Název lekce: Aralské jezero

Autor: Marián Diviš, Střední průmyslová škola, Karviná

Vyučovací předmět	Přírodopis, chemie
Cíle lekce – tematické / obsahové	Na reálném příkladu jsou žáci vedeni k uvědomění, že je potřeba přemýšlet o důsledcích svých činů ještě dříve, než je vykonají. Zamýšlí se, zda člověk dokáže zničit ekosystém plný života. Poznají, že - voda je důležitou součástí přírody; - ekonomický zisk není to nejpodstatnější; - je třeba chránit přírodu a její různé ekosystémy; - dvakrát měř jednou řež. Žáci by měli předem znát základní ekologické pojmy, hlavně ekosystém.
Cíle lekce - badatelské	Žáci kladou otázky, formulují hypotézu, získávají informace, prezentují, vyhodnocují hypotézu, kladou nové otázky.
Testováno na (třída)	9. ročník ZŠ 1. ročník SŠ
Potřebný čas	Dvě vyučovací hodiny
Potřebný prostor a pomůcky	Klasická učebna; každá skupinka má svůj stůl / lavici; skupinky po 3 až 4 žácích pomůcky: data projektor; PC / notebook; flip chart; pastelky; tužky; kalkulačky; PL(Druhá strana pracovního listu = obrázek a vyhodnocení nemusí být součástí pracovního listu. Záleží na typu prezentace, kterou bude učitel od žáků chtít.); klipy; čtvercové sítě. V lekci je použito krátké video o základních faktech. Je bez zvuku (výhoda) a je v angličtině (nevýhoda?). Angličtina je jednoduchá a učitel ji může překládat žákům. Doporučuji v lekci video zastavovati tak, aby žáci měli čas přečíst a spolu překládáme. Video naleznete zde: Video k lekci: https://youtu.be/1x8GyKypWO8. Vzhledem k faktu, že video jako zdroj informací někomu nemusí vyhovovat, lze využít články z internetu nebo časopisů. Lekce se stejným názvem, ale jinak koncipovaná, je na DUMY.CZ a tam je jednoduchý text: Katastrofa Aralského jezera - text. Je v zip souboru! https://uloz.to/!58mV1Yh0QpWx/aralske-jezerobov-zip

Motivace — Čas: 5 minut

Zadejte žákům, ať vypočítají obsah čtyřlístku. Žáci se naučí zjistit obsah plochy pomocí čtvercové sítě. Tvar by měl být jednodušší ale ne pravidelný. Žáci mají přijít na nenáročnou metodu, jak spočítat obsah nějakého útvaru / obrázku pomocí čtvercové sítě.

Kladení otázek — Čas: 12 minut

Přečtěte příběh Bobrustán. Je to příběh s otevřeným koncem. To u žáků vyvolá zvědavost a aktivizuje je ke kladení otázek. Otázky, které žáci vyřknou, pište na flip chart. Hledáme otázku na

téma: *Co se stane, když změníme / narušíme ekosystém. Jak daleko nechá člověk dojít poškozování ekosystému*.

Výběr výzkumné otázky Čas: 5 minut

Aktivita volně navazuje na kladení otázek.
Žáci ať ve skupinách diskutují o tom, která otázka je pro ně „nejdůležitější“ a zda na ni dokáží najít odpověď. Otázku, na které se shodne celá třída, zapíšeme do PL. Pro další popis lekce se hodí pro ověření výzkumné otázky: *Může vést zásah do ekosystému k jeho zničení?* Nebo: *Dopustí člověk zničení ekosystému?* Nebo: *Kam až může vést nevhodný zásah do ekosystému?*

Formulace hypotézy Čas: 5 minut

Vyzvěte žáky, aby na svou výzkumnou otázku zkusili předem odhadnout odpověď. Tedy aby formulovali hypotézu. Zapíší do PL. Např.: Člověk nedopustí úplné zničení ekosystému.
Velký zásah do ekosystému vede k jeho zničení / změně.
Hypotéza nemusí být pro celou třídu stejná. Dokonce je pro lekci vhodné, aby bylo hypotéz více.

Plánování, příprava a provedení pokusu či měření Čas: 30 minut

První část videa o Aralském jezeře (AJ) - 44 sekund.
Angličtina je jednoduchá a učitel ji může překládat žákům. Já v lekci video zastavuji tak, aby žáci měli čas přečíst a spolu překládáme.
Vzhledem k faktu, že video jako zdroj informací někomu nemusí vyhovovat, lze využít články z internetu nebo časopisů. Lekce se stejným názvem, ale jinak koncipovaná, je na DUMY.CZ a tam je jednoduchý text: Katastrofa Aralského jezera - text. Je v zip souboru!

Najdete ho také na: https://uloz.to/!58mV1Yh0QpWx/aralske-jezerobov-zip
Představení AJ.
Každá pracovní skupina obdrží satelitní obrázek AJ z konkrétního roku. Vypočítají, plochu hladiny v daném roce v procentech i v m^2. Zapíší do PL.
V PL a na tabuli / flip chartu bude stejná tabulka. Do té jednotlivé skupiny zapíší své výsledky (% původní rozlohy a m^2 zbývající rozlohy vody).
Pokračování videa o AJ. Žáci si doplní, proč jezero vysychá a jaké důsledky to má.

Prezentace Čas: 15 minut

Žáci si přichystají jednoduchý plakátek s informacemi z videa. Aby byl plakát snadný, je dobré určit, co na něj mají žác iumístit. Např.: velikost plochy jezera v daném roce; kolik to bylo % z původní velikosti; důvody změn a důsledky. Aby mohli vyprávět, pomáhají si PL, ve kterém mají více informací. Skupiny se vzájemně seznámí se svým zjištěním.

Formulace závěrů a návrat k hypotéze Čas: 3 minuty

Každá skupina vyhodnotí hypotézu na základě toho, co se zatím dozvěděli. Pokud má každá skupina jinou hypotézu, tak svou hypotézu přečtou a řeknou, zda ji potvrdili nebo vyvrátili. Je dobré diskutovat, zda informace k potvrzení nebo vyvrácení hypotézy opravdu zazněly.

Hledání souvislostí Čas: 10 minut

Vybídněte žáky, aby si znovu přečetli otázky, které si kladli v úvodu lekce. Nalezli během výzkumu na některou odpověď? Které zůstaly nezodpovězené? Jak bychom mohli odpověď na ně zjistit? Žáci diskutují ve skupinách a nové otázky si zapíší do PL.

Reflexe Čas: 20 minut

Žák do PL napíše jednu informaci, která je pro něj nová a zajímavá a jednu, o které by chtěl vědět víc. Žák si uvědomí, co zažil, co se dozvěděl a vyhodnotí si, jak pracoval a zda se mu lekce líbila.

Příloha č. 1 Text o Bobrustánu

Bobrustán

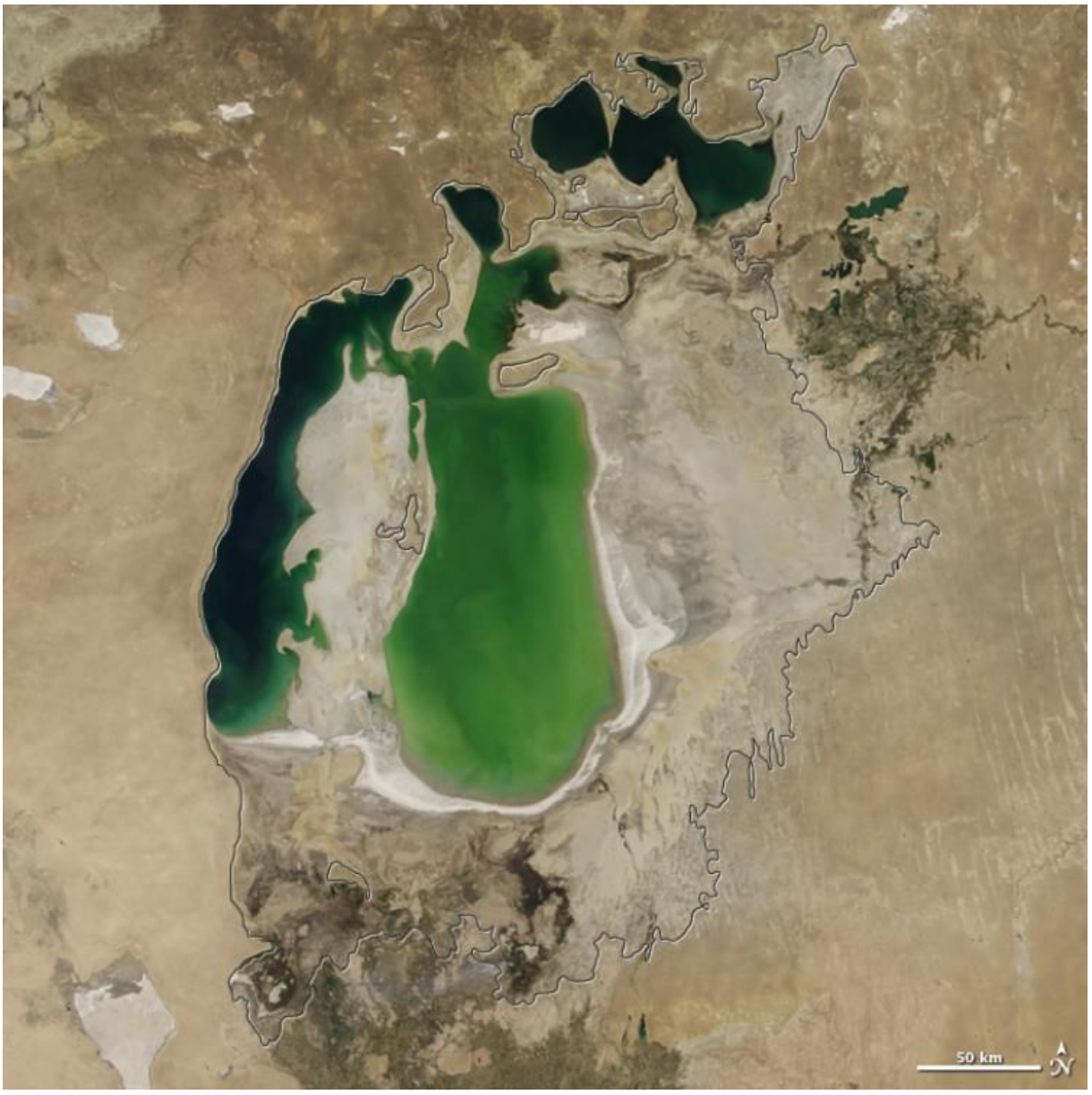
Bylo nebylo malé jezírko. Z jedné strany do ní vtékal malý potůček a jezírko vodu pozdrželo v její pouti. Na protější straně jezírka voda pomaličku odtékala a napájela blízký les. Ten si pochvaloval, že i v dobách bez deště, má vláhy dost. Les prospíval všem stromům, keřům a rostlinám. Proto v něm žila spousta zvířátek.

Jednou k jezírku přišli bobrusové. Pro jeho čistou vodu a nádherné prostředí blízko lesa se jim zalíbilo. Tak se rozhodli, že se v něm usídlí. Ale potřebovali, aby jezírko bylo hlubší. Tak začali porážet stromy a zatarasili odtokový pramínek. Netrvalo dlouho a les přišel o dost stromů. Zvířátka poznala úbytek vody. A tak vyslala delegaci a promluvila si s bobrusy. Ti ale nechtěli nic slyšet, protože měli vody dost. Navíc zvířátkům řekli, že si vytvořili odtoky z jezírka na jiné strany, než kde leží les. Prý tam budou žít další jejich příbuzní. Bobrusové si na odtocích vybudovali další jezírka. K tomu potřebovali další stromy. Ale les byl nedaleko, tak se jim dařilo. A tak se široko daleko kolem jezírka rozhostili bobrusové a vznikl Bobrustán.

Čím více hrází bobrusové stavěli, tím více dřeva potřebovali. A tak les už nebyl u jezírka. Od jezírka ustupoval a ustupoval, až už ho z jezírka nebylo vidět. Na jezírko mnohem více svítilo sluníčko a foukal vítr. Z jezírka se voda začala ztrácet. Bobrusové, které žili na odtocích, měli čím dál méně vody. Proto prohloubili jejich koryta. Jediný přítok byl ale stále stejný, a tak vody více nebylo. Ale bez vody bobrusové žít nemohli.

