

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra plánování krajiny a sídel**



**Shrnutí příčin a důsledků vysychání Aralského jezera  
a návrh koncepce úspory vody pro závlahy**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Nikita Bondarev**

**Vedoucí práce: Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka**

© 2023 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikita Bondarev

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Shrnutí příčin a důsledků vysychání Aralského jezera a návrh koncepce úspory vody pro závlahy.**

Název anglicky

**Summary of reasons and results of Aral Sea drying and a conceptual proposal for savings of irrigation water.**

---

### Cíle práce

Aralské jezero téměř vyschlo po té, co je již po několik dekád provozována závlaha bavlníkových plantáží, která odebírá vodu z hlavních přítoků jezera. Cílem práce je popsat situaci a na základě dostupných údajů rámcově posoudit, do jaké míry by tento stav mohl být napraven použitím moderních závlahových postupů.

### Metodika

Zpracujte stručný přehled vývoje v oblasti a historii intenzivní zemědělské výroby až po současný stav. Z literárních zdrojů vyberte hlavní problémy životního prostředí, sociální a ekonomické aspekty, které se vyvinuly díky vysychání jezera.

Zjistěte současné technologie závlah a diskutujte použití moderních metod ve vztahu k potenciálnímu vylepšení vodohospodářské bilance.

---

**Doporučený rozsah práce**

40+přílohy

**Klíčová slova**

Aralské jezero, závlahy, desertifikace

---

**Doporučené zdroje informací**

GLANTZ, Michael. Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin. Cambridge University Press, 13. 5. 1999, 291s.

KULHAVÝ, František a Zbyněk KULHAVÝ. Navrhování hydromelioračních staveb. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. Technická knižnice. ISBN 978-80-87093-83-2.

LÉTOLLE, R. and M. MAINGUET. Aral. Springer-Verlag. Paris. 1993.

SLAVÍK, Ladislav, Petr BERAN a Josef ZAVADIL. Závlahy pro pěstitele speciálních plodin a zahrádkáře. Praha: Inst. výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1993. ISBN 80-7105-057-1.

ŠTIBINGER, Jakub a František KULHAVÝ. Úpravy vodního režimu půd odvodněním. Praha, 2010. ISBN 978-80-213-2132-8.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Dr. Ing. et Ing. Miroslav Kravka

**Garantující pracoviště**

Katedra plánování krajiny a sídel

**Konzultant**

Ing. Radek Klíč

---

Elektronicky schváleno dne 21. 2. 2022

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2023

---

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Shrnutí příčin a důsledků vysychání Aralského jezera a návrh koncepce úspory vody pro závlahy“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Praze dne 31.03.2023



---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Dr. Ing. et Ing. Miroslavu Kravkovi za profesionální a odborné vedení mé práce, také za veškeré cenné rady a připomínky, které byly při jejím zpracování velkým přínosem.

# Shrnutí příčin a důsledků vysychání Aralského jezera a návrh koncepce úspory vody pro závlahy

## Abstrakt

Vysychání Aralského jezera, způsobené především neudržitelnými zavlažovacími postupy v sovětské éře, vedlo k závažným environmentálním, ekonomickým a sociálním důsledkům. Z ekologického hlediska způsobilo zmenšování jezera ztrátu biologické rozmanitosti, toxickou krajinu a změnu klimatických vzorců. Ze socioekonomického hlediska vedla katastrofa k úpadku rybářského průmyslu, zdravotním problémům a ztrátě tradičních zdrojů obživy.

Tato práce navrhuje koncept úspory vody pro zavlažování, který má zmírnit dopady a zabránit budoucím událostem. Koncepce podporuje účinné postupy hospodaření s vodou, regionální spolupráci, budování kapacit a zvyšování povědomí místních komunit. Rovněž vybízí mezinárodní organizace, vlády a nevládní organizace k podpoře iniciativ udržitelného hospodaření s vodou.

Koncepce dále klade důraz na reformu politiky a regulační rámce, které mají zajistit spravedlivé a udržitelné rozdělování vodních zdrojů, včetně přijetí zásad IWRM, přísných norem kvality vody a opatření k zabránění nelegálnímu odběru vody.

