kde sloužil jako pohon čerpadel, obráběcích strojů, tkalcovských stavů apod.

S vývojem parního stroje jsou spojeni Francouz Denis Papin (1647 – 1712), Angličani Thomas Savery (1650 – 1715), Thomas Newcomen (1664 – 1729), a konečně skotský rodák James Watt (1736 – 1819), který přišel s rozhodující inovací, a sice se samostatným kondenzátorem, aby pára mohla kondenzovat mimo válec a ten se díky tomu neochlazoval. Úspora paliva byla až neuvěřitelných 70%, proto právě Watta dnes považujeme za objevitele parního stroje.

První prakticky použitelný „zdroj síly“ pro dopravu i vznikající průmysl by byl nemyslitelný bez vody. Teprve později byl zkonstruován spalovací motor, v němž se využívala přímo energie spalných plynů. Ale to už je jiná historie.

### 9.3. Vznik termodynamiky

Parní stroj ovšem neměl důsledky pouze technické, ale rozhodujícím způsobem ovlivnil i teorii. Po každé jeho inovaci došlo vždy k dalším úsporám paliva, takže zcela přirozeně vznikla otázka, jaká je teoreticky nejvyšší možná účinnost tohoto stroje. Následující úvahy týkající se tepla už byly podstatně subtilnější než v dřívějších dobách. Benjamin Thompson (hrabě Rumford) (1753 – 1814) systematicky zkoumal vznik tepla třením a když pod vodou vrtal hlavně děl obzvláště tupým vrtákem a podařilo se mu ji přivést až k varu, prohlásil, že teplo nemůže být nic jiného než to, co se do oceli vrtáním přivádí, a sice jistá forma pohybu. Francouzský technik Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832) poté, co se seznámil s parním strojem, začal vymýšlet jeho fyzikální model. Výsledkem jeho úvah bylo to, co dnes označujeme jako Carnotův cyklus a z něj plynoucí všeobecně známý závěr, že účinnost parního stroje závisí pouze na rozdílu teplot horké a ochlazené páry (nebo vody). Tato fakta v dalších letech vedla k vytvoření kinetické teorie plynů a moderní termodynamiky jako prvních oborů formující se fyzikální chemie. Bohužel Carnot se na dalších objevech podílet nemohl, protože předčasně zemřel na cholera.

Dnes fyzikové plným právem říkají, že věda vděčí parnímu stroji za víc než parní stroj vědě.

## 10. Výzkum vlastností vody a roztoků v 19. století

### 10.1. Elektrolýza vodných roztoků

Význam vody byl nezastupitelný i v případě výzkumu elektrické vodivosti. Výzkum elektrických vlastností roztoků je spojen se jmény Humphry Davy (1778 – 1829) a Michael Faraday (1791 – 1867). Zatímco Davy objevil elektrolýzu a díky ní i některé alkalické kovy, Faraday, který se zaměřil na kvantitativní stránku elektrolýzy, zformuloval roku 1834 základní zákony elektrolýzy.

Vodivost roztoků byla zkoumána i v dalších letech. Německý fyzik Johann Wilhelm Hittorf (1824 – 1914) zjistil roku 1853, že různé ionty jsou při elektrolýze různě rychlé a jeho krajan Friedrich Kohlrausch (1840 – 1910) zjistil (1886), že se ionty při elektrolýze pohybují nezávisle na sobě a, což bylo obzvláště překvapivé, vodivost roztoku se v jistých mezích nezmenšuje se snižující se koncentrací elektrolytu. Toto zjištění bylo v přímém rozporu s tehdejšími představami o chování roztoků a vzbudilo tak samozřejmě velkou pozornost.