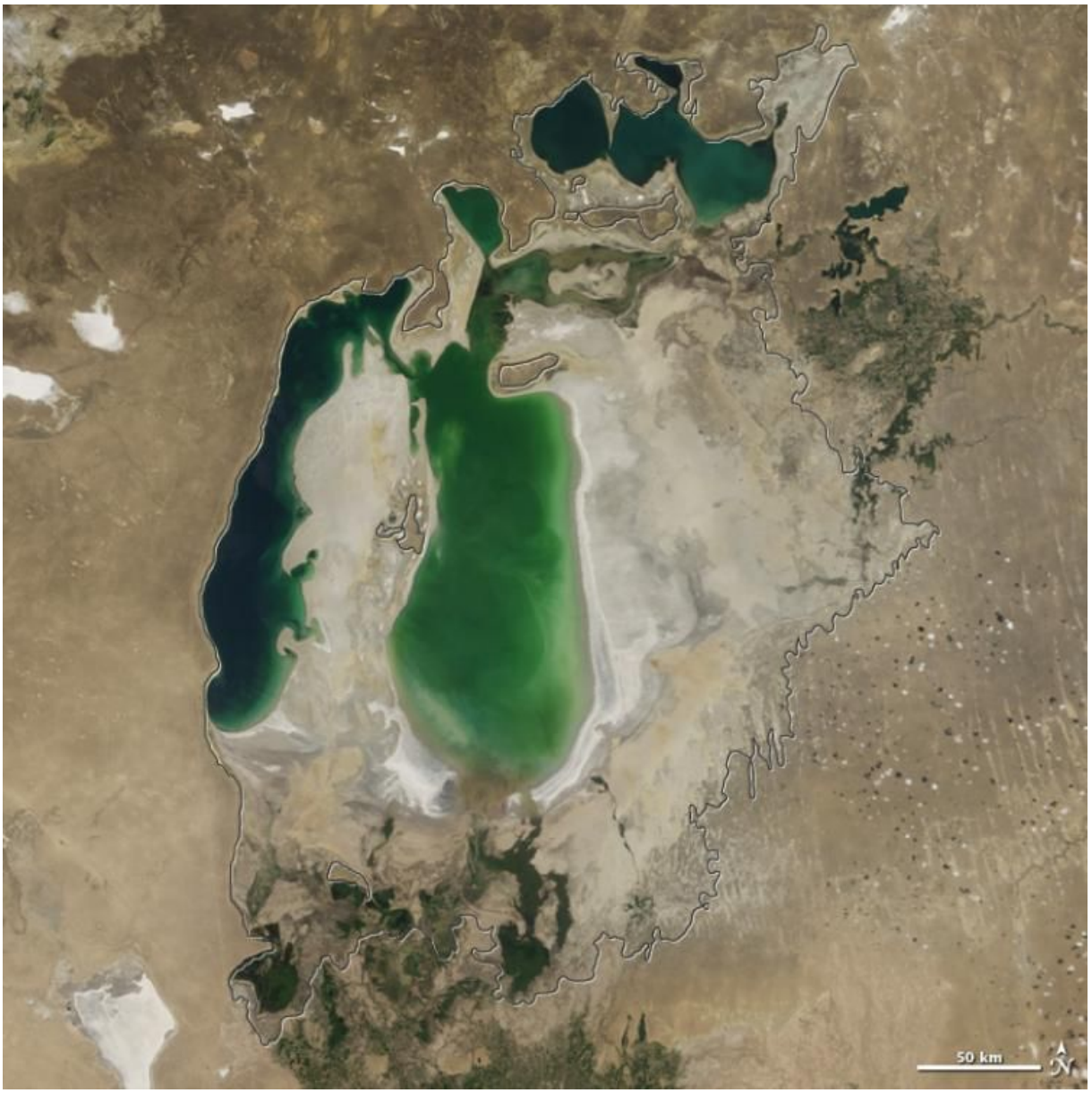
Příloha č. 2 Obrázky AJ - časosběr

rok 2001



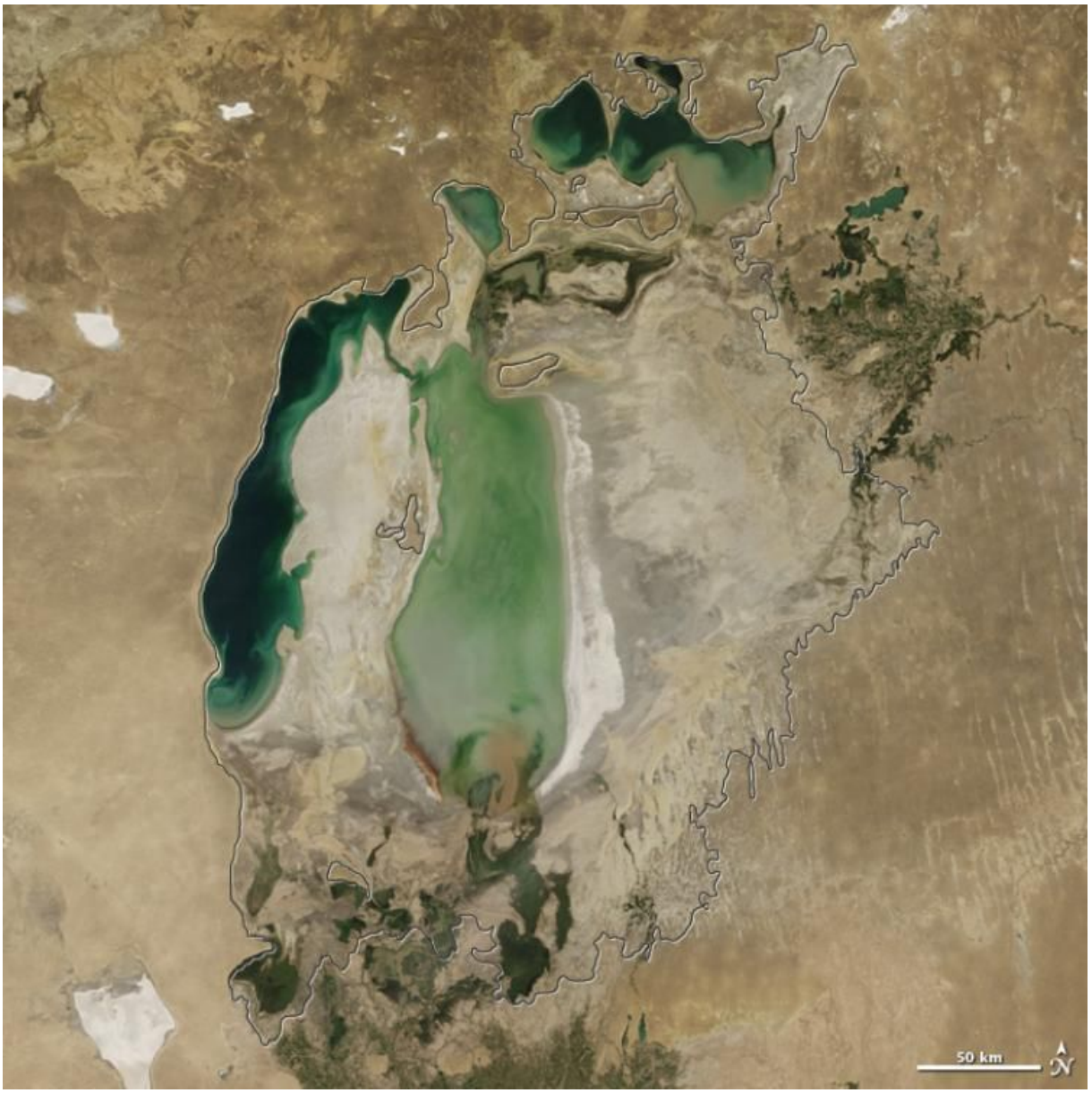
rok 2003

rok 2004

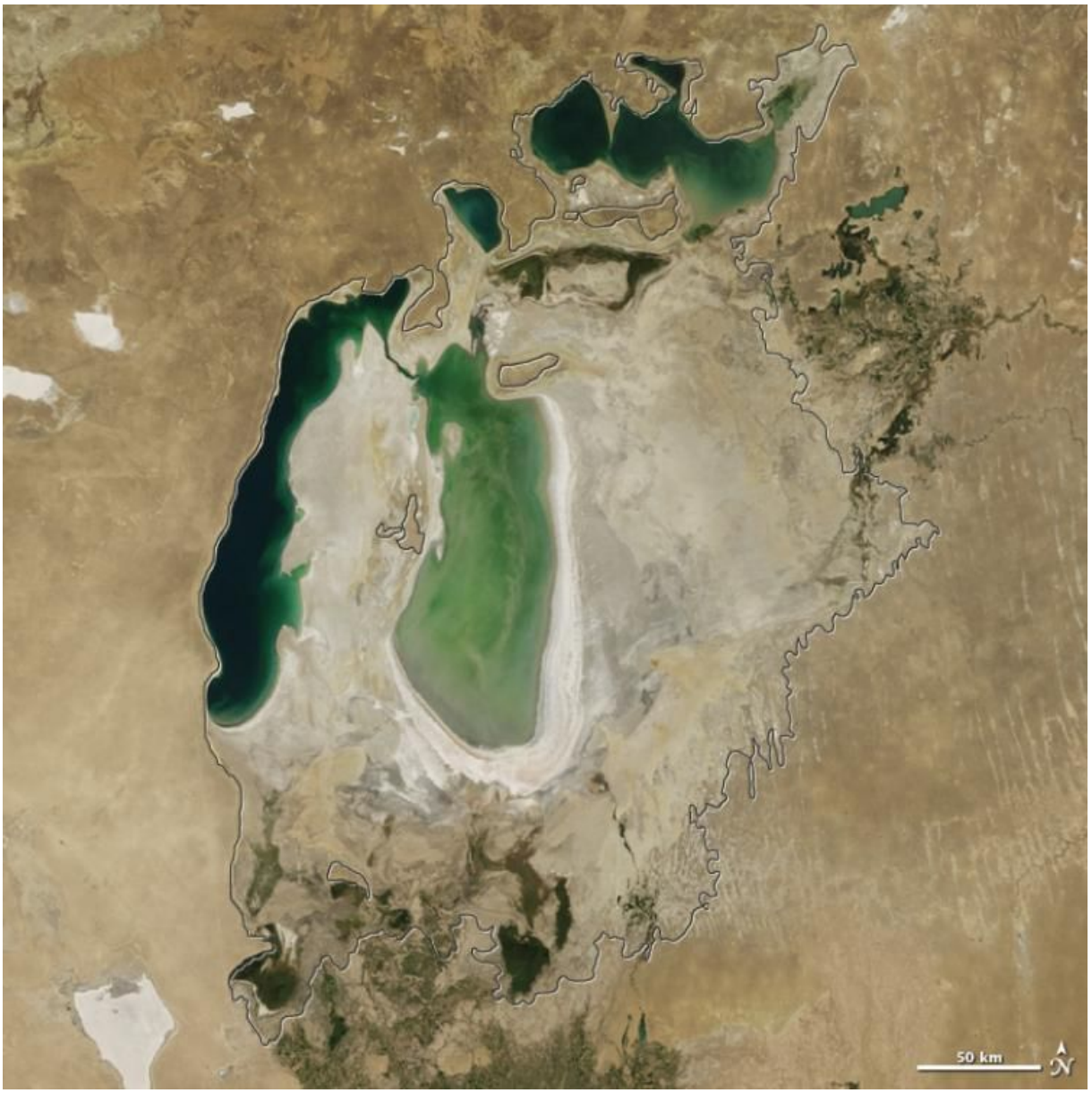


rok 2005

rok 2006



rok 2007

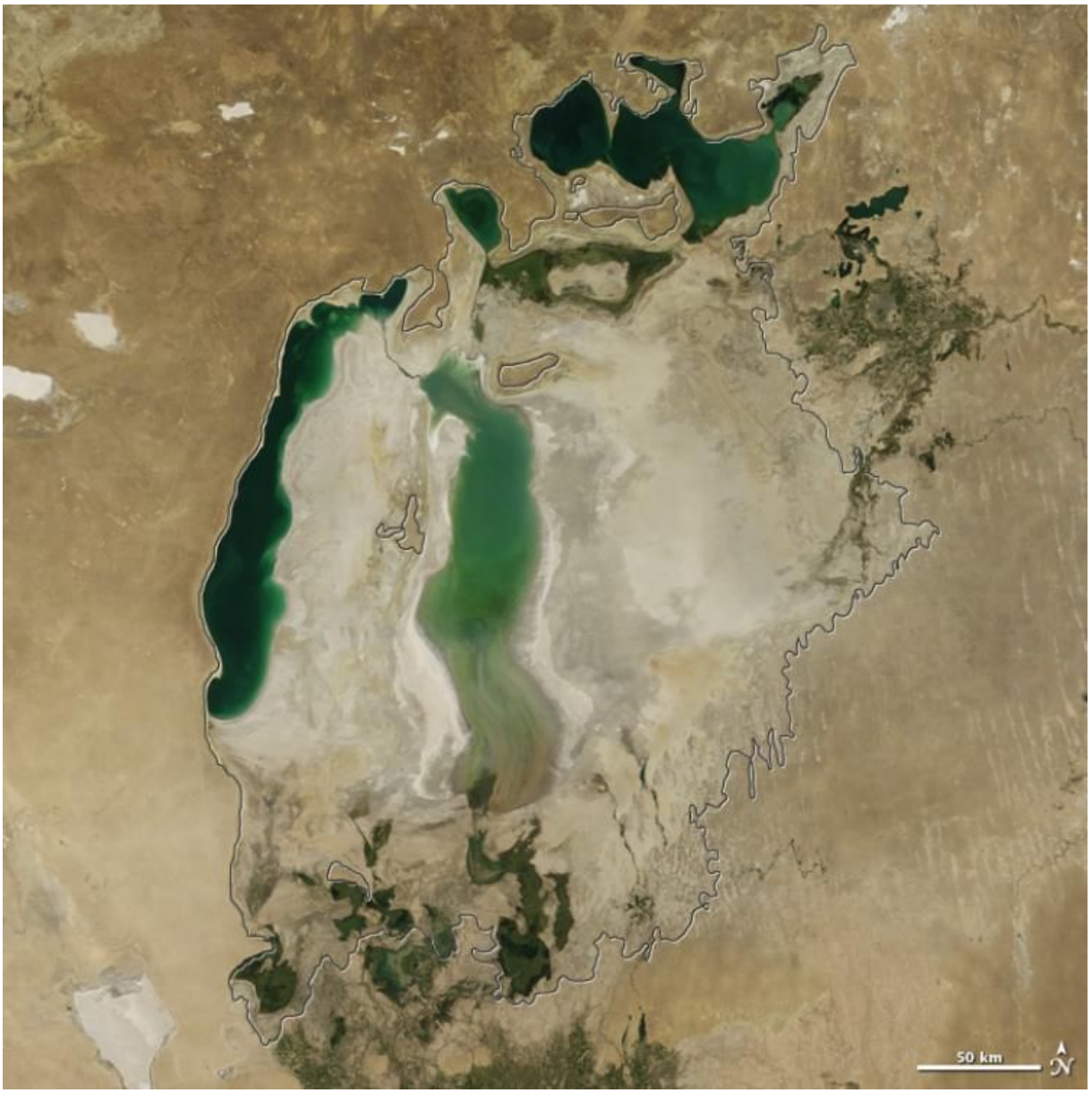


rok 2008

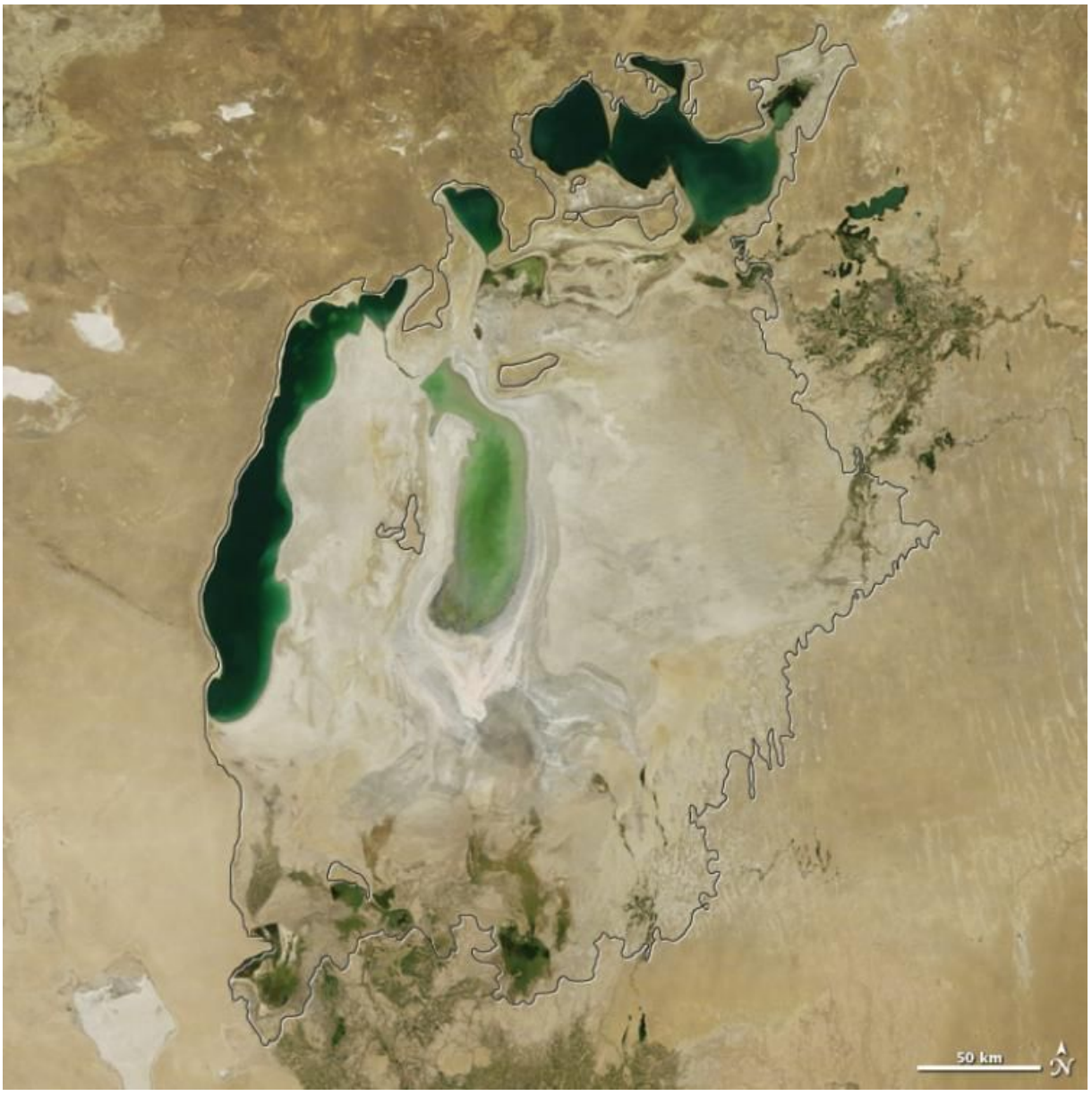
rok 2009

rok 2010

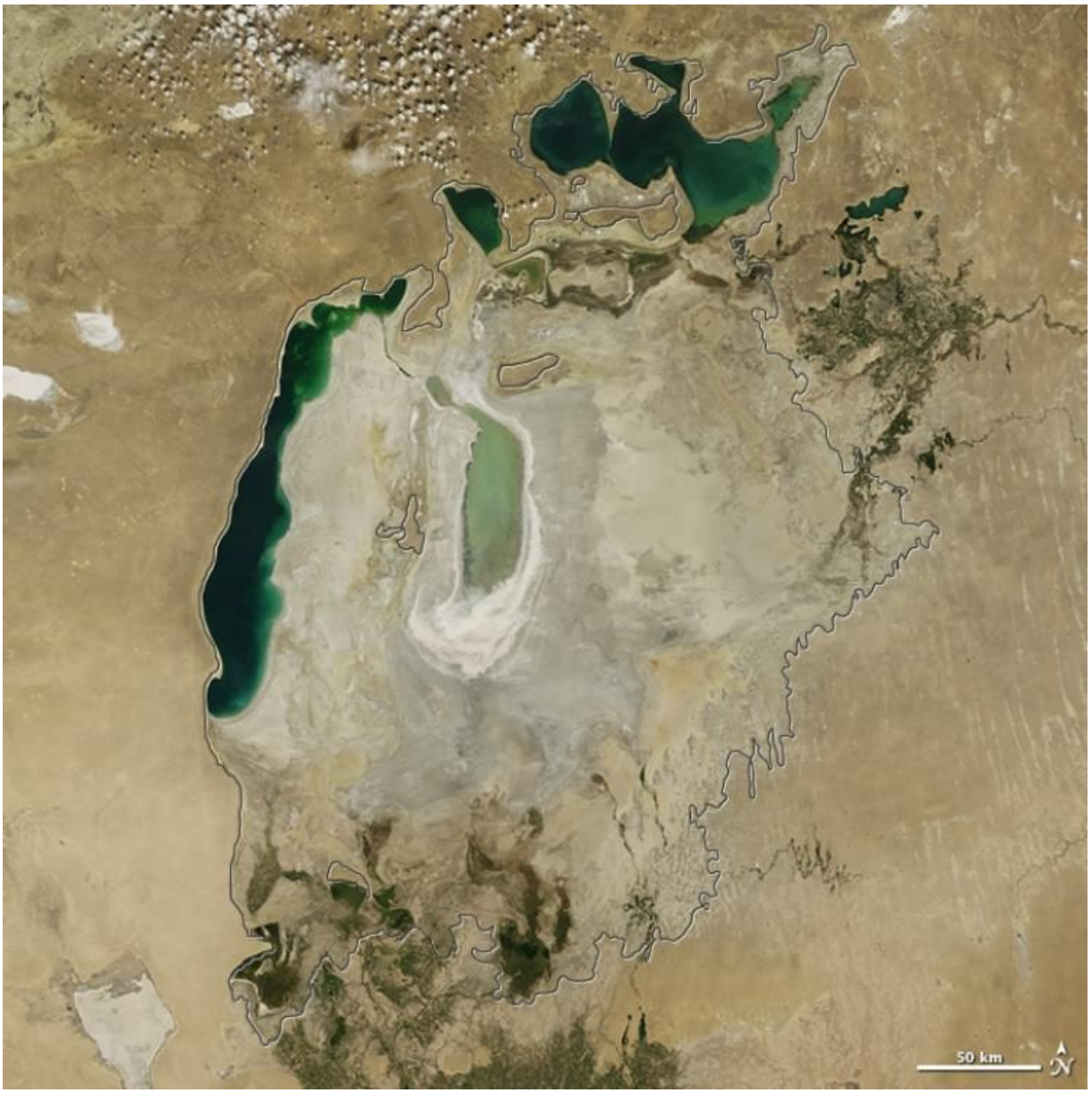
rok 2011



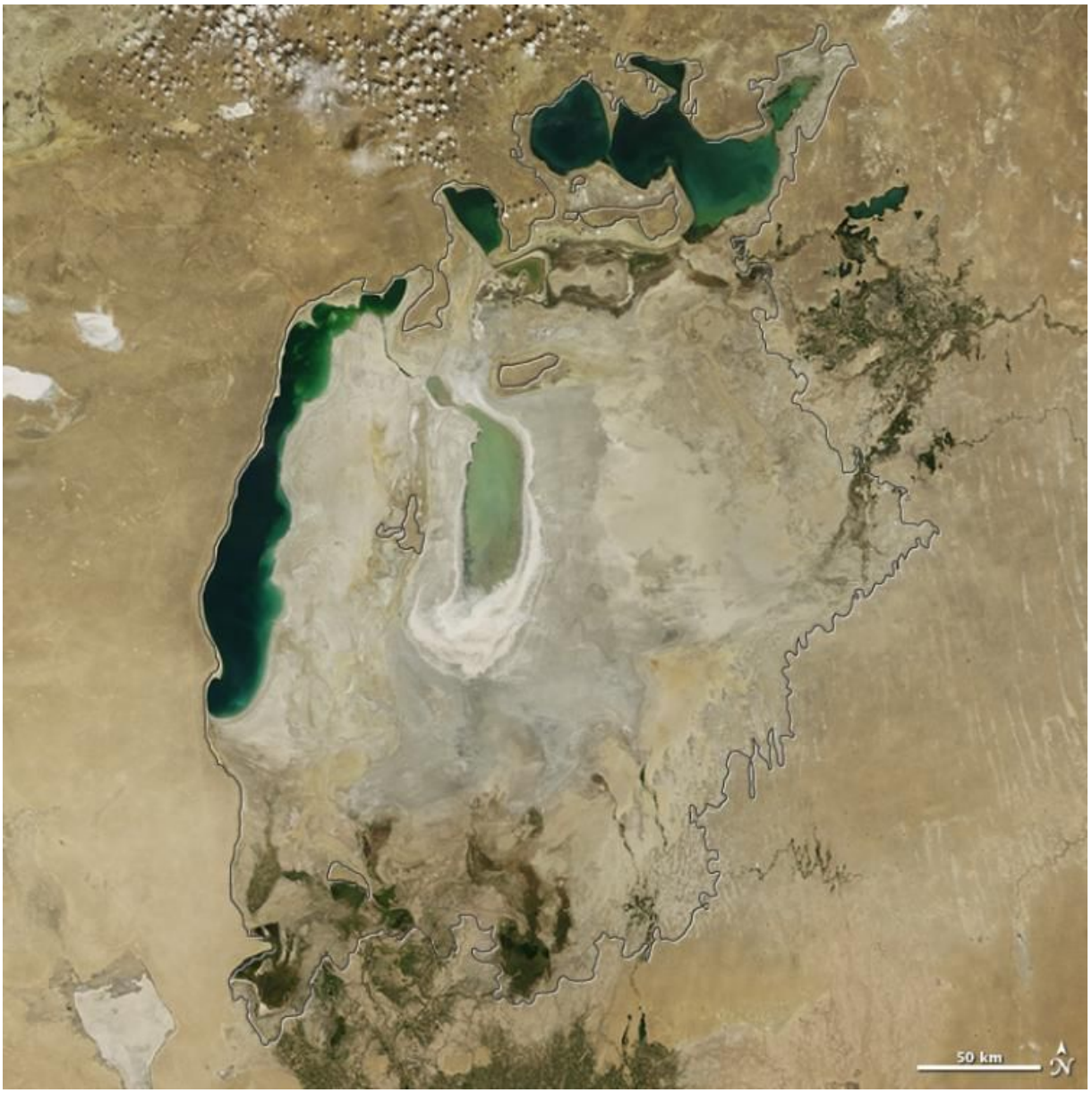
rok 2012



rok 2013



rok 2014

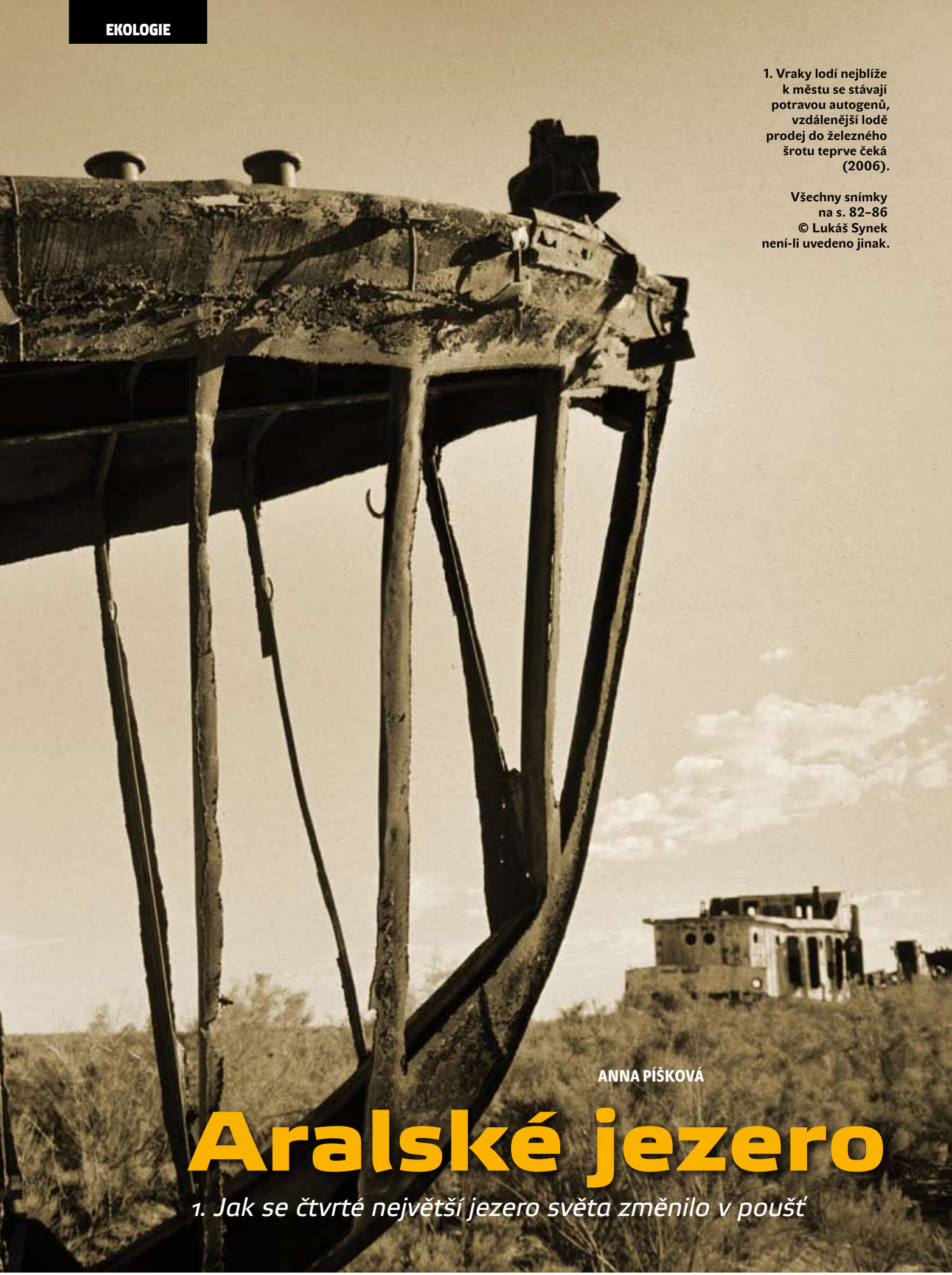


Dále zde najdete:

Příloha č. 3 Článek o AJ z časopisu Vesmír

Příloha č. 4 Text o AJ

Příloha č. 5 PL



1. Vraky lodí nejblíže k městu se stávají potravou autogenů, vzdálenější lodě prodej do železného šrotu teprve čeká (2006).

Všechny snímky na s. 82–86 © Lukáš Synek není-li uvedeno jinak.

ANNA PÍŠKOVÁ

Aralské jezero

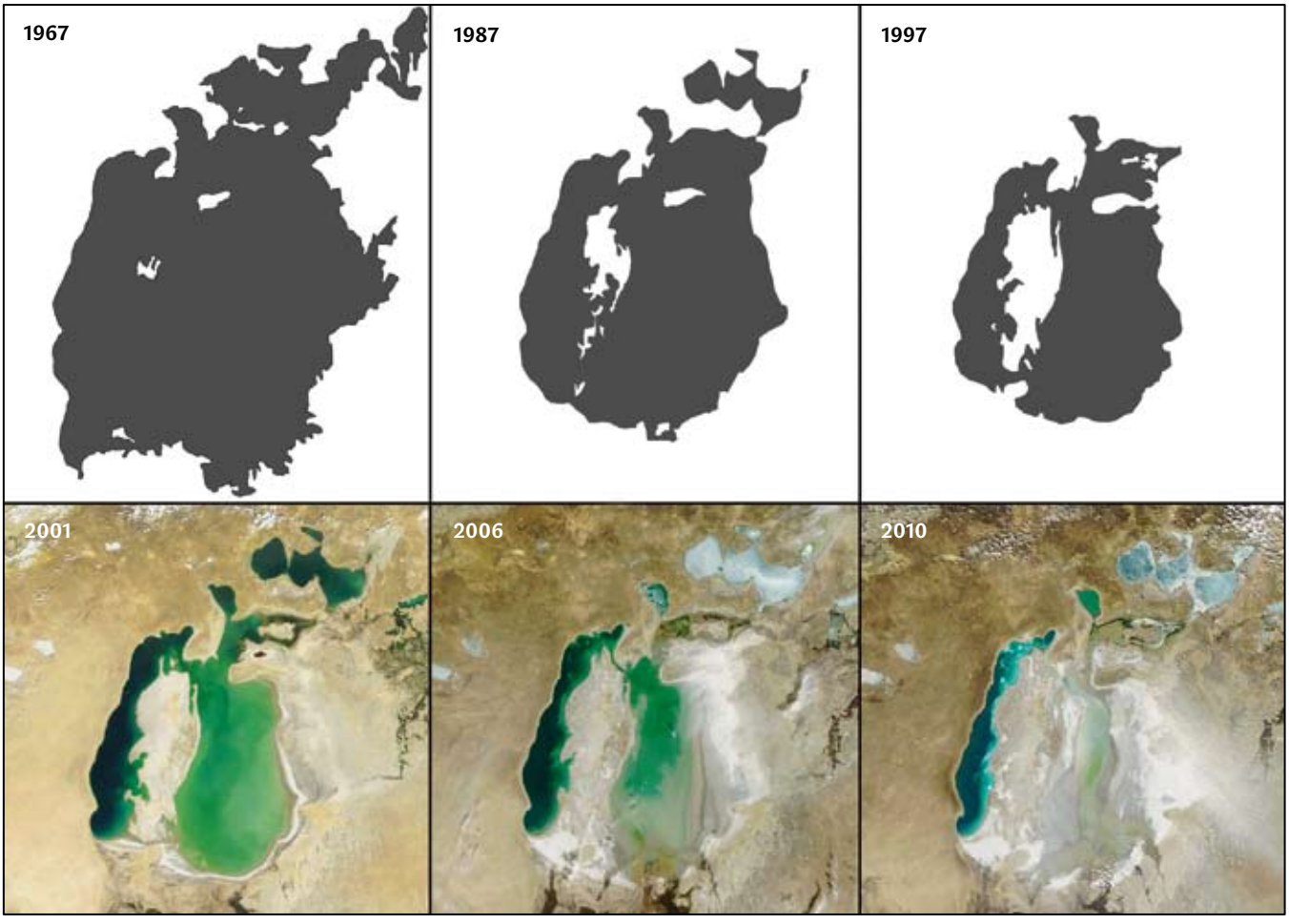
1. Jak se čtvrté největší jezero světa změnilo v poušť

Pohled na rozpadající se lodě ponechané svému osudu desítky kilometrů od současné vodní hladiny Aralského jezera působí mrazivým dojmem a vybízí k zamyšlení: Co se tu vlastně stalo?

Vodní plocha mizí před očima, lodě zůstávají