Závěrem lze říci, že cílem této práce je řešit základní příčiny krize v Aralském jezeře a přispět k probíhajícím diskusím o udržitelném hospodaření s vodními zdroji v regionu i mimo něj.

**Klíčová slova:** Aralské jezero, Amu Darja, Syr Darja, Střední Asie, závlahy, desertifikace

# **Summary of reasons and results of Aral Sea drying and a conceptual proposal for savings of irrigation water**

## **Summary**

The desiccation of the Aral Sea, primarily due to unsustainable irrigation practices during the Soviet era, has led to severe environmental, economic, and social consequences. Ecologically, the shrinking of the lake has caused biodiversity loss, a toxic landscape, and altered climate patterns. Socioeconomically, the disaster has resulted in a decline in the fishing industry, health issues, and loss of traditional livelihoods.

This thesis proposes a water-saving concept for irrigation to mitigate the impacts and prevent future occurrences. The concept promotes efficient water management practices, regional cooperation, capacity building, and raising awareness among local communities. It also encourages international organizations, governments, and NGOs to support sustainable water management initiatives.

Furthermore, the concept emphasizes policy reform and regulatory frameworks to ensure fair and sustainable allocation of water resources, including the adoption of IWRM principles, strict water quality standards, and measures to prevent illegal water extraction.

In conclusion, this thesis aims to address the root causes of the Aral Sea crisis and contribute to ongoing discussions on sustainable water resource management in the region and beyond.

**Keywords:** Aral Sea, Amu Darya, Syr Darya, Central Asia, irrigation, desertification

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Literární přehled.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Vymezení problému a definice zájmového území.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Fyzicko-geografické poměry (celé povodí).....</b>	<b>5</b>
3.2.1	Klima.....	6
3.2.2	Gelogie, půdy, reliéf terénu.....	7
3.2.3	Voda .....	8
3.2.4	Děje v Aralském jezeře .....	9
3.2.5	Tradiční plodiny .....	10
<b>3.3</b>	<b>Sociálně-geografické poměry.....</b>	<b>12</b>
3.3.1	Osídlení oblasti .....	12
3.3.2	Politická situace .....	14
3.3.3	Vlastnictví půdy .....	15
<b>3.4</b>	<b>Aktuální stav Aralského jezera .....</b>	<b>17</b>
3.4.1	Úbytek vody .....	18
3.4.2	Prachové bouře a toxický prach .....	23
3.4.3	Změny v biologické diverzitě .....	24
3.4.4	Degradace ekosystémů.....	25
3.4.5	Změna půdy v regionu .....	26
3.4.6	Změna počasí a klimatu .....	27
<b>3.5</b>	<b>Dopady na obyvatelstvo .....</b>	<b>27</b>
3.5.1	Dopady na zdraví obyvatelstva .....	27
3.5.2	Ekonomické důsledky a zaměstnanost.....	29
<b>3.6</b>	<b>Projekty, které proběhly nebo byly navrženy pro zvrácení nepříznivého stavu</b>	<b>31</b>



3.6.1	Příklady neúspěchu některých projektů .....	38
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b>Stanovení kritérií hodnocení projektů a míry jejich potenciální efektivitý .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b>Zavedení technologie kapkové závlahy jak potenciální řešení této krize..</b>	<b>46</b>
5.2.1	Návrh systému kapkové závlahy.....	47
5.2.2	Kapková závlaha pro bavlnu v oblasti Aralského jezera .....	49
5.2.3	Kapková závlaha pro další oblíbené rostliny v oblasti Aralského jezera..	50
<b>5.3</b>	<b>Další opatření k řešení problému.....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>62</b>

# 1 Úvod

Aralské jezero, kdysi prosperující a ekologicky rozmanitá vodní plocha s plně funkčními námořními přístavy na obou březích, Aralskem na severu a Mujnakem na jihu, a také několika říčními deltami, je nyní na moderních fotografiích zachyceno jako umírající jezero s přístavem Mujnak vzdáleným více než 150 km od pobřeží.