### 10.2. Osmotický tlak

Osmóza je jev, kdy přes polopropustnou membránu může pronikat voda jako rozpouštědlo, ale nikoliv rozpuštěná látka, což se na té straně membrány, kam voda pronikala, projevovalo zvýšením tlaku (tzv. osmotického). Byla objevena už roku 1748, ale odvodit souvislost mezi koncentrací roztoku a osmotickým tlakem se hodně dlouho nedařilo. Úspěšný byl ale teprve roku 1885 první nositel Nobelovy ceny za chemii Jacobus Henricus van't Hoff (1852 – 1911), když na roztoky aplikoval stavovou rovnici ideálního plynu (!!). Neuvěřitelné, že? Na první pohled naprostý nesmysl, ale pokud vyjdeme z analogie v chování částic plynu a částic rozpuštěné látky zjistíme, že stavová rovnice plynu by mohla vyhovovat i roztokům. Jestliže se totiž plyny mohou rovnoměrně a pravidelně rozptylovat v celém prostoru, který mají k dispozici, tak toto chování je vlastní i rozpuštěným látkám v roztoku. Ty se přece také mohou rovnoměrně a pravidelně rozptylovat v celém objemu roztoku, který mají k dispozici. Proto van't Hoffa napadlo, že běžný tlak plynů je možné nahradit osmotickým tlakem u roztoků, takže pokud rovnici  $pV = nRT$  dělíme objemem  $V$ , dostaneme vztah osmotického tlaku  $p$  a molární koncentrace  $c$  roztoku:  $p = cRT$ . Tento vztah se ukázal být nesmírně užitečným.



evropský  
sociální  
fond v ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### 10.3. Arrheniova disociační teorie

Van't Hoff tak mimo jiné prokázal, že tlak par rozpouštědla nad roztokem je nižší než nad čistým rozpouštědlem a tento poznatek využil profesor chemie v Grenoblu, Francouz Francois Marie Raoult (1830 – 1901). Ten objevil, že relativní snížení tlaku par nad roztokem je úměrné koncentraci roztoku. Na základě tohoto objevu byly rozpracovány metody, jimiž bylo možné určovat molární hmotnosti rozpuštěných látek (ebulioskopie využívající zvýšení teploty varu roztoku oproti čistému rozpouštědlu a kryoskopie využívající snížení teploty tuhnutí roztoku ve srovnání s teplotou tuhnutí čistého rozpouštědla).

Věc ovšem měla háček. Van't Hoffovy a Raoultovy závěry platily pouze pro roztoky neelektrolytů (prakticky pro roztoky organických látek, např. cukrů) a to ještě pro velké zředění. Analogické závěry pro roztoky elektrolytů, bohužel, neplatily. Van't Hoff se sice pokoušel modifikovat vztahy týkající se neelektrolytů tak, aby byly platné i pro elektrolyty, ale úspěšný nebyl.

Proč platí závislosti odvozené van't Hoffem a Raoultem pouze pro neelektrolyty a neplatí pro elektrolyty, vysvětlil Svante August Arrhenius (1859 – 1927). Ten v roce 1887 vyslovil předpoklad, že při rozpouštění se elektrolyty (tj. soli, kyseliny i hydroxidy) rozpadají na elektricky nabitě částice – ionty (dříve se věřilo, že ionty vznikají teprve po zavedení elektrického proudu). Tato disociační teorie elektrolytů znamenala převrat v chápání toho, co se děje při rozpouštění. Dnes se v hodinách chemie všichni učíte psát disociaci látek na ionty při rozpouštění a všem by to mělo připadat jako samozřejmost, ale v závěru 19. století to taková samozřejmost nebyla. Arrheniova teorie byla velice brzy přijata a poté postupně zpřesňována.

První aplikací disociační teorie byla teorie kyselin a zásad jako vůbec první širší teorie pokoušející se vysvětlit jednu velkou skupinu reakcí. Arrhenius vyslovil názor, že kyseliny jsou ty látky, které při disociaci ve vodě vytvářejí kation  $H^+$  a zásady jsou látky, které při disociaci vytvářejí anion  $OH^-$ . Reakci mezi kyselinami a zásadami pak vysvětloval jako reakci obou iontů za vzniku molekuly vody  $H_2O$ . Tato teorie umožňovala vyjádřit kyselost a zásaditost kvantitativně, zejména poté, co roku 1909 zavedl Soren Peter Lauritz Sorensen (1868 – 1939) veličinu pH. Přestože se disociační teorie osvědčila, byla teorie kyselin a zásad dále upravována tak, aby byla co nejobecnější. Teorií vzniklo více než 20, na střední škole je ještě





evropský  
sociální  
fond v ČR



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

známá teorie dánského chemika Johanna Bronsteda (1879 – 1947) z roku 1923, podle které jsou kyseliny dárce (donory) kationtu  $H^+$  a zásady jeho příjemci (akceptory).