K vytvoření prvotní představy, co se s Aralským jezerem stalo, postačí satelitní snímky z posledních desítek let (obr. 2 a 3). Vodní plocha na nich mizí před očima, sytou modrozelenou barvu nahrazuje světlejší a světlejší odstín, až zůstává pouze vyschlé pobřeží pokryté vysráženými solemi (Vesmír 70, 223, 1991/4). Jezero se dramaticky zmenšuje od roku 1960 (tab. I, obr. 3 a 5). Z území, které odpovídalo necelým 90 % plochy České republiky, se doslova vypařilo tolik vody, že zbylo jen něco málo přes 20 % plochy ČR. Hladina klesla o více než 25 výškových metrů. Aralské jezero se rozdělilo na tři hlavní vodní plochy – Malý Aral na severu a dvě pánve Velkého Aralu – Východní a Západní. Plocha obou pánví se každým rokem dále zmenšuje, naproti tomu hladina Malého Aralu od r. 2003 mírně stoupá. Příčinou je hráz vybudovaná za účelem jeho záchrany. Díky hrázi Malý Aral odchytává všechnu vodu přitékající jedním ze dvou hlavních přítoků – Syrdarjou. Tím však velmi „ztěžuje život“ Velkému Aralskému jezeru, do kterého doteče pouze voda vypuštěná z přehrady. Jedinou nadějí pro Velký Aral zůstává druhý přítok, řeka Amudarja přitékající z jihu. Nicméně do jezera dlouhodobě doteče sotva desetina říčního potenciálu. Zbylých 90 %

2. Nahoře: Satelitní snímek z r. 2009 se zvýrazněním současných hlavních vodních ploch a přítoků Aralského jezera. Černá linie kolem jezera vyznačuje vodní hladinu z roku 1960. Snímek NASA – MODIS.
3. Dole: Série obrysů a satelitních snímků Aralského jezera z let 1960–2010 (obrys z roku 1960 je překreslen z mapy). Snímek NASA – MODIS.