Přílišné snahy lidstva sehrály významnou roli při způsobování globálních klimatických, hydrologických a geologických změn, které vedou k ekologickým problémům, jako je odlesňování, rozšiřování pouští, zhoršování kvality vody, znečištění ovzduší, úbytek ozonové vrstvy a globální oteplování, což je důsledek úbytku řek, jezer a mokřadů. Ochrana životního prostředí je často upozaděna před socioekonomickými a politickými zájmy, takže pro mnohé vlády je obtížné vyrovnat se s pomalým tempem změn životního prostředí. Lidé si však začínají uvědomovat, že jejich nezřízená touha po bohatství, růstu a nadvládě má důsledky, které se projevují nebyvalým narušením přírodních procesů. Zatímco západní země si začaly uvědomovat význam ekologické ochrany v 70. a 80. letech 20. století, SSSR si ekologické problémy uvědomil až na pokraji svého rozpadu. V současnosti slouží Kanada, Holandsko, Švýcarsko a Japonsko jako příkladné vzory pro ostatní země, protože ukázaly, jak najít rovnováhu mezi urbanizací a ochranou přírody nalezením harmonie mezi hospodářským rozvojem a ochranou přírody. Partnerství mezi člověkem a přírodou je založeno na hluboké úctě k přírodě a uznání jejího významu, které je vštěpováno dětem a odvozováno od porozumění přírodě. Bohužel ekosystém delty a pobřežního pásu, který se formoval po staletí, byl v pobřežním pásmu zcela zničen. Vyschla jezera, zvýšila se salinita vody, suché bažiny nahradily slané močály, ubylo ryb a kožešinových zvířat, vymizelo stěhovavé ptactvo, ubývá rostlin a živočichů a místní klima prošlo změnami, které za sebou zanechávají depresivní obraz křehkého ekosystému naší planety.

V povodí Aralského jezera se nachází pět suverénních států, a to Kazachstán, Kyrgyzstán, Tádžikistán, Turkmenistán a Uzbekistán, které si uvědomují naléhavou potřebu řešit problém Aralského jezera a přilehlého Aralského priaralu (suché pobřežní zóny). Představitelé těchto zemí schválili komplexní „Koncepci“, která

přesně nastiňuje návrh na vytvoření nového udržitelného antropogenně-přírodního komplexu v oblasti Aralského jezera, jehož cílem je obnovit produktivitu oblasti na maximální možnou předchozí úroveň. Nicméně realizace těchto plánů se stále potýká s překážkami, zejména v důsledku hospodářského a sociálního úpadku.

## 2 Cíl práce

### Cílem této práce bylo:

- shrnout hlavní příčiny, které vedly k vysychání Aralského jezera, včetně historických, společensko-politických a environmentálních faktorů, které k této krizi přispěly.
- Analyzovat důsledky vysychání Aralského jezera na okolní ekosystém, místní komunity a regionální ekonomiku, přičemž je třeba zkoumat různé dopady na lidské zdraví, zemědělství a vodní zdroje.
- Přezkoumat různé projekty a iniciativy, které byly realizovány nebo navrženy k řešení problémů spojených s vysycháním Aralského jezera, a posoudit jejich účinnost a potenciální dopad na základě stanovených kritérií.
- Navrhnout koncepci úspory vody pro zavlažování, jejímž cílem by bylo snížit spotřebu vody a zvýšit efektivitu zemědělství a zároveň zohlednit jedinečné problémy, kterým čelí oblast Aralského jezera.
- Nabídnout doporučení pro budoucí výzkum, rozvoj politiky a spolupráci při obnově ekosystému Aralského jezera s důrazem na udržitelné postupy hospodaření s vodou a regionální spolupráci mezi středoasijskými zeměmi.

Splněním těchto cílů se tato práce snažila poskytnout komplexní přehled o krizi Aralského jezera a přispět k rozvoji udržitelných řešení, která by zmírnila přetrvávající problémy, jimž tento region čelí.