# 11. Výzkum vody ve 20. a 21. století

## 11.1. Těžká voda

Po objevu radioaktivity byl objeven i těžký vodík a s ním i těžká voda  $D_2O$  obsahující těžký vodík – deuterium (D). Po zjištění, že těžká voda může fungovat jako moderátor (látka zpomalující neutrony při štěpných reakcích), začala se těžká voda ve 30. letech vyrábět průmyslově. Jedinou továrnou v Evropě vyrábějící těžkou vodu byl od roku 1934 norský „Norsk Hydro“, který se hned na začátku 2. světové války v roce 1940 stal jedním ze zásadních cílů německých vojsk, protože němečtí jaderní fyzikové bádali nad možností zkonstruovat jadernou bombu a těžká voda by jim při pokusech mohla pomoci. Město Rjukan, kde se tato továrna nacházela, bylo v letech 1942 – 1944 místem ostrých bojů, protože i spojenci věděli o významu těžké vody. Továrna byla několikrát vybombardována a na loď odvázející veškerý strategický materiál byl rovněž podniknut spojenecký útok. I tyto skutečnosti přispěly k tomu, že hitlerovské Německo naštěstí nedokázalo jadernou bombu během války zkonstruovat a použít.

## 11.2. Ionizace vody

V roce 1895 objevil Wilhelm Conrad Rontgen (1845-1923) paprsky X, které dnes nesou jeho jméno, a hned v roce následujícím objevil Henri Becquerel (1852-1908) radioaktivní záření. Tyto objevy okamžitě vyvolaly vlnu zájmu, zejména se zkoumalo, jak tato nová záření působí na nejrůznější materiály a tyto výzkumy pokračují prakticky dodnes. Výzkumy tohoto druhu mají svůj význam zejména pro rozvoj jaderných technologií a pro jadernou bezpečnost, a protože většina reakcí (chemických i biochemických) probíhá ve vodě, je ionizace vody (a její mechanismy) středem zájmu radiační chemie.

Ionizace molekul vody (tedy rozklad „normálních“ molekul  $H_2O$  na ionty) je zkoumána i současnou nejmodernější technikou a nových objevů bylo dosaženo zejména po roce 1997. Popsat však závěry „středoškolskou“ řečí je prakticky nemožné, proto musí případní zájemci po maturitě nastoupit příslušné studium (☺).

## 12. Souhrn

Z výše uvedeného plyne, že voda je zcela jednoznačně nejdůležitější látkou na Zemi. Měla význam pro samotný vývoj člověka, protože ovlivnila zejména vývoj termoregulačních mechanismů při přehřívání jeho organismu. Význam vody lidé poznali v době, kdy začínali se zemědělskými aktivitami, voda stála v pozadí vzniku prvních organizovaných civilizací. Voda značně ovlivnila nejstarší antické přírodně-filozofické úvahy a hrála roli při formování křesťanství. Vodou se člověk snažil ovládnout pomocí jednoduché techniky a to vedlo k dalším objevům. Vždyť koho by napadlo, že výzkum obyčejných pístových čerpadel v dolech povede k objevu atmosférického tlaku a následně k sestrojení parního stroje! Inspirující může být i výzkum vlastností roztoků, pochopení osmotického tlaku a dějů probíhajících při rozpouštění látek nebo při elektrolýze.

Připadá vám, že o vodě už víme všechno? Tak zkuste popřemýšlet o tom, jak molekulu vody po vzoru zelených rostlin přeměnit působením slunečního záření na vodík a kyslík. Až se vám to podaří, lidstvo vám postaví pomník, protože konečně bude jednou provždy zažehnaná energetická krize (přesněji řečeno, bude zažehnaná po dobu, co bude svítit slunce).

Pokud nemáte zájem o vědu, zkuste se na vodu dívat pohledem umělce. Výtvarníci mohou obdivovat sněhové vločky, protože jenom těch je nepřeborný počet druhů lišící se svou symetrií. Milovníci filmů nechtě si představují vodu jako kulisu k dramátům typu „Titanic“ nebo „Fukušima“, bezstarostných komedií, jako jsou např. ty ze života francouzských četníků ze Saint Tropez nebo nejrůznějších přírodovědných dokumentů ukazující svět zpoza polárních kruhů, i hurikány sužované oblasti tropického Karibiku. A pro sochaře, architekty či moderní designery: jak navrhovat vodní stavby, mosty, hráze, majáky a jejich výzdobu? Jak mají vypadat, aby byly estetické a přitom funkční? A lze umění využít i při stavbě lodí?