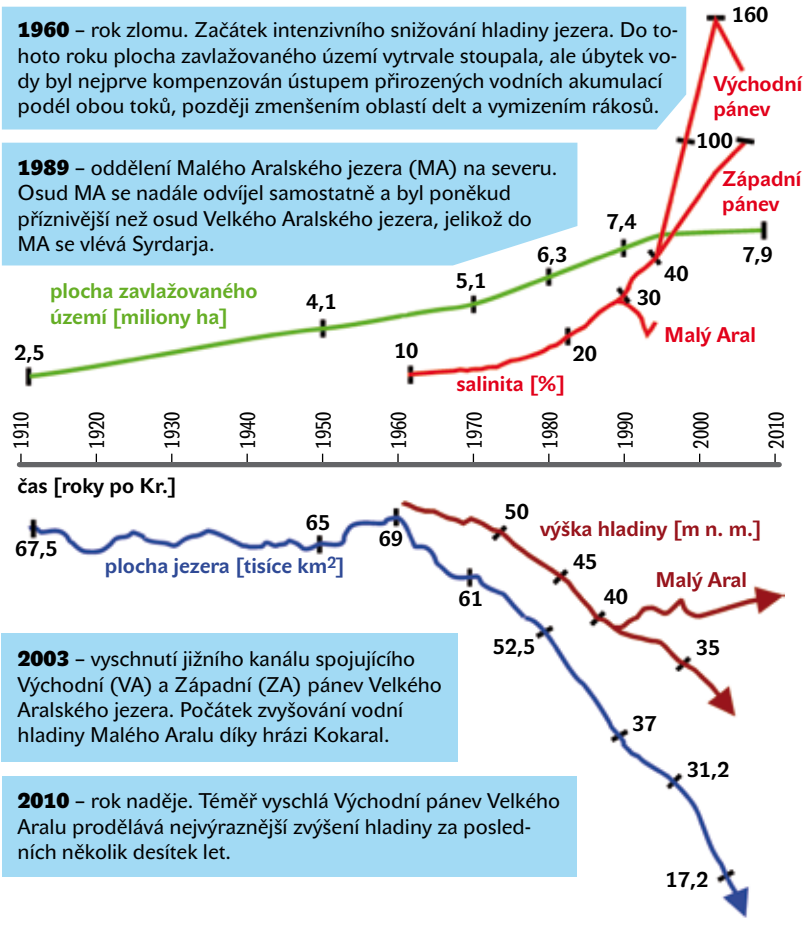


4. Vlevo: Mladí Karakalpakové v Mujnaku vody Aralského jezera nikdy neviděli (2009).

	před rokem 1960	po roce 1960	jednotka
rozloha	68 000	až 17 000	km^2
výše hladiny	53,5	až 29 (VA), 42 (MA)	m n. m.
salinita	10	až 160	‰
přítok řekami	53	0–10	km^3
přítok podzemní vody	0–5	0–8	km^3
evaporace	44–64	15–30	km^3
srážky na hladinu	6–9	1–4	km^3

Tab I. Změny v Aralském jezeře v číslech; VA – Východní pánev Velkého Aralu, MA – Malý Aral na severu.

5. Aralské jezero v datech a číslech. Vývoj hlavních ukazatelů stavu jezera.



vody je využito k zavlažování. Navzdory těmto faktům lze na satelitním snímku ze srpna 2010 (viz následující část v příštím čísle Vesmíru) pozorovat výrazné zvýšení přítoku Amudarji, a tedy napouštění Východní pánve.

Aralské jezero nemá odtok, tudíž je kolísání jezerní hladiny výsledkem bilance vypařování, srážek a přítoku (konkrétní údaje k vodní bilanci viz tab. I). Zmenšování plochy jezera vede ke snížení objemu vypařované vody, která tak může být kompenzována i relativně malým přítokem. Tento efekt je nyní významný zejména vzhledem k plošně rozsáhlé, ale mělké Východní pánvi (o maximální hloubce 5 m). I malé snížení jejího objemu vody má za následek velké zmenšení vodní plochy, a tím i výrazně snížený výpar. Jezero tedy při stejném přítoku ubývá stále pomalejším tempem. Protichůdně působí oteplení oblasti o 2 °C, které nastalo v důsledku změny mikroklimatu snížením jezerní plochy.

Slanější než oceán

Vysychání jezera je doprovázeno řadou navzájem provázaných biologických, fyzikálních i chemických změn. Změny v chemismu se projevují zejména ve zvyšující se mineralizaci, a tudíž i v salinitě. Jelikož salinita je provázána s výší hladiny, asi nikoho nepřekvapí, že její nejmenší hodnoty má Malý Aral a nejvyšší naopak Východní pánev Velkého Aralu, který je čtyřikrát slanější než průměrný oceán. Celkové množství soli rozpuštěné v jezeře je odhadováno na 6 bilionů tun. Nejde však o halit (sůl kamennou), ale o směs solí tvořenou z velké části karbonáty a sírany (sádrovcem) jen s malým podílem chloridů. Kromě solí se v jezeře, a později i na obnaženém dně, hromadí hnojiva, pesticidy a další chemikálie, které sem za desítky let přinesly řeky z celého povodí. Za jediný rok vítr roznese po centrální Asii až 74 tun toxického prachu, pocházejícího z břehů Aralského jezera. Takto masivní kontaminace přináší řadu problémů, mimo jiné nedostatek pitné vody, a celkově přispívá ke zhoršení zdravotního stavu obyvatelstva v oblasti. Všechno, co si člověk do vody „odložil“, se mu teď zase vrací.

Se zvýšenou salinitou úzce souvisejí i fyzikální změny v jezeře, zejména změny v hydrodynamice, ke kterým dochází vlivem rozdílných vlastností slané a sladké vody. Konkrétně se mění teplotní zvrstvení, cirkulace a okysličení ve vodním sloupci. Část jezera zůstává kvůli výrazné stratifikaci trvale neokysličená. Důsledkem je mimo jiné snížená biodiverzita.

Aralské jezero vstává z mrtvých

Rostlinné a živočišné společenství se za poslední desetiletí výrazně změnilo. Zůstávají

6. Na protější straně nahoře: Umrlčí pohled jedné z rybářských lodí (2009). →→

7. Na protější straně dole: Několik vraků bylo v roce 2007 přemístěno pod válečný památník, kde jsou snadno přístupné návštěvníkům. Obcházení vraků roztroušených v poušti však býval daleko silnější zážitek (2009).

8. Nahoře: Uzbečtí výletníci pod válečným památníkem trochu nemístně napodobují filmovou scénu z Titaniku (2009).
9. Uprostřed: Kdysi slavná loď Karakalpakija dnes neutěšeně rezne poblíž bývalého Mujnackého přístavu (2006).

Abstract: Aral Sea – Where the fourth largest lake in the world had gone? by Anna Píšková. During the last 50 years the single water body of Aral Sea was subdivided into several small lakes. Lake level was lowered by more than 25 m, its area was reduced dramatically. Lake desiccation is accompanied by changes in chemical (water mineralization), physical (hydrodynamics), and also biological lake characteristics. The major cause of described changes is long-term overusing of the water of both tributaries for irrigation purposes.

pouze druhy, které jsou schopny přizpůsobit se nově nastoleným podmínkám. Jsme svědky vymírání endemických druhů (např. aralského lososa) a osidlování uvolněných nik slanomilnými druhy. Obecně lze říci, že se u všech společenství dramaticky snižuje biodiverzita, naproti tomu bioproduktivita značně kolísá. Vzhledem k malé hloubce a vysoké průzračnosti vody převažuje v jezeře fytobentos nad fytoplanktonem, což není pro podobné velké vodní plochy typické. Z kdysi druhově pestrého fytobentického společenství dominuje v roce 1990 už jen pět druhů, které postupně vymírají, a v roce 2002 nalezneme jen dva zcela jiné druhy. Podobně se přizpůsobují planktonní společenstva, nejpočetnější skupina (rozsivky) prodělala za posledních 50 let radikální snížení druhové pestrosti – z několika stovek na několik desítek druhů. Obdobně zooplankton ze 42 na 4 druhy, ze zoobentosu zbylo už jen několik málo druhů měkkýšů a ostrakodů. Přesuneme-li se v potravním řetězci výše – k rybám – zjistíme, že nebyly v jezeře nikdy druhově rozmanité. V době největšího rozkvětu tu žilo třicet druhů, r. 1998 pět druhů a r. 2002 byly v Západní pánvi zaznamenány jen dva druhy (platýs a gavún). Ve Východní pánvi již ryby zcela vyhynuly.

Velkou nadějí pro zvýšení druhové biodiverzity je Malý Aral, kam se v posledních letech pomalu navracejí příhodné podmínky a populace ryb, dalších živočichů a rostlin díky tomu rostou. Příležitostně dokonce ryby migrují i do pánví Velkého Aralu. Aralské jezero tedy vstává z mrtvých, bohužel jen v podobě Malého Aralu.

Lidská krátkozrakost

Aralské jezero je dobrým příkladem komplexnosti přírodního prostředí a zároveň lidské krátkozrakosti. Z hlediska přírodních procesů není vysychání jezera, zvlášť v oblastech s aridním až semiaridním klimatem, nic neobvyklého. V současnosti bychom však nalezli mnoho velkých vysychajících jezer, jejichž stav je důsledkem spíše lidské činnosti. Za všechny jmenujme alespoň Mrtvé moře se salinitou 340 ‰, Čadské jezero zmenšené na jednu dvanáctinu za posledních 50 let či již zcela vyschlé jezero Lop Nur. Míra lidského přičinění se složitě kvantifikuje, jelikož klimatické a antropogenní příčiny lze v následcích jen těžko odlišit. V případě snížení hladiny Aralského jezera se lidské přičinění odhaduje na 75–90 %, zbytek je přisuzován zhoršeným klimatickým podmínkám. Jezero by tedy vysychalo i bez zavlažování, nicméně rychlost ústupu hladiny by byla nesrovnatelně pomalejší. Daleko horší dopad než samotné vysychání jezera má antropogenně zapříčiněné masivní znečištění. Člověk ničením přírody opět ublížil hlavně sám sobě.

V příštím čísle Vesmíru:
Socio-ekonomické problémy Aralu.

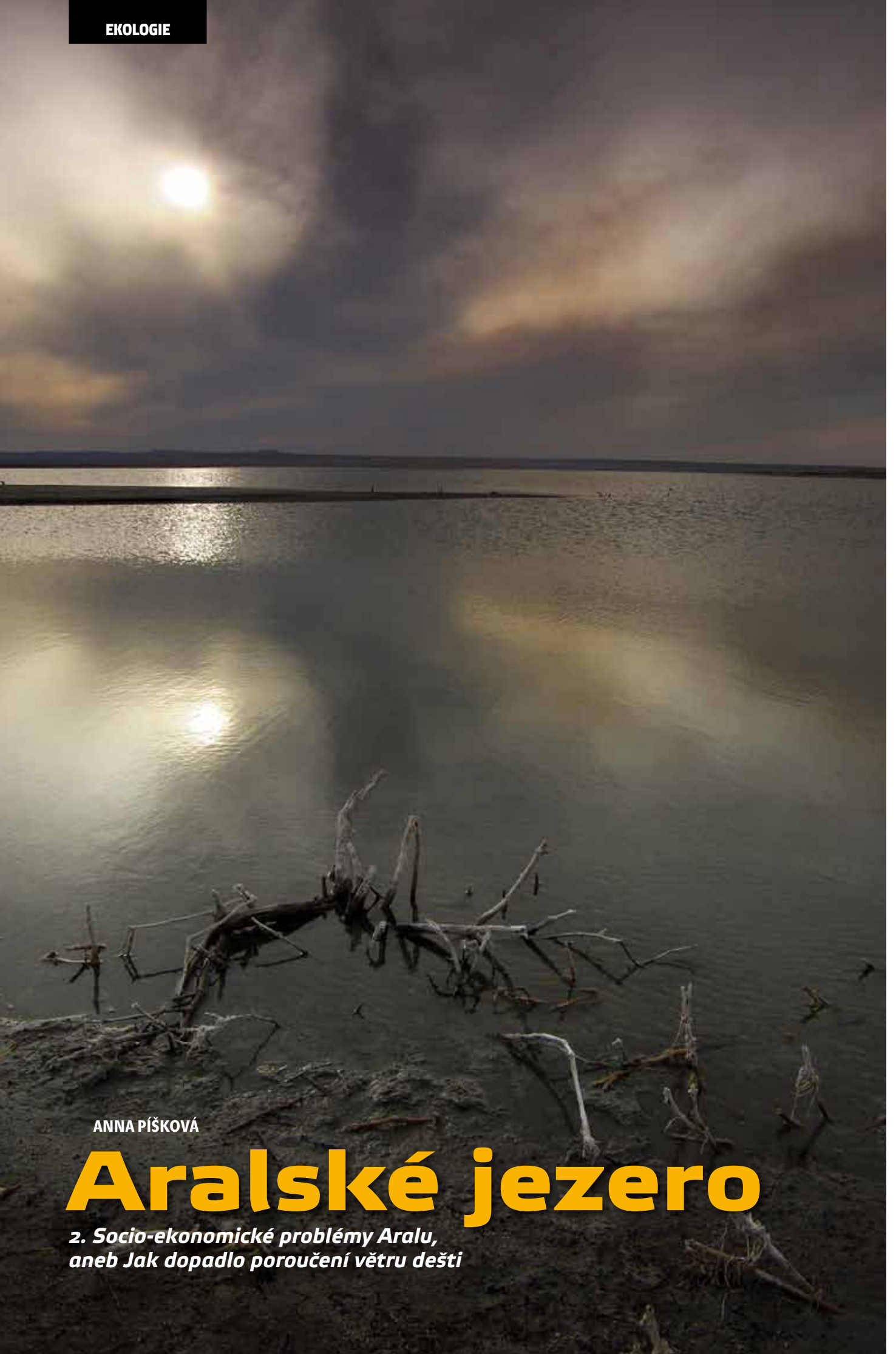
Mgr. Anna Píšková, Ph.D., (*1981) vystudovala geologii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. V Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i., se několik let zabývala paleoklimatickými rekonstrukcemi z jezerních sedimentů. Detailně se věnovala zejména rozsivkové analýze. V současné době je na rodičovské dovolené.

Mgr. Lukáš Synek, Ph.D., (*1979) vystudoval molekulární biologii a virologii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Od roku 2002 se zabývá buněčnou a molekulární biologií rostlinné buňky v Ústavu experimentální botaniky AV ČR. Ve volném čase se věnuje cestování a fotografování. Podniká nezávislé cesty především za přírodními krásami naší planety a také do „zemí, kam se nejezdí". Zajímá se především o Blízký východ, střední Asii, jihovýchodní Asii a Latinskou Ameriku. Oblast Aralského jezera navštívil dvakrát. V roce 2006 připravil a podnikl úspěšnou půlroční expedici po historické trase legendární Hedvábné stezky – z Turecka přes střední Asii do Číny. Své cesty a fotografie prezentuje především formou cestovatelských přednášek, audiovizuálních diashow, článků a na svém webu Cestář.euweb.cz. Je autorem netradičního cestopisu „Hedvábnou stezkou po stopách dávných karavan".

K DALŠÍMU ČTENÍ

Létolle R., Mainguet M.: Aral. Springer-Verlag, Paris 1993

Oberhänsli H., Zavialov P. (eds.): Special Issue Aral Sea Basin Hydrological, Chemical and Biological Today Compared with Trends of the Past 50 Years. Journal of Marine Systems 3 (70), 2009



ANNA PÍŠKOVÁ

Aralské jezero

2. Socio-ekonomické problémy Aralu, aneb Jak dopadlo poroučení větru dešti

Dlouho se mi zdály problémy v okolí Aralského jezera nebetyčně vzdálené. Až jsem si uvědomila, že již desítky let nosím bavlněné oblečení. Tudíž i já mám nejspíš díl viny na úbytku vody v jezeře. Právě bavlník určený na export po desetiletí zavlažovala voda, která by jinak přirozeně proudila do Aralského jezera. Množství závlahové vody dlouhodobě překračovalo únosnou hranici a poškození životního prostředí je dnes již tak velké, že ohrožuje zdraví desítek milionu obyvatel Střední Asie.

Socio-ekonomický pohled na současné změny Aralského jezera má dva rozměry s odlišnými problémy a možnými způsoby řešení. Nejprve je tu oblast přilehlá k jezeru samému, která utrpěla celkově. Pomoci jí může zejména návrat vodní hladiny na původní úroveň. Druhý rozměr představuje širší region Aralského jezera – centrální Asie. Problémy zde způsobuje zejména znečištění vody a půdy a s ním související nedostatek pitné vody i vody vhodné k zavlažování. Řešení nabývá různých podob – od politických jednání až po výhružky ozbrojeným aktem mezi zainteresovanými státy.