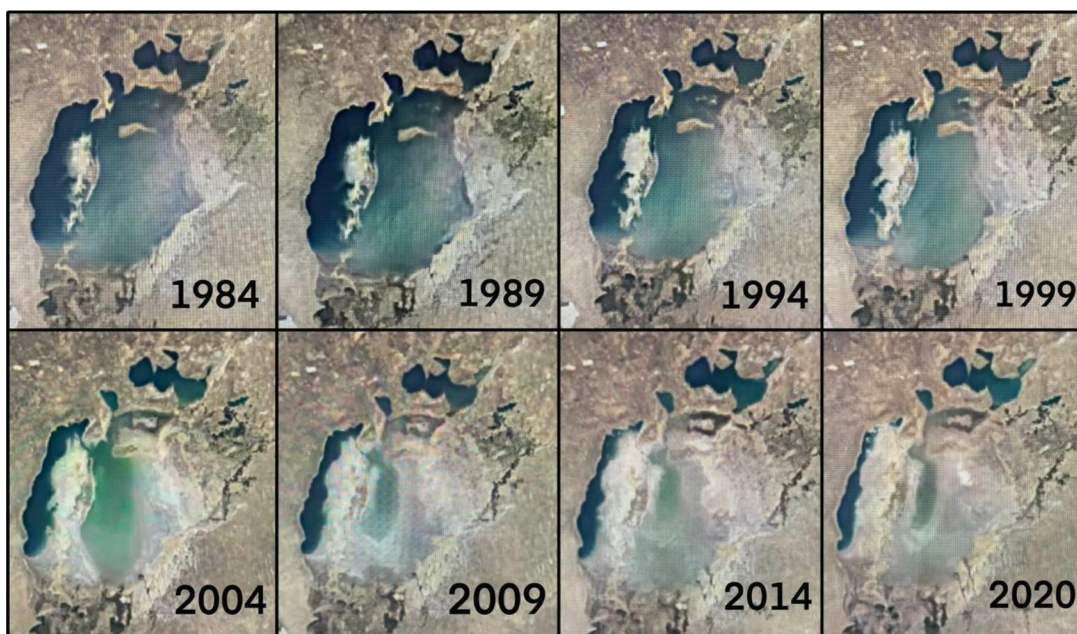
### 3 Literární přehled

#### 3.1 Vymezení problému a definice zájmového území



obr. 1: Povodí Aralského jezera. Mapa sestavena z: Gaybullaev et al., 2012; Micklin, 2007; satelitní snímky Landsat od USGS/NASA; digitální model reliéfu od USGS EROS; vizualizace od UNEP/GRID-Sioux Falls. (zdroj -na.unep.net).

Definice problému se soustředila na složitou souhru faktorů, které přispěly k výraznému zmenšení Aralského jezera, kdysi čtvrtého největšího jezera na světě. Mezi tyto faktory patřily nadměrné odběry vody pro zavlažovací účely, zastaralé a neefektivní zemědělské postupy a sociálně-politické podmínky, které situaci zhoršovaly. V minulosti bylo Aralské jezero zásadním zdrojem vody, který podporoval rozmanité ekosystémy a poskytoval obživu místním komunitám. Od 60. let 20. století však rozsáhlé zavlažovací projekty, především pro pěstování plodin náročných na vodu, jako je bavlna, vedly k výraznému snížení přítoku vody do jezera. V důsledku toho hladina vody v jezeře neustále klesala, což způsobilo řadu environmentálních a socioekonomických problémů.



obr. 2: Vysychání Aralského jezera. Obrázek byl sestaven z satelitních snímků. (zdroj - earthengine.google.com).

Vysychání Aralského jezera mělo dalekosáhlé důsledky, jako je zhoršení místního životního prostředí, negativní dopady na lidské zdraví, ztráta biologické rozmanitosti a úpadek regionálních ekonomik.

Zájmová oblast vymezuje jako celé povodí Aralského jezera, které zahrnuje území několika středoasijských zemí, včetně Kazachstánu, Uzbekistánu, Turkmenistánu, Tádžikistánu a Kyrgyzstánu. Tento region byl vybrán vzhledem k jeho přímému napojení na hydrologický systém Aralského jezera, společným vodním zdrojům a přeshraniční povaze problémů, které krize představuje. V zájmu komplexního pochopení problému a možných řešení byly zohledněny rozmanité ekosystémy, sociálně-politická krajina a zemědělské postupy v povodí Aralského jezera.

Řešením definice problému, začleněním historických souvislostí a upřesněním zájmové oblasti měla tato práce za cíl poskytnout pevný základ pro následnou analýzu a hodnocení příčin a důsledků vysychání Aralského jezera a také pro vypracování koncepčního návrhu úspor vody v oblasti zavlažování (Létolle a Mainguet, 1996).