A pokud už o vodě nechcete slyšet vůbec nic, zajedte si v létě o prázdninách k moři, zalehněte na pláž, nechte se uspávat klidným šploucháním vln, když se proberete, tak do nich hupněte, nechte se jimi houpat, mysl nechte bloudit v dálavách jiných světů a relaxujte, protože po uplynulém školním roce si to určitě zasloužíte... ☺

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Použitá a doporučená literatura

1. STRATHERN, Paul. *Mendělejevův sen: putování po stopách prvků*. 1. vyd. v českém jazyce. Překlad Lucie Černá. Praha: BB/art, 2005, 287 s. ISBN 80-734-1543-7.
2. BANÝR, Jiří a NOVOTNÝ, Vladimír R. *Stručné dějiny chemie a chemické výroby*. Praha: SPN, 1986, 146 s.
3. SOMMER-BATĚK, Alexander. *Chemické vynálezy a objevy: po cestách lidstva k ovládnutí hmoty a jejich sil*. Praha: Státní nakladatelství, 1930, 160 s.
4. RAAB, Miroslav. *Materiály a člověk: (netradiční úvod do současné materiálové vědy)*. 1. vyd. Praha: Encyklopedický dům, 1999, 228 s. ISBN 80-860-4413-0.
5. AGRICOLA, Georgius. *Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a hutnictví: Georgii Agricolae De re metallica libri XII / [s použitím českého překladu Bohuslava Ježka a Josefa Hummela z prvního českého vydání z roku 1933]*. 1. české vyd. třetího tisíciletí. Ostrava: Montanex, 2001, 546 s. ISBN 80-722-5057-4.
6. KARPENKO, Vladimír. *Alchymie - dcera omylu*. 1. vyd. Praha: Práce, 1988, 327 s.
7. KARPENKO, Vladimír. *Alchymie: svět pohádek a legend*. 1. vyd. Praha: Academia, 2008, 389 s. Galileo, sv. 19. ISBN 978-802-0015-792.
8. KARPENKO, Vladimír. *Alchymie: nauka mezi snem a skutečností*. 1. vyd. Praha: Academia, 2007, 521 s. ISBN 978-80-200-1491-7.
9. VÁGNER, Petr. *Theatrum chemicum: kapitoly z dějin alchymie*. 1. vyd. Praha: Paseka, 1995, 133 s. ISBN 80-718-5027-6.
10. ALLEAU, René, CANSELIET, Eugene a BARMSKÝ, Huginus. *Aspekty tradiční alchymie*. 2. vyd. Praha: Merkuryáš, 1993, 172 s. ISBN 80-900-0217-X.
11. LEMON, Harvey Brace. *Od Galilea ke kosmickým paprskům: nový názor na fyziku*. Praha: Sfinx, 1937, 449 s.
12. *Bible: Písmo svaté Starého a Nového zákona*. Přeložily ekumenické komise pro Starý a Nový zákon. Praha: Ústřední církevní nakladatelství, 1979, 978 s.
13. BOWKER, John. *Bůh a jeho proměny v dějinách náboženství*. 1. vyd. Praha: Knižní klub, 2004, 400 s. ISBN 80-242-1063-0.
14. NEUBAUER, Zdeněk a ŠKRDLANT, Tomáš. *Skrytá pravda Země: živly jako archetypy ekologického myšlení*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2005, 312 s. ISBN 80-204-1181-X.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



GYMNÁZIUM ZLÍN  
LESNÍ ČTVRŤ

#### INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

15. PATURI, Felix R. *Kronika techniky*. 1. vyd. Praha: Fortuna Print, 1993, 651 s.
16. WESTAWAY, F. *Objevy bez konce: 3000 let zkoumání přírody a světa*. Praha: Fr. Borový, 1937, 553 s. Sběrka ilustrovaných cestopisů a monografií, řada II.
17. LENARD, Philipp. *Velcí přírodozpytci: dějiny přírodovědného bádání v životopisech*. 1. vyd. Praha: Orbis, 1943, 255 s.
18. *Kronika lidstva*. 5. vyd. Praha: Fortuna Print, 1998, 1294 s. ISBN 80-858-7362-1.