1. Beraní zápasy jsou oblíbenou nedělní zábavou Karakalpaků. Všechny snímky na s. 148–153 © Lukáš Synek, není-li uvedeno jinak.

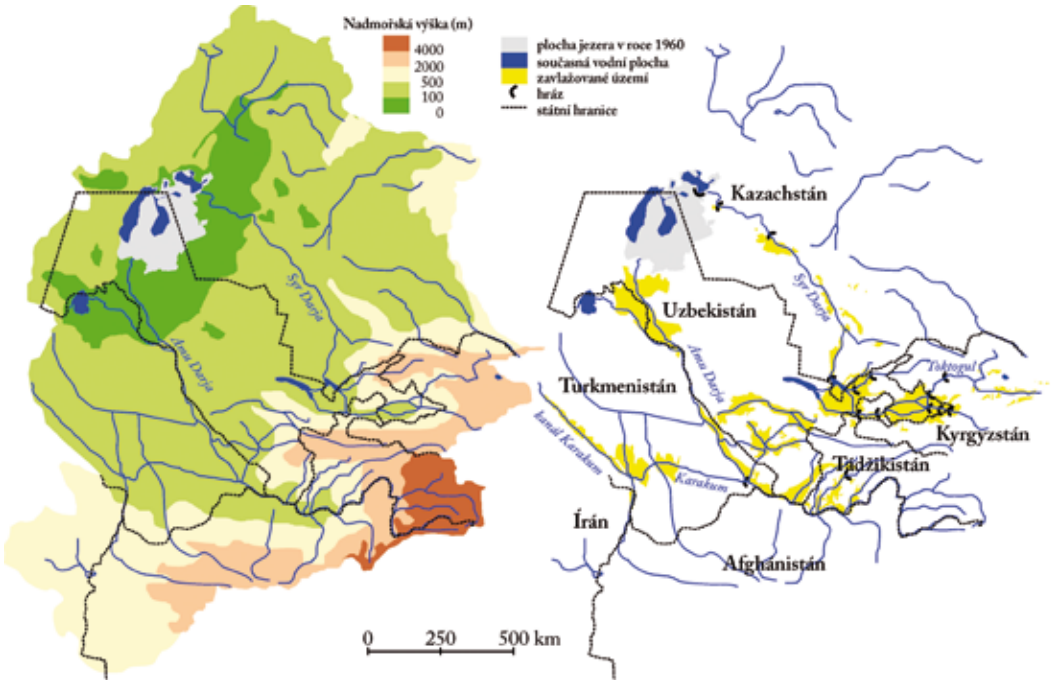
Problémy blíže Aralu

Kdysi kolem Aralského jezera vzkvétalo rybářství. Zaměstnávalo více než 40 000 lidí a obstarávalo šestinu produkce ryb v celém bývalém Sovětském svazu. Dnes leží staré přístavy desítky kilometrů od vody. Export ryb nahradil na dlouhá léta import z Baltského moře. Ryby se sice v posledních pár letech do severní části jezera vracejí, ale obnovit bývalou slávu se již zřejmě nikdy nepodaří. Kromě rybářství skončil mimo jiné lov ondater v deltách obou řek. Dříve jich bylo odchyceno 500 000 ročně.

Ustupující jezero po sobě zanechalo planiny pokryté solemi a toxickými chemikáliemi, které pocházejí ze zemědělství, průmyslu a testování zbraní. Solné bouře způsobují kontaminaci velkých území a likvidují úrodu. Roznášená kontaminovaná sůl zanechává následky nejen na ekosystémech v jezeře a mimo ně, ale samozřejmě i na lidské populaci. V oblasti je zvýšený výskyt různých forem rakoviny, respiračních chorob, ale i nemocí ledvin, jater a očí. Výrazně vzrostla novorozenecká úmrtnost. Dále se kvůli úbytku jezerní vody zhoršilo v oblasti klima – průměrná teplota vzrostla o 2 °C a zvýraznila se i sezonnost klimatu (teplejší léta a chladnější zimy).

Problémy centrální Asie

Širší region představuje zejména povodí dvou hlavních přítoků (Amudarji a Syrdarji) Aralského jezera, která zasahují na území šesti států: Kazachstánu, Tádžikistánu, Afghánistánu, Kyrgyzstánu, Turkmenistánu, Uzbekistánu a nejmenší plochou do Íránu. Všechny jmeno-



2. Povodí Syrdarji a Amudarji. Vlevo fyzicko-geografická mapa, vpravo politická mapa s vyznačením vodních děl a zavlažovaných území.

Mgr. Anna Píšková, Ph.D., viz Vesmír 90, 82, 2011/2.

3. Nekropole Mizdachan nedaleko turkmenských hranic je zřejmě nejrozsáhlejším pohřebištěm střední Asie.

4. Muzeum Aralského jezera v Mujnaku nostalgicky vzpomíná na zlatou éru rybolovu před ústupem pobřeží jezera.

vané státy mají nízkou hustotu zalidnění, přičemž více než polovina jejich obyvatel žije ve vesnicích. Jejich státní ekonomiky jsou silně závislé na zemědělství, například v Kyrgyzstánu tvoří příjmy ze zemědělství 39 % HDP, v Uzbekistánu 35 % a v Turkmenistánu 25 %. Pro srovnání: v České republice se příjem ze zemědělství pohybuje kolem 3 % HDP. Zemědělství je bohužel ve velké míře (v Turkmenistánu dokonce stoprocentně) podmíněno zavlažováním. Přístup k vodě má tedy strategickou důležitost. Přestože má většina území pouštní charakter, paradoxně se zde pěstují plodiny náročné na dostatek vláhy a živin. Nejvýznamněji je zastoupen bavlník, pšenice a v blízkosti řek dokonce rýže.

Obětujme jezero v zájmu všech

Rozvoj zavlažovacích systémů začal pod taktovkou bývalého Sovětského svazu již v třicátých letech minulého století. Bavlna se stala významnou komoditou na trhu a plány centralistického kolosu určily jako výrobce číslo jedna právě oblast centrální Asie. V padesátých letech nové technologie umožnily zavlažení úrodných oblastí dál od řek. Nastalo nákladné budování přehrad, zavlažovacích kanálů a infrastruktury. Rozhodnutí o masivním rozvoji oblasti vyšlo z nejužšího vedení bývalého Sovětského svazu. Postupovalo se na základě projektu nazvaného *Celistvý rozvoj opuštěné a vyprahlé stepi*. Z velkolepých plánů bylo již na začátku jasné, že Aralské jezero utrpí, oblast měla být obětována ve prospěch sovětské ekonomiky. Desítky let se však o možných následcích mlčelo.

Vznikla série přehrad na obou přítocích a dohromady 40 000 km kanálů, pomocí nichž je

voda přiváděna na jednotlivá pole. Dlouhodobé pěstování monokultur na tak velkých plochách vedlo k nutnosti používat ohromné množství pesticidů. Voda ubývala, solí na polích přibývalo. První veřejné hlasy odporu proti masivnímu zavlažování zazněly v sedmdesátých letech z úst zelených hnutí. Tehdy bylo Aralské jezero ještě vcelku v dobré kondici. Kdyby se zavlažování omezilo, nebylo by podle mého názoru dnes co řešit. Pokračovalo se ale v nastoupené linii. V osmdesátých letech má již více než polovina zavlažovaného území problémy se zasolením půdy a výnosy tak dosahují pouze 70 % potenciálu. Není divu, že se začaly objevovat oficiální snahy celou situaci řešit. Dokonce byly uvolněny nemalé finanční prostředky na různé záchranné projekty. Nicméně drtivá většina projektů buď ani nezačala, nebo předčasně skončila rozdělením Sovětského svazu v roce 1991.

Kdo utahuje kohoutky

Vznik nových států řešení celé situace zpočátku velmi zkomplikoval, jelikož státní hranice často vedou přes vodní díla a řeky. Například Syrdarja pramení v Kyrgyzstánu, pak teče do Uzbekistánu, Tádžikistánu, opět do Uzbekistánu a nakonec do Kazachstánu. Voda se stává mocenským nástrojem. Celé území bylo navíc sužováno etnickými nepokoji, jelikož nově stanovené hranice nekopírovaly vždy národnostní rozložení. Nejprve bylo tedy nutné vyřešit napjatou politickou situaci a pak mohla přijít na řadu ekologie. Nové státy měly různé cíle, nástroje, a tedy i různé pozice pro vyjednávání.

Zjednodušeně lze státy rozdělit na vodou bohaté a energeticky chudé (na horním toku) a na vodou chudé a energeticky bohaté (na dolním toku). Státy na horním toku (Kyrgyzstán, Tádžikistán, Afghánistán) leží ve vyšších nadmořských výškách s odlišným klimatem a hydrologickým režimem než státy na dolním toku (Kazachstán, Uzbekistán, Turkmenistán). Například z Kyrgyzstánu pochází 75 % vody Syrdarji, přestože v něm leží pouze 6 % plochy povodí. Navíc má díky hornaté krajině lepší podmínky pro budování vodních nádrží (jako např. Toktogul), díky nimž zadržuje a disponuje velkými objemy vody. Mohlo by se tak zdát, že státy v horní části toku jsou ve značné výhodě a mohou si při mezinárodních jednáních diktovat podmínky. Nicméně státy na dolním toku mají také své trumfy v ruce, a to zejména v podobě velkého nerostného bohatství a nesrovnatelně vyšší vojenské, politické a ekonomické moci.

Toktogul a Karakum

jsou dvě nejproblematičtější vodní díla obou povodí. Jádro mezinárodních sporů tkví v rozhodování o tom, kolik poteče vody a kdy.

V povodí Syrdarji se hojně využívají přehrady. Zavlažovací kanály jsou ve srovnání s povodím Amudarji kratší. Toktogul (obr. 2) je největší přehradou v oblasti. Je schopen zadržet 19,5 km^3 vody (asi desetkrát víc než Lipno a Orlík dohromady) a umožňuje tak Kyrgyzstánu kontrolu průtoku Syrdarji do níže položených států. Po rozpadu Sovětského svazu se změnil účel využívání tohoto vodního díla. Začalo sloužit primárně jako hydroelektrárna (původně mělo zavlažovací funkci). Změna využití v praxi znamenala odlišné rozložení odpouštění vody v průběhu roku. Zatímco pro zavlažování je potřeba voda zejména v létě, pro energii naopak v zimě. Státy níže položené tak rázem neměly tolik vody na zavlažování, kolik by upotřebily. Navíc v zimě bylo z přehrady vypouštěno víc vody, než bylo schopno pojmout koryto Syrdarji, což způsobovalo každoroční záplavy, kterým se později předcházelo cíleným vypouštěním vody do různých depresí. Určitou rovnováhu mezi oběma využitími se podařilo nalézt až r. 1998 kartelovou dohodou, která spočívala ve vykoupení vody k zavlažování fosilními palivy, které Kyrgyzstán potřebuje do svých elektráren. Kartelová dohoda se od té doby uzavírá každý rok.

Systém zavlažování na Amudarji se skládá zejména z dlouhých kanálů, čerpacích stanic, kolektorů a zavlažovacích přepadů. Nejambicióznějším a zároveň později nejkritizovanějším dílem se stal kanál Karakum. Odvádí vodu do odlehlých pouštních regionů (v současnosti přes Turkmenistán z východu na západ, viz obr. 2) a poskytuje vodu milionům hektarů země. Další velké spory vede Uzbekistán s Turkmenistánem o vodní nádrže Rogun,

5. Satelitní snímky Malého Aralského jezera (zvaného též Severní Aral) z let 2003 a 2010. Na snímku ze současnosti lze dobře vidět hráz Kokaral (na jihu). Snímky NASA – MODIS.

Abstract: Aral Sea – Socio-economic problems of Aral Sea region (How ended commanding to a wind and rain) by Anna Píšková. Ones the world's fourth largest lake was meant to be sacrificed in the name of former Soviet economy. Area of most of the Central Asia is depended on agriculture, which is depended on massive irrigation from the main tributaries of Aral Sea. Water hence became after 1991 the source of political conflicts between water rich and enegry poor upstream countries and water poor and natural resources rich downstream countries.

6. Zázračné zvýšení hladiny Velkého Aralského jezera za jediný rok (srovnání stavu v srpnu 2009 a 2010). Snímky NASA – MODIS.

1) IFAS – International Fund to Save the Aral Sea, ICWC – Interstate Coordinating Water Commission.

2) BWOs – Basin Water Management Organizations.

7. Starý velbloud Míša je vyhlášenou atrakcí Chivy stejně jako desítky mešit a medres.

Tujamujun a plánovanou nádrž „Zlatý věk“, která má rozšířit zavlažované plochy v poušti Karakum až o další milion hektarů, což by znamenalo neúnosné navýšení spotřeby vody.

Přístupy jednotlivých států k politickým jednáním jsou odlišné. Zatímco všechny státy v povodí Syrdarji jsou signatáři mezinárodních smluv o sdílení vody, v povodí Amudarji neusedá k jednacímu stolu Afghánistán a Írán. Naštěstí tyto dva státy zatím nemají možnost kontrolovat tok Amudarji tak, jako může v současné době Kyrgyzstán kontrolovat Syrdarju.

Jak naplnit Aral?

Návrhy nápravných opatření Aralské ekologické katastrofy lze rozdělit do tří skupin podle účelu:

- naplnění Aralského jezera vodou;
- zefektivnění zavlažování a zemědělství;
- utlumení ekologických škod.

Dlužno dodat, že řešení se velice liší v proveditelnosti i ceně. Plány k naplnění jezera jsou asi nejnákladnější a lidově řečeno přitažené za vlasy. Zahrnují například přivedení vody potrubím z Kaspického moře, vybudování přehrady v části jezera, odklonění vody z řek Volga, Ob a Irtyš, nebo dokonce roztavení ledovce ve střední Asii za použití jaderných zbraní. Druhá skupina řešení je naopak velmi atraktivní jak nižšími náklady, tak předpokládanou vysokou účinností. Jde zejména o řadu návrhů na zlepšení kvality zavlažovacích kanálů (ztráty vody po cestě se odhadují na 50 %), pokutování farmářů za užívání vody z řek, pěstování na vodu méně náročných druhů bavlníku či úplnou změnu složení plodin. Poslední skupina je zatím nejméně propracovaná, uvažuje se o vysazení rostlin, které mohou odsolit půdu, a o výrazném snížení použití chemikálií v zemědělství.

Mezinárodní dohody

Po rozdělení Sovětského svazu vzniklo několik nadnárodních uskupení, starajících se o zlepšení situace v oblasti Aralského jezera. Jedna skupina organizací[1] se stará o hospodaření s vodními zdroji, regulaci znečištění, financování projektů a politická rozhodnutí, druhá víceméně podřízená skupina[2] se zabývá technickými problémy regulace vody mezi státy.

První vlaštovkou spolupráce nově vzniklých států na řešení klíčových otázek týkajících se Aralského jezera byla dohoda z roku 1993, kterou podepsali prezidenti všech zainteresovaných států kromě Afghánistánu a Íránu. Pro podporu plnění byl založen IFAS, do jehož pokladny proudí každý rok 1 % rozpočtu zúčastněných států. Od té doby byly podepsány desítky dílčích dohod. Dosáhlo se sice snížení množství vody používané na hektar, nicméně celková zavlažovaná plocha vzrostla. Turkmenistán má dokonce v plánu ztrojnásobit svou produkci bavlny.

Státy nejsou finančně ponechány pouze svému osudu, mezinárodní pozornost do oblasti přináší celou řadu finančních podpor. Například Světová banka financovala stavbu hráze Kokaral, z vědeckých fondů NATO byl finančně podpořen rozvoj křehkých ekosystémů v oblasti říčních delt.

Sever má naději

Z úspěšných programů stojí za pozornost vybudování (či spíše předělání) betonové přehrady Kokaral, oddělující Malý a Velký Aral, která byla dokončena r. 2005. Díky ní se hladina Severního Aralu zvýšila nad veškerá očekávání – za 5 let stoupla o více než 12 m (obr. 5). To pozitivně ovlivňuje další parametry – snižuje se salinita, biodiverzita roste, dokonce se částečně oživil export ryb. Nicméně kapacita přehrady nestačí na navrácení hladiny jezera do její původní velikosti. Důležitá meta pro stabilizaci oblasti je dosažení kdysi největšího přístavu Aralsk v severním cípu Malého Aralu. Prozatím klesla vzdálenost vody od přístavu ze 100 na 25 km. Roku 2009 se začala stavět druhá přehrada, která po naplnění sníží vzdálenost na 6 km. Těchto posledních 6 km v další fázi překoná nově zbudovaný kanál.