### 3.2 Fyzicko-geografické poměry (celé povodí)

Povodí, které se rozkládá na ploše přibližně 1,8 milionu kilometrů čtverečních, je společné pro pět středoasijských zemí: Kazachstán, Uzbekistán, Turkmenistán,

Tádžikistán a Kyrgyzstán. Geografie povodí hrála zásadní roli při utváření problémů v oblasti vodního hospodářství, které přispěly k ekologické katastrofě.

Povodí Aralského jezera se vyznačuje suchým a polosuchým podnebím s vysokou mírou výparu a nízkými úhrny srážek. Toto klima přispívá k problémům s nedostatkem vody v regionu. Povodí je napájeno především dvěma velkými řekami, Amu Darjou a Syr Darjou, které pramení v horských oblastech Tádžikistánu a Kyrgyzstánu. Tyto řeky v minulosti zajišťovaly bohaté zásobování Aralského jezera vodou a podporovaly rozmanité ekosystémy a zemědělské činnosti v povodí.

Topografie povodí Aralského jezera se značně liší, od vysokých hor a náhorních plošin až po nížiny a rozsáhlé pouště. V horských oblastech Tádžikistánu a Kyrgyzstánu spadne značné množství sněhu, který přispívá k zásobám vody ve formě tání sněhu. Naproti tomu nížiny se vyznačují rozsáhlými rovinami a pouštěmi s nízkou schopností zadržovat vodu. Tyto rozdíly v topografii mají významné důsledky pro hospodaření s vodními zdroji a rozvoj strategií úspory vody pro zavlažování.

Půdní podmínky v povodí Aralského jezera jsou různorodé, vyskytují se zde oblasti s úrodnými hlinitými a jílovitými půdami i půdy slané a písčité. Rozšířená praxe neúčinných zavlažovacích metod a pěstování plodin náročných na vodu, jako je bavlna, vedla ke zvýšení zasolení půdy a snížení její úrodnosti, což dále zhoršilo problémy povodí s nedostatkem vody (Smolová a Vysoudil, 2003).

### **3.2.1 Klima**

#### **Teplota:**

Průměrná teplota v oblasti Aralského jezera se výrazně lišila v závislosti na ročním období, s chladnými zimami a horkými léty. Zimní teploty v některých oblastech klesaly až k  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zatímco letní teploty dosahovaly  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  i více. Teplotní extrémy byly výraznější v pouštních a stepních oblastech kolem Aralského jezera, zatímco v horských oblastech na jihovýchodě byly teplotní výkyvy mírnější.

#### **Srážky:**

Pro oblast Aralského jezera je charakteristické sucho a nízký roční úhrn srážek, který se na většině území pohyboval mezi 100 a 200 milimetry. V horských oblastech na jihovýchodě spadlo více srážek, v některých oblastech až 1 000

milimetrů ročně. Většina srážek v oblasti však spadla v horách ve formě sněhu, který během jarních a letních měsíců při tání sněhu napájel řeky Amu Darja a Syr Darja.

Vzhledem k vysokým teplotám a nízké vlhkosti vzduchu byl výpar v regionu výrazně vyšší než srážky. Tato nerovnováha mezi výparem a srážkami přispěla ke zmenšení Aralského jezera a zvýšila slanost zbývajících vodních ploch (Létolle a Mainguet, 1996).

### **3.2.2 Geologie, půdy, reliéf terénu**

Oblast Aralského jezera se nachází ve střední Asii a na severu hraničí s Kazachstánem a na jihu s Uzbekistánem. Oblast měla rozmanité geologické složení, včetně Turanské platformy, která se utvářela převážně ze sedimentárních hornin, a pohoří Tien-šan a Pamír se utvářelo z vyvřelých a metamorfovaných hornin.

#### **Reliéf:**

Reliéf oblasti Aralského jezera byl velmi rozmanitý. Na sever a západ od Aralského jezera byl terén převážně rovinný s rozsáhlými stepi a pouštěmi. Na západ od jižní části Aralského jezera se rozkládala Uss'jurtská plošina, rozsáhlá náhorní plošina s průměrnou výškou 150 metrů. Oblast kolem povodí Aralského jezera měla poměrně plochý reliéf s mírným sklonem od východu k západu.

Naproti tomu jihovýchodní část regionu se vyznačovala vysokými pohořími Tien-šan a Pamír. Tato pohoří, která dosahovala výšky až 7 000 metrů, tvořila přirozenou bariéru, která ovlivňovala klima a vodní zdroje regionu tím, že zachytávala

a ukládala značné množství srážek ve formě sněhu a ledovců. Dvě hlavní řeky, které zásobovaly vodou Aralské jezero, Amu Darja a Syr Darja, pramenily v těchto horách.

#### **Půdy:**

V oblasti Aralského jezera se našly různé typy půd vzhledem k rozmanitosti topografie, klimatu a vegetace. Nejrozšířenějším půdním typem v oblasti byla pouštní půda, která pokrývala rozsáhlé oblasti stepí a pouští v okolí Aralského jezera. Pouštní půdy měly obecně nízký obsah organické hmoty a úrodnosti a vysokou koncentraci solí v důsledku suchého klimatu a vysoké míry vypařování.



Aluviální půdy se vyskytovaly v údolích a deltách řek Amu Darja a Syr Darja. Tyto půdy byly úrodnější a měly vyšší obsah organické hmoty v důsledku ukládání sedimentů z řek. Tyto oblasti byly v minulosti důležité pro zemědělství, zejména pro produkci bavlny.

S vysycháním Aralského jezera se však zasolování půdy stalo v této oblasti významným problémem. Nadměrný odběr vody z řek pro zavlažování vedl ke snížení přirozeného vyplavování solí z půdy. Kromě toho se z obnaženého mořského dna bývalého Aralského jezera uvolňovalo velké množství soli, která byla přenášena větrem a usazovala se na okolní půdě, což dále zhoršovalo zasolování půdy. Tento proces měl vážný dopad na zemědělskou produktivitu regionu a celkový stav místních ekosystémů (Létolle a Mainguet, 1996).

### 3.2.3 Voda



obr. 3: Vodní zdroje v povodí Aralského jezera. (zdroj - cawater-info.net).

### Řeky:

V oblasti se také nacházela složitá síť řek, včetně Amudarji a Syrdarji, které byly kdysi hlavními zdroji vody pro Aralské jezero. Řeka Amu Darja, která pramení

v ledovcích pohoří Pamír v Tádžikistánu, byla nejdelší řekou ve Střední Asii. Protékala Afghánistánem, Turkmenistánem a Uzbekistánem a vlévala se do jižní části Aralského jezera. Řeka Amu Darja byla důležitým zdrojem vody pro zemědělství, zejména pro pěstování plodin náročných na vodu, jako je bavlna a rýže. Syr Darja pramenila v pohoří Tien-šan v Kyrgyzstánu a byla druhou nejdelší řekou ve Střední Asii. Protékala Tádžikistánem, Uzbekistánem a Kazachstánem a ústí do severní části Aralského jezera. Syr Darja také podporovala zemědělskou činnost, rozvoj průmyslu a domácí potřeby vody v regionu. Nadměrný odběr vody z řek Amu Darja a Syr Darja pro zavlažování vedl k výraznému snížení přítoku vody do Aralského jezera, což způsobilo jeho dramatické zmenšení a různé environmentální, sociální a hospodářské důsledky.

#### **Zdroje podzemní vody:**

Zdroje podzemní vody v oblasti Aralského jezera zahrnovaly mělké neuzavřené vodonosné vrstvy a hlubší uzavřené vodonosné vrstvy. Tyto zdroje zajišťovaly základní zásobování obyvatelstva vodou, zejména ve venkovských oblastech, kde byl přístup k povrchovým zdrojům vody omezen. Nadměrné využívání zdrojů podzemní vody vedlo k poklesu hladiny vody, zvýšené salinitě a kontaminaci v důsledku splachů ze zemědělství a průmyslového znečištění. Míra doplňování podzemních vod byla ovlivněna snížením přítoku vody z řek Amu Darja a Syr Darja a neúčinnými zavlažovacími postupy, které vedly k zamokření a zasolení některých oblastí.