Situace Velkého Aralu na jihu je podstatně pesimističtější, i když i on se r. 2010 dočkal po desítkách let obratu k lepšímu. Zdálo se, že satelitní snímek z března 2010 (viz předchozí díl, Vesmír 90, 82 2011/2) ukazuje, že Východní pánev brzy kompletně vyschne. Velkým překvapením byl další zveřejněný snímek ze srpna (obr. 6), kde je vidět velký nárůst vodní plochy i hloubky Východní pánve (na úroveň před několika lety). Voda zřetelně pochází zejména z Amudarji, jejíž průtok se tedy podařilo výrazně zvýšit. Nezbývá než doufat, že další vývoj tento pozitivní trend potvrdí.

V příštím čísle Vesmíru:
Proměny Aralu v posledních tisíciletích.

8. Ukázka proslaveného chivského řezbářství: jilmový sloup u Páteční mešity.

9. Budova kina a divadla Berdach chátrá podobně jako slavná konzervárna a většina obytných domů v Mujnaku. Berdach (1827–1900) proslul jako největší karakalpacký básník.

K dalšímu čtení

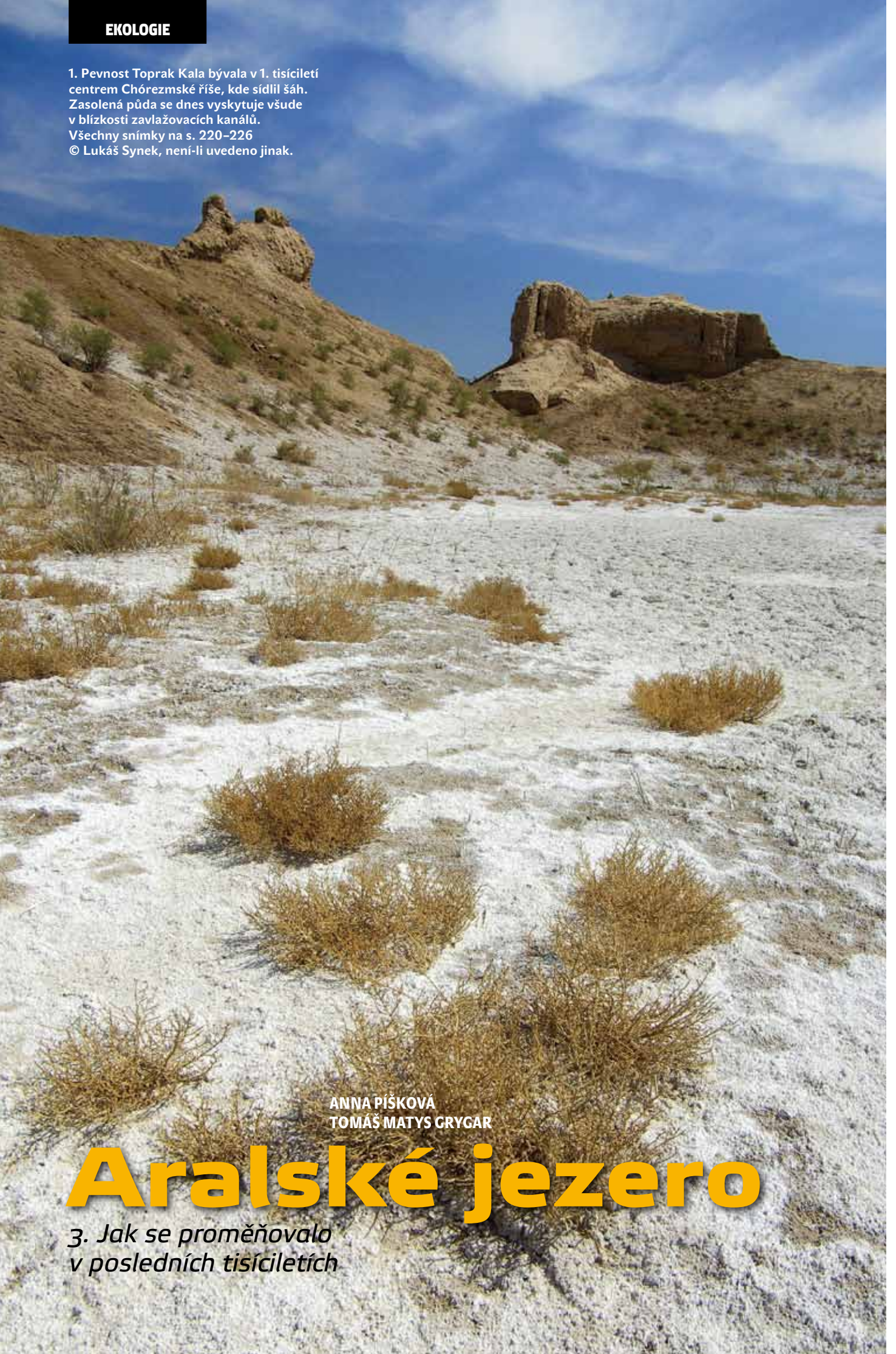
Micklin P.: The past, present, and future Aral Sea. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 15 (3), 193–213, 2010.

Micklin P.: The Aral Sea Disaster. The *Annual Review of Earth and Planetary Science* 35, 47–72, 2007.

Severskiy I., Chervanyov I., Ponomarenko Y., Novikova N. M., Miagkov S. V., Rautalahti E., Daler D.: Aral Sea, GIWA Regional assessment 24. University of Kalmar, Kalmar, Švédsko, 71 stran, UNEP 2005.

Unesco: Water-related vision for the Aral Sea Basin for the year 2025. Francie, 111 stran, 2000

Winterová B.: Konflikt o vodu ve střední Asii. Obrana a strategie 1, 51–68, 2009.



1. Pevnost Toprak Kala bývala v 1. tisíciletí centrem Chórezmské říše, kde sídlil šáh. Zasolená půda se dnes vyskytuje všude v blízkosti zavlažovacích kanálů. Všechny snímky na s. 220–226 © Lukáš Synek, není-li uvedeno jinak.

ANNA PÍŠKOVÁ
TOMÁŠ MATYS GRYGAR

Aralské jezero

3. Jak se proměňovalo v posledních tisíciletích

Aralské jezero bylo před padesáti lety čtvrtým největším jezerem světa. Jednolitá vodní plocha vyplňující území o rozloze téměř celé České republiky se postupným snižováním hladiny rozdělila na několik menších vodních ploch. Je možné v hlubší minulosti jezera najít stopy objasňující příčiny současné ekologické katastrofy?

Za všechno člověk nemůže

Vysychání Aralského jezera představuje pro mnohé typický příklad člověkem způsobené ekologické katastrofy. Bylo proto docela překvapivé, když nedávno obnažené břehy mizejícího jezera začaly vydávat svědectví o bývalém středověkém osídlení. Jak je možné, že byla hladina před několika staletími tak nízko jako dnes? Změny v Aralském jezeře za posledních 50 let jsou dobře prostudované a známé i široké veřejnosti (viz předchozí díly, Vesmír 90, 82, 2011/2 a 90, 148, 2011/3). Jak se ale měnila tvář Aralského jezera v průběhu posledních tisíciletí? Díky intenzivní vědecké práci už víme, že Aralské jezero v minulosti vysychalo dokonce opakovaně. Logicky se tak nabízí otázka, nakolik jsou změny v jezeře opravdu zaviněné člověkem. Klimatické a antropogenní vlivy se v tomto případě odlišují podobně nesnadno jako příčiny současného globálního oteplování.

Vodní bilancování

Aralské jezero je bezodtoké tektonické jezero ležící v oblasti se semiaridním až aridním klimatem, trpí tedy nízkými srážkami a vysokým výparem. Už z toho je zřejmé, že jeho hladina nebude v čase stálá. Pro bezodtoká jezera je charakteristické kolísání hladiny jako výsledek jemného vyvážení výparu na straně jedné a srážek a přítoků na straně druhé. Jezera v závislosti na klimatických podmínkách zcela přirozeně vznikají a zanikají: nejběžnějším příkladem mohou být četná ledovcová jezera nebo solná příbřežní jezera. U Aralu je však potřeba pracovat s většími měřítky. Povodí dvou nejvýznamnějších přítoků, Amudarji a Syrdarji, zaujímá velmi rozsáhlé území, jehož vodní režim ovlivňují složité klimatické systémy: indické monzuny a sibiřská tlaková výše. Situace v Aralském jezeře je tedy odrazem stavu širšího regionu. Pokud by se jezero ukázalo jako dobrý klimatický archiv, bylo by možné studiem jeho minulého vodního režimu významnou měrou přispět k naší představě o vývoji klimatu přinejmenším ve Střední Asii.

Zásadní otázka je, zda hladina Aralského jezera při dlouhodobém zvýšení teploty klesala, nebo se naopak oteplením zvedala. Vzroste-li teplota, v oblastech pramenů obou přítoků masivně odtávají ledovce, ale zároveň vzrůstá odpar v celém povodí včetně jezerní plochy. Naopak v chladnějším období narůstají ledovcové masy a zadržují tavnou ledovcovou vodu potenciálně tekoucí do Aralského jezera a odpar je zase nižší. Která strana bilance převažovala? Odpověď lze nalézt například v sedimentárním záznamu nebo v jiných „hmotných“ archivech.

Různé přístupy ke studiu historie jezera

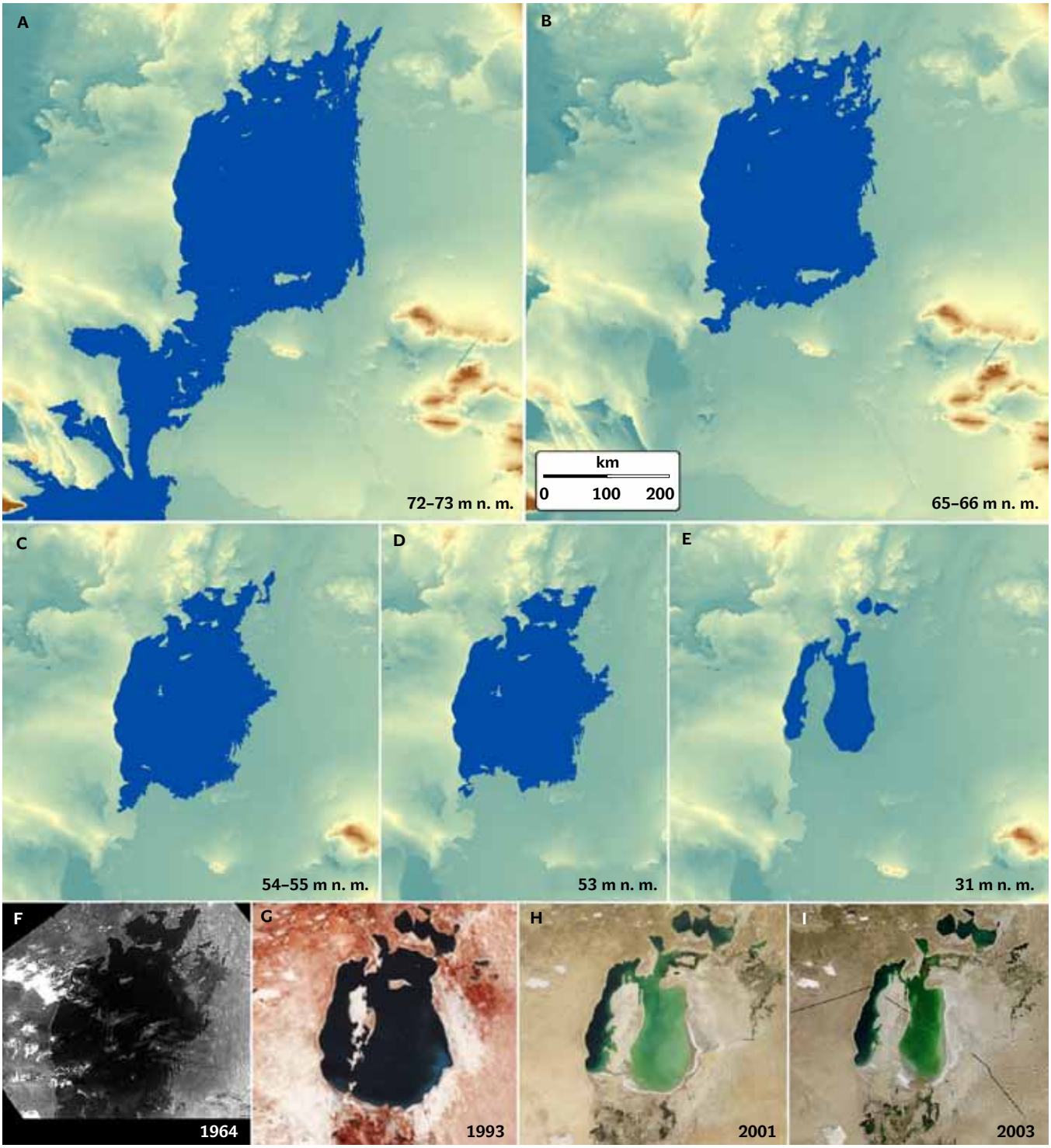
Naše znalosti o proměnách Aralského jezera se opírají zejména o tři typy studií: archeologické, geomorfologické a (paleo)klimatologické. Každý z uvedených oborů využívá jiný studijní materiál a odlišné metody. Z archeologických průzkumů a historických pramenů vyplývá, že lidé žijí v oblasti nepřetržitě už nejméně osm tisíc let. Nejstarší doložené zavlažovací systémy pocházejí z druhého tisíciletí před Kristem. Nelze tedy dát do přímé souvislosti zjištěné snížení hladiny Aral-

2. Agama stepní *Trapelus sanguinolentus*.

3. Pískomil druhu *Rhombomys opimus*.

Mgr. Anna Píšková, Ph.D., viz Vesmír 90, 82, 2011/2.

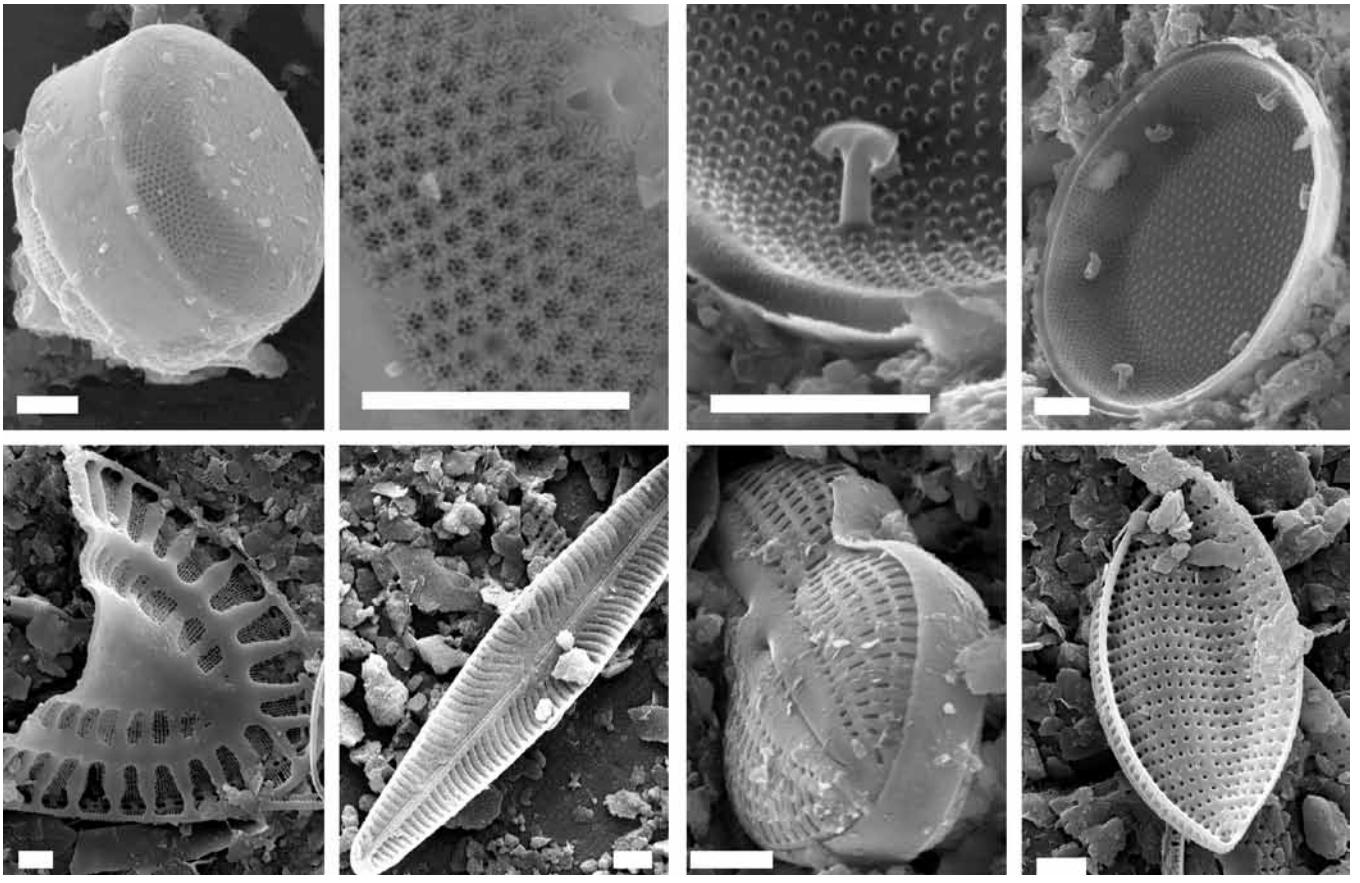
RNDr. Tomáš Matys Grygar, CSc., (*1964) studoval analytickou chemii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Pracuje v Analytické laboratoři oddělení Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i., v Řeži u Prahy. Vědeckou práci začal elektrochemickou analýzou oxidů železitých. V posledních deseti letech vyvíjí i další metody analýzy pevných látek včetně jemných nezpevněných sedimentů, jejichž studium je součástí paleoenvironmentálních rekonstrukcí.