#### **3.2.4 Děje v Aralském jezeře**

Významné a nevratné odběry vody, které v posledních letech dosáhly 70-75 km<sup>3</sup>/rok, spolu s přirozeným suchem a vyčerpáním kompenzační kapacity řek významně ovlivnily vodní a solnou bilanci. V letech 1961-2002 převýšil výpar součet přítoků, což vedlo k výraznému narušení vodní a solné bilance jezera. Jen v roce 1998 přítok 29,8 km<sup>3</sup> převýšil výpar o 27,49 km<sup>3</sup>. Ve sledovaném období se množství říční vody přitékající do jezera výrazně snížilo. Konkrétně v roce 1965 klesl přítok říční vody do jezera na průměrných 30,0 km<sup>3</sup>/rok. V následujícím období mezi lety 1971 a 1980 však průměr klesl na 16,7 km<sup>3</sup>/rok, což představuje pouze 30 % ročního průměru. V následujícím období od roku 1980 do roku 1999 se přítok do jezera ještě snížil na 3,5-7,6 km<sup>3</sup>/rok, tj. 6-13 % ročního průměru. Ve skutečnosti bylo v některých letech

s nízkou hladinou vody, jako např. v letech Amu Darja a Syr Darja, množství říční vody přitékající do jezera prakticky zanedbatelné.

Kromě toho se v průběhu let změnila kvalita říčního odtoku, přičemž se zvýšil podíl vysoce slané odtoku a drenážní vody. To vedlo k výraznému zvýšení úrovně zasolení říční vody, což mělo za následek zhoršení hygienického stavu říční vody. Průměrná roční salinita vody Amu Darji a Syr Darji přitékající do jezera byla v letech s nízkou hladinou vody 0,8-1,6, resp. 1,5-2,0 g/l. V některých ročních obdobích byly pozorovány vyšší hodnoty. V důsledku toho, přestože se průměrný roční odtok z řeky v letech 1961-1980 snížil o více než 46 %, průměrné roční zatížení ionty se ve stejném období snížilo pouze o 4 tuny, tj. o 18 %. Výrazně se změnily i další prvky solné bilance. Snížení relativního množství uhličitánů v říčním odtoku tak snížilo množství soli, které podléhalo sedimentaci při mísení říční a jezerní vody, na polovinu (UNESCO Tashkent Office, 2017).

### **3.2.5 Tradiční plodiny**

Jednou z prvních rostlin pěstovaných v oblasti kolem Aralského jezera byla bavlna (*Gossypium spp.*). Bavlna se ve Střední Asii pěstovala po tisíce let a v oblasti Aralského jezera byla po staletí základní plodinou. Bavlna se používala nejen k výrobě oděvů, ale i k mnoha dalším účelům, včetně výroby rybářských sítí a lan. Bavlna byla jednou z nejdůležitějších plodin v regionu a byla hojně pěstována v okolí Aralského jezera.

Druhou plodinou, která se v oblasti pěstovala, byla pšenice (*Triticum spp.*). Pšenice byla v oblasti Aralského jezera po staletí základní potravinou a patřila k nejdůležitějším plodinám pěstovaným v regionu. Byla to odolná plodina, která mohla růst v různých podmínkách a byla nezbytná pro přežití místního obyvatelstva. Pšenice byla nejen konzumována místním obyvatelstvem, ale používala se také ke krmení hospodářských zvířat, která byla pro místní obyvatele důležitým zdrojem potravy a příjmů.

Třetí plodinou pěstovanou v oblasti Aralského jezera byla rýže (*Oryza sativa*). Rýže byla základní potravinou v mnoha částech Asie a v oblasti Aralského jezera byla důležitou plodinou. Rýže se v oblasti pěstovala díky své schopnosti růst

v podmáčených půdách a vysokým výnosům. Rýže byla pro místní obyvatelstvo důležitou plodinou, která se používala k jídlu a k prodeji na místních trzích.

Kromě těchto tří základních plodin se v oblasti Aralského jezera v průběhu jeho historie pěstovalo mnoho dalších plodin. Například len (*Linum usitatissimum*) se v oblasti pěstoval po staletí a používal se k výrobě lnu a oblečení. Mák (*Papaver somniferum*) se v oblasti pěstoval pro svá semena, která se používala k výrobě oleje a potravin. Další důležitou plodinou v oblasti byla vojtěška setá (*Medicago sativa*), která se používala jako krmivo pro dobytek.

Jednou z plodin pěstovaných v oblasti byl ječmen (*Hordeum