4. A–E – modely hladiny Aralského jezera z geomorfologické studie: A – terasa I, B – nejvyšší možná hladina podle geomorfologů, C – terasa III, D – terasa IV, E – terasa VIII. Zdroj: Boomer et al. (2009). F–I – satelitní snímky aralské oblasti z let 1964–2003, měřítko pouze přibližné kvůli rozdílnému úhlu snímání. Snímky NASA – MODIS.

ského jezera za posledních několik tisíc let pouze s klimatem. Podrobným studiem a datováním nalezišť starých sídel obnažených ustupující vodou archeologové vytvořili ucelený přehled poklesů hladiny v minulosti (obr. 6). Geomorfologové vyřešili stejný problém pospojováním zbytků sedimentů a teras nalezených v terénu (rovněž obr. 6), které po sobě v minulosti zanechalo jezerní pobřeží a přítoky, ale čitelnost terénu komplikuje tektonická aktivita území.

Sedimentární záznamy umožňují rekonstrukci hlubší minulosti. Vždy je však na místě dát nalezené informace do souvislosti s dalšími klimatickými archivy. Tento postup jsme zvolili i pro naši několikaletou studii, prováděnou v Ústavu anorganické chemie AV ČR, v. v. i., v Řeži, která vznikla díky spolupráci s GeoForschungsZentrum v Postupimi u Berlína. Studovali jsme sedimentární jádro, pocházející ze severní části Západní pánve Aralského jezera, které bylo na první pohled velmi atraktivní, tedy alespoň pro přírodovědce – krásný šedý až namodralý jíl, místy tmavší, místy s bělavými, hrubšími vrstvami a s několika horizonty bohatými na mušle. Co všechno se dá z takového sedimentu vyčíst? Pokud si člověk dá tu práci a chodí se svým „bahýnkem“ od přístroje k přístroji, vysedává týdny u mikroskopu nebo spektrometru, dostane řadu různých grafů a hodnot, z nichž se dá vyčíst minerální nebo prvkové složení a také zástupné (proxy) hodnoty, odpovídající celkové biolo-



5. Fotografie křemitých schránek aralských rozsivek z elektronového mikroskopu. Schránku (frustulu) obvykle tvoří dvě do sebe zapadající misky, její rozmanitá struktura nese druhové znaky. Měřítko 10 mikrometrů. Snímek © Anna Píšková.

gické produktivitě jezera (například koncentrace chlorofylu).

Pro stanovení poklesu jezerní hladiny mají velký význam polohy a druh vysrážených solí, protože je podle nich možné odhadnout salinitu. Uložení solí v sedimentu, který jsme studovali, neodpovídá předpokládané učebnicové sekvenci uhličitany – sírany – chloridy, jež je typická pro většinu přirozeně vysychajících vodních ploch. Jako ukazatele nízké hladiny nám tak posloužily vrstvy sedimentu s vysráženým sádrovcem. Tyto intervaly jsme doplnili výsledky z interpretací ostatních metod, zejména rozsivkové analýzy (viz rámeček na této straně), a vytvořili nezávislý model pohybů jezerní hladiny. Právě rozsivková analýza je dnes při rekonstrukci vývoje prostředí a klimatu v historické minulosti velkým hitem a neselhala ani v případě Aralského jezera.

Měli jsme tedy minimálně tři nezávislá řešení stejného problému. Nejprve jsme se nechali svést na scestí použitím dnes populárního přístupu „automatického" přepočtu složení rozsivkových společenstev na salinitu, ale výsledky nebyly uspokojivé. Proto jsme nakonec přijali holističtější přístup, při kterém do sebe musejí zapadnout všechny informace a interpretace jako v tradiční detektivce Agathy Christie.

Jak velké bylo největší Aralské jezero?

Podobně jako bylo území dnešní Sahary ještě před 8500 lety zelené a změnilo se v poušť vlivem klimatických a dalších změn (Vesmír 88, 166, 2009/3), tak i oblast Aralského jezera byla v době holocénního klimatického optima jiná. Při trojnásobně intenzivních srážkách pozbývalo území dnešní nehostinnosti a není divu, že oblast byla již v té době hojně osídlená. Před 7500 lety hovoříme o tzv. období Velkého Aralu, ale jeho tehdejší velikost je dnes předmětem živých sporů. Pře se vede zejména o případnou existenci terasy I v úrovni 72 m n. m. (obr. 4A), což je nad současným stavem více než o 45 výškových

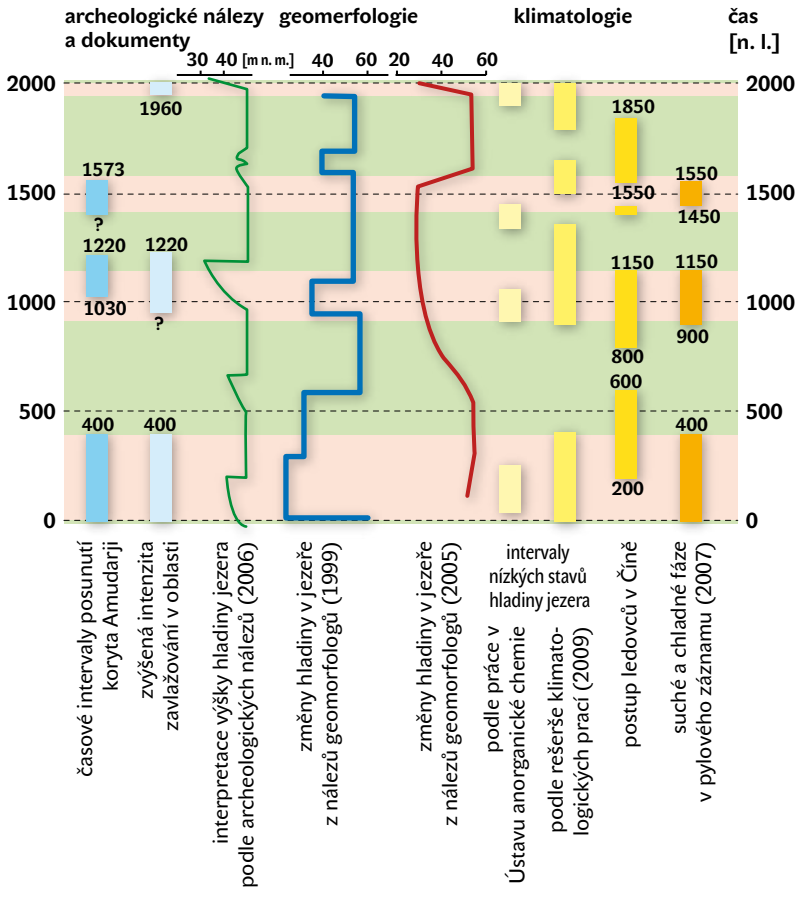
ROZSIVKOVÁ ANALÝZA

Jde o metodu, při které se ze vzorku sedimentu připraví tenký film na mikroskopickém podložním sklíčku a ten se pozoruje optickým mikroskopem nejčastěji při zvětšení 1000×. Určuje se četnost a druhové zařazení rozsivek podle jejich dochovaných, poměrně odolných křemitých schránek. Rozsivková analýza se nejčastěji používá v současných ekologických studiích ze vzorků vod i mladých dnových sedimentů. Při studiu starších sedimentů s fosilními rozsivkovými schránkami, tedy při paleoekologických studiích se odvozují životní podmínky nalezených fosilních společenstev na principu aktualismu, tedy na základě současných ekologických studií. Změny společenstev nebo rozdíly ve výskytu určitých druhů pozorovaných v rámci sedimentárního záznamu nám napovědí, kdy pravděpodobně nastaly změny prostředí. Rozsivky jsou výbornými paleoindikátory prostředí zejména díky své všudypřítomnosti, druhově specifickým ekologickým nárokům a mnohdy velmi dobrému zachování křemitých schránek v sedimentech. Problémem u rozsivkové analýzy bývá někdy určování druhů – velké množství z nich lze spolehlivě odlišit jen při zvětšení přesahujícím možnosti optické mikroskopie. Ještě záludnější může být interpretace, protože informace o nárocích jednotlivých druhů chybějí, nebo o nich v literatuře najdeme protichůdné údaje. Aralské jezero a jeho vzorky jsou pro českého badatele tvrdý oříšek už proto, že se v něm vyskytuje málo kosmopolitních druhů, většina jich je slanomilných a endemických, tedy hůře určitelných a méně poznaných, pokud jde o jejich nároky. Nám se podařilo z více než stovky určených druhů vysledovat významný trend hojně se vyskytující mořské rozsivky *Actinocyclus octonarius*, jejíž maxima střídá *Tryblionella compressa* (obr. 5). Tyto rozsivky jsou citlivé na výšku vodního sloupce, pod kterým žijí. Jejich sukcese má tedy prokazatelný vztah k změnám hladiny v jezeře.

NEJISTOTY V DATOVÁNÍ

K datování aralských sedimentů se nejčastěji používá radiouhlíková metoda založená na obsahu radioaktivního izotopu uhlíku ^{14}C. S její pomocí lze zjistit stáří různých typů vzorků s obsahem organického materiálu (např. řas, schránek vodních živočichů, kmenů stromů). Aralské sedimenty jsou bohužel chudé na výskyt datovatelného materiálu, takže v nich je možné datovat jen některé polohy bohaté na zbytky řas a na schránky měkkýšů. Obsah ^{14}C v atmosféře, přesněji poměr stabilních izotopů (^{12}C a ^{13}C) k nestabilnímu ^{14}C, je sice poněkud proměnlivý, ale v posledních tisíciletích existuje dostatek referenčních křivek vývoje tohoto poměru hodnot. Obvykle tedy stačí naměřené hodnoty obsahu ^{14}C v celkovém C v datovaném vzorku proložit jednou z takových kalibračních křivek a odečíst jeho skutečné, tzv. kalendářní stáří. Bohužel v některých případech není hodnota na křivce matematicky jednoznačná, takže datum nelze s jistotou určit, ale výsledkem je několik možných intervalů stáří. Tato nejednoznačnost je typická pro období posledních 350 let, kdy podstatně kolísala sluneční aktivita, a tedy i tvorba ^{14}C v atmosféře, což výrazně snižuje přesnost metody právě z doby, která nás dnes zajímá skoro nejvíce. Dalším problémem při datování materiálu z Aralského jezera je tzv. rezervoárový efekt, tedy situace, kdy uhlík v jezerní vodě (obecně v rezervoárech) už není v termodynamické rovnováze mezi rozpuštěnými uhličitany a oxidem uhličitým v rezervoáru a oxidem uhličitým v atmosféře, takže se v rezervoáru hromadí „starý uhlík" s podstatně menším obsahem ^{14}C, než odpovídá rychlosti jeho rozkladu na stabilní izotop. Pokud si organismy, jejichž materiál chceme datovat, budují svá těla z takového staršího uhlíku, dává jejich datování hodnoty starší, než opravdu byly. Pro Aralské jezero byla hodnota tohoto efektu při vysokém stavu jezera odhadnuta na 140 let – pro srovnání rezervoárový efekt v mnohem objemnějších oceánech se počítá v řádu tisíců let. Potíž je v tom, že hodnota tohoto efektu je proměnlivá zejména v závislosti na výši jezerní hladiny (mineralizaci vody). Dostáváme se tak do kruhu, v němž na jedné straně chceme znát stáří sedimentů, abychom časově určili jednotlivé jezerní fáze, a na straně druhé bychom potřebovali znát, jak vysoko byla kdy hladina, a tedy jaký mohl být příslušný rezervoárový efekt, abychom správně sestavili datovací model. Výsledné nejistoty v datování jednotlivých studií tak dosahují neuspokojivých ±100 i více let. Tato nejistota zřejmě vysvětluje neshodu datování předposledního velkého poklesu hladiny jezera.

6. Vývoj různých parametrů vztahujících se k Aralskému jezeru za poslední dva tisíce let. Barevně jsou zvýrazněna pravděpodobná období jezerních regresí. Podle různých zdrojů.



metrů. Nejnovější geomorfologické modely existenci terasy I popírají s vysvětlením, že by se voda přelila do Kaspického moře, a nabízejí střídmější hypoteticky možnou maximální hladinu 65 m n. m. (obr. 4B), nebo se dokonce přiklánějí k maximu na pouhých 55 m (obr. 4C), což je jen o 2 metry výše než r. 1960 (obr. 4D). Tyto změny jsou dosti podstatné, protože každý výškový metr znamená v některých částech jezera rozliv hladiny o kilometry. Naše výsledky rozsivkové analýzy by terasu I spíše podpořily, protože jsme našli druhy zaznamenávané pod překvapivě vysokým vodním sloupcem. Vysvětlení nabízí tektonický výzdvih celého území, který mohl být za poslední dva tisíce let až o 20 m. Díky výzdvihu tedy mohla být hladina na dnešních 72 m n. m., aniž by došlo k přelití vody do Kaspického moře.

Co se dělo v posledních tisíciletích?

Na poslední dva tisíce let, které nás asi nejvíc zajímají, se zaměřuje několik nedávných studií. Vynořuje se již poměrně podrobný obraz. Téměř všichni se shodnou na čtyřech významných úbytcích objemu jezerní vody (obr. 6). Bohužel mezi jednotlivými autory není shoda v datování, délce trvání ani v intenzitě jednotlivých epizod. K nesrovnalostem velkou měrou přispívá nejistota v datování (viz rámeček na této straně).

Největší shoda panuje u nejstaršího dobře doloženého ústupu jezerní hladiny, které se odehrálo na počátku našeho letopočtu (asi 0–400). Jezero tehdy mělo hladinu stejně nízko jako dnes. Příčiny jsou zřejmě dvojí – dlouhodobě sušší a chladnější klima, ale také využívání vody z přítoků Peršany, jimiž byla Amudarja zcela odkloněna a do jezera

Abstract: Aral Sea – All appearances of Aral Sea lake by Anna Pišková and Tomáš Matys Grygar. The lake level fall of Aral Sea during the last fifty years was not the only dramatic low-stand in its history. In last two thousand years four major regressions have been recognized. During one of these regressions (at ~0–400 AD) lake level was probably lower than in the last decade. This knowledge has opened the theme of the rate of anthropogenic and natural influences to the lake level fall. Despite that people has influenced the area for several thousand years the leading factor causing Aral Sea desiccation was probably climate. People has "only" reacted to the climatic worsening and caused acceleration of the natural processes.

K DALŠÍMU ČTENÍ

Boomer I., Wünnemann B., Mackay A. W., Austin P., Sorrel P., Reinhardt Ch., Keyser D., Guichard F., Fontugne M.: Advances in understanding the late Holocene history of Aral Sea region. Quaternary International 194 (1–2), 79–90, 2009

Boroffka N. G. O.: Archaeology and Its Relevance to Climate and Water Level Changes: A Review. in Kostianoy A. G. and Kosarev A. N. (eds.): The Aral Sea Environment, Hdb Env. Chem. 7, 283–303, 2010

Létolle R., Mainguet M.: Aral. Springer-Verlag, Paris 1993

Oberhansli H., Zavialov P. (eds.): Special Issue Aral Sea Basin Hydrological, Chemical and Biological Today Compared with Trends of the Past 50 Years. Journal of Marine Systems 3 (70), 2009

Pišková A., Grygar T., Veselá J., Oberhänsli H.: Diatom assemblage variations in the Aral Sea core C2/2004 over the past two millennia. Fottea 9(2), 333–342, 2009

7. Poušť Kyzylkum je místy řídce porostlá statnou miříkovitou rostlinou *Ferula assafoetida* (česky ločidlo nebo též čertovo lejno), která zde v dubnu kvete.

nevtékala. Podobně jako dnes není jasné, jakou poměrnou roli hrálo zavlažování a jakou dobové klimatické změny.

Podruhé významně poklesla hladina v období 900 až 1350 po Kr. (datování se liší podle různých autorů). Pylové záznamy hovoří o vysychání okolí Aralu mezi lety 900–1200. Ve 12. století opět zasahuje do vodní bilance člověk, a to převedením toku Amudarji do jezera Sarykamyš jižně od Aralského jezera. Aral tehdy znovu sytil pouze jeden přítok. V historických pramenech lze dále nalézt dvě významné události datované k roku 1220 a spojené s opětovným napojením Amudarji do Aralského jezera: zneškodnění zavlažovacích systémů při invazi Mongolů a velké zemětřesení. Nicméně Kerderská civilizace, která po sobě zanechala stopy na úrovni 32 m n. m. (stav srovnatelný s rokem 2001), ve 13. století poničené hráze a zavlažovací systémy ještě obnovila. Na nízký stav jezerní hladiny v 15. století lze usuzovat například z map z r. 1490 používaných Kryštofem Kolumbem, kde je Kaspické moře detailně zakresleno, ale Aralské jezero chybí. Záznam z roku 1415 hovoří o spojení velké části Syrdarji s Amudarjou. Severní přítok tehdy obtékal jezero po jeho jihovýchodním okraji, a řeky pak společně ústily do Kaspického moře. Ať už byly příčiny změn koryt přirozené nebo umělé, je jisté, že významným způsobem ovlivňovaly hydrologický režim jezera a jejich vzájemné působení ztěžuje odhalení příčin kolísání jezerní hladiny.

Nejvíce se odhady liší v časovém období třetího nízkého stavu jezera. Zatímco data z naší laboratoře omezují jeho trvání jen na 15. století, ostatní autoři stanovují začátek na pozdější dobu a trvání prodlužují dokonce až do poloviny 19. století. To ovšem hrubě nesouhlasí s mapou z r. 1853, v níž je Aralské jezero detailně zakresleno s vysokou hladinou.

8. Rybolov a rybářské lodě nezachránil ani pokus o prokopání kanálu ke vzdalujícímu se pobřeží jezera (2006).

Po skončení regresní fáze byla tvář Aralu prokazatelně velmi podobná té, kterou známe z první poloviny minulého století (obr. 4D).

Vliv člověka na Aralské jezero je složité odlišit od přirozených procesů v povodí. Předpokládáme, že při zhoršení klimatických podmínek v okolní pouštní krajině má člověk pochopitelnou snahu zvýšit rozsah zavlažování, a tudíž urychluje přírodou nastartované procesy. Rovnováha mezi srážkami a odparem by se pravděpodobně posouvala na stranu odparu i bez intenzivního sovětského zavlažování, neboť průměrná teplota povrchu planety v posledních 60 letech stále roste. Kromě toho všechny současné klimatické modely předvídají pokračující vysychání rozsáhlých oblastí Asie, ohrožených suchem už dnes.

Studium Aralských sedimentů nám umožnilo datovat období poklesu hladiny za poslední dvě tisíciletí, ale neuměli jsme rozlišit vlivy tektonické aktivity, lidských zásahů a regionálních nebo globálních klimatických změn. Jsme přesvědčeni, že ani vývoj prostředí, ve kterém budeme žít ve 21. století, nebude řízen rovnicí o jedné neznámé a že přinese další překvapení. Do budoucna si tedy můžeme být jisti, že se tvář Aralu bude dále podstatně měnit.

Poděkování: *Děkujeme Kateřině Novotné za její práci na analýze aralských jezerních sedimentů v GFZ v Potsdamu, kterou nám umožnila přístup k tak zajímavému studijnímu materiálu.*

AOPK ČR

Informační systém ochrany přírody (ISOP) umožňuje spravovat a zveřejňovat odborná data ochrany přírody a krajiny[1].
V roce 2010 vydala Agentura ochrany přírody a krajiny ČR publikaci, která přibližuje historii vzniku informačního systému, nabízí jeho celkový popis a souhrn návodů k používání jednotlivých aplikací. Pro lepší pochopení funkcí aplikací a jejich vzájemných vazeb je u každé z nich uvedena také tabulka systémových informací a zjednodušené datové schéma.

1) Viz Vesmír 88, 668, 2009/10

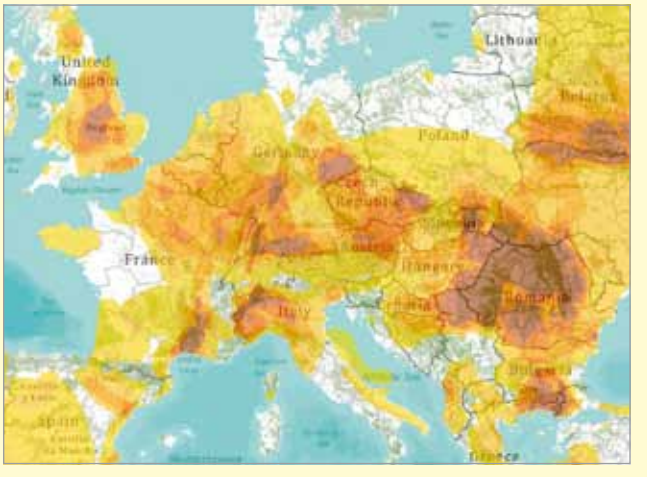
Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
Nuselská 39, Praha 4, 140 00, telefon 241 082 219,
fax 241 082 999, e-mail: aopkcr@nature.cz, www. nature.cz

INZERCE

ARCDATA PRAHA
esri Official Distributor

Životní prostředí Evropy v GIS

Evropská agentura pro životní prostředí (EEA) a společnost Esri dlouhodobě spolupracují na publikaci geografických dat pro odbornou veřejnost. Nejnovějším výsledkem jejich spolupráce je zpřístupnění desítek datových sad prostřednictvím portálu ArcGIS.com. Ty svojí tematikou sahají od dat CORINE, přehledu měření kvality koupací vody a sledování změn klimatu až po předpověď změny atraktivity turistických oblastí v závislosti na probíhajícím oteplování.
Publikované mapy je možné na portálu ArcGIS.com prohlížet prostřednictvím webového browseru. Uživatelé geografického informačního systému ArcGIS je mohou navíc bezplatně využívat přímo ve svých projektech.



Výskyt velkých povodní v Evropě v letech 1998–2008, vyjádřený barvou od žluté (jedna povodeň) po hnědou (šest a více).

ARCDATA PRAHA, s. r. o., je firma plně specializovaná na technologie a služby v oblasti geografických informačních systémů. Poskytuje kompletní nabídku software a služeb včetně dat dálkového průzkumu Země. Je autorizovaným distributorem firmy Esri, Inc., největšího světového výrobce GIS, dále systémů firem ITT VIS (software ENVI), Telvent Miner & Miner a kompresních programů firmy Lizardtech, Inc., v České republice. Bližší informace: tel.: 224 190 511, e-mail: office@arcdata.cz nebo internet: www.arcdata.cz.

INZERCE

Aralské jezero

Myslíš, že je v lidských silách zlikvidovat čtvrté největší jezero světa? Odpověď zní bohužel ano.

Aralské jezero leží ve střední Asii na hranicích mezi Kazachstánem a Uzbekistánem. Vzniklo asi před 10 tisíci lety, kdy se řeky Amudarja a Syrdarja setkaly v oblasti Aralské propadliny. Dnes se na něm odehrává jedna z nejhorších ekologických katastrof.

Co zapříčinilo zkázu Aralského jezera

V roce 1954 začali sovětští soudruzi budovat zavlažovací kanály, aby přeměnili středoasijské pouště na bavlníková pole světového významu. Voda byla odváděna z řek Amudarja a Syrdarja, které Aralské jezero zásobovaly.

Následky vysychání jezera se začaly projevovat už na začátku 60. let 20. století, přesto se plantáže rozšiřovaly. Dnes už Aralské jezero v podobě, ve které je stále zobrazeno ve většině atlasů, neexistuje.

- Zavlažování půdy v takto horkém podnebí vedlo k jejímu zasolování, proto se také zavlažování dále zintenzivňovalo ve snaze soli vymývat, což nepomohlo. Místo vlastního jezera vznikla solná poušť. Navíc solný prach roznášený větrem, slané deště a slané mlhy obsahují škodlivé součásti umělých hnojiv, které se používaly na polích.
- Ty samé škodliviny se nacházejí i v podzemní vodě. Voda ze studen kolem bývalého Aralského jezera je podle norem jedovatá. Místní lidé ji ovšem stále pijí, protože jim nic jiného nezbývá.
- Hladina jezera poklesla o 16 metrů. Pobřeží ustoupilo v průměru o 80 km, někde však také až o 150 km. Řeky tak nakonec do Aralského jezera vůbec nedotekly.
- Rybářské přístavy zůstaly na suchu. O zdroj obživy přišlo na 80 000 lidí, obyvatelé se museli stěhovat do vnitrozemí.
- Díky zvýšené salinitě vody vymřely ryby, byl narušen celý ekosystém jezera.
- Zhoršil se zdravotní stav obyvatel. Obyvatelé trpí především nemocemi dýchacího ústrojí, anémií, přibývá vrozených vad, rakoviny, tuberkulózy. Děti se dnes v celé oblasti rodí předčasně, dožívají se věku pouze 59,5 roku.
- Změnilo se klima celého regionu směrem k extrémnějším podmínkám – zimy jsou chladnější, léta teplejší. Přilehlé stepi podléhají dezertifikaci.

Je šance na záchranu?

V roce 1987 se jezero rozpadlo na dvě oddělená jezera - Severní (*Malé*) a Jižní (*Velké*) Aralské jezero. V roce 1995 byly obě části propojeny kanálem, který měl zajišťovat výměnu vody, avšak vysychání je příliš rychlé na to, aby se vyplatilo udržovat tento kanál v provozu. Jižní část jezera se dále rozpadla na východní a západní, přičemž západní zřejmě čeká úplný zánik, jelikož nemá žádný přítok.

Existují názory, že likvidace Aralského jezera byla cílená, protože muselo být jasné, že když se řeky zásobující jezero odvedou jinam, jezero bez nich vyschne.

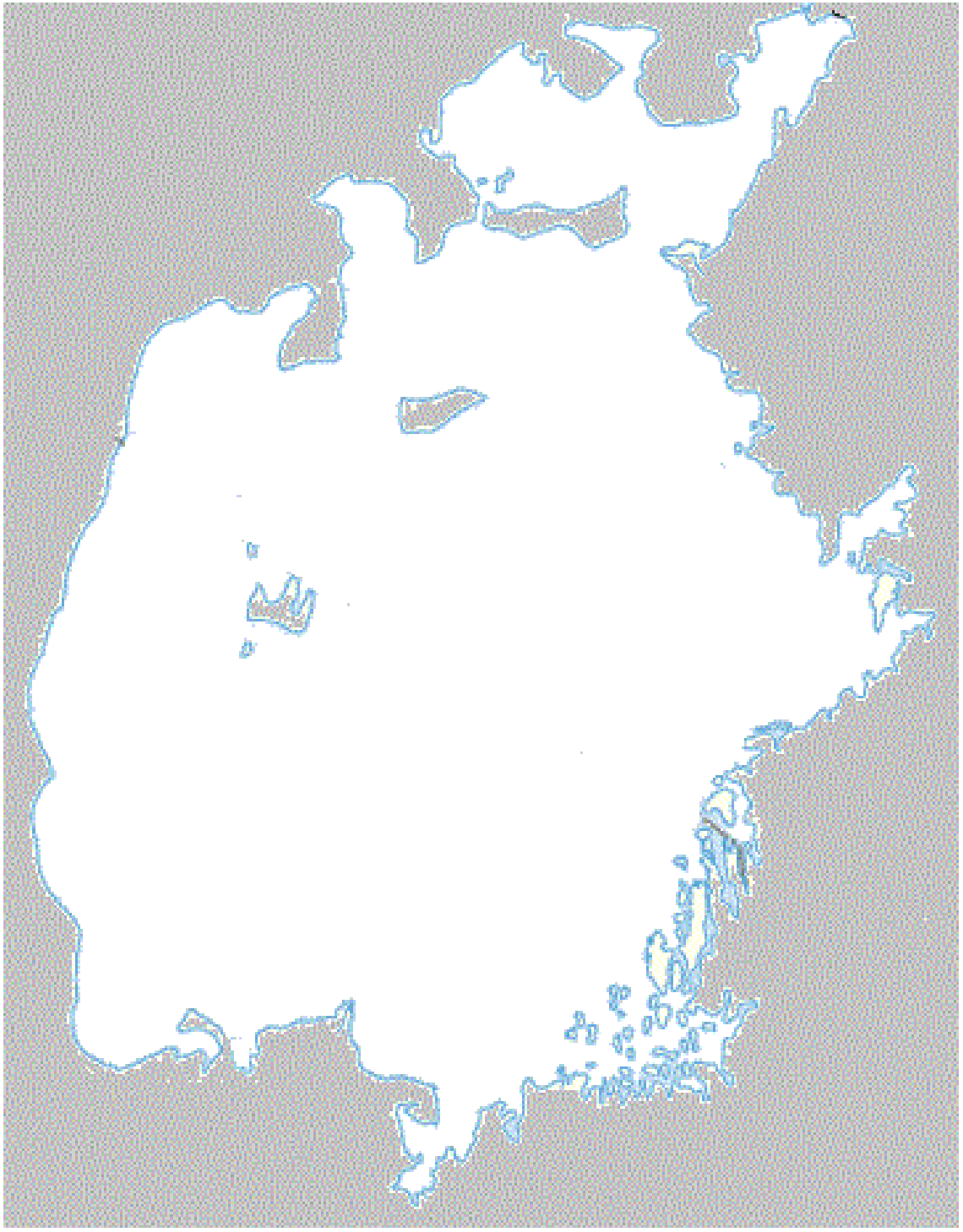
Zatímco jižní část jezera se dnes považuje za ztracenou, pro hlubší severní část existuje plán záchrany. Kazachstán za pomoci Ruska totiž navrhuje vybudovat 2550 km dlouhý kanál z řeky Ob. Tím by se ovšem zase mohl ochladit Severní ledový oceán, kam Ob ústí.

O záchranu jižních částí není zájem možná proto, že pod Aralskou sníženinou byla objevena veliká ložiska ropy a zemního plynu, jejichž těžbu Uzbekistán plánuje. Očekává se, že zánik jižní části by mohl nastat během dvaceti let.

Aralská ekologická katastrofa je tragická. Když ji člověk nevidí na vlastní oči, nemůže tomu uvěřit.

Upraveno dle:

http://referaty-seminarky.cz/aralske-jezero/ [cit. 2008-4-4]
http://aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=357020 [cit. 2008-4-4]
http://www.sci.muni.cz/~dobro/jezerni_panve.htm [cit. 2008-4-4]
http://cs.wikipedia.org/wiki/Aralsk%C3%A9_jezero [cit. 2008-4-4]



ROK

PROCENTO PŮVODNÍ PLOCHY

VAŠE HYPOTÉZA

POTVRZENA - VYVRÁCENA

Aralské jezero

Na kterém kontinentu leží Aralské jezero? .....

Mezi kterými státy se Aralské jezero rozkládá? .....

Které řeky do něj ústí? .....

Velikost plochy hladiny Aralského jezera v roce 1960: ..... km^2.

Vypočítejte, kolik procent plochy hladiny bylo v daném roce a jakou mělo rozlohu v daném roce.

	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
procento původní plochy													
rozloha jezera v km^2													

Proč Aralské jezero vysychá:

.....

.....

.....

Jaké následky má vysychání Aralského jezera?

.....

.....

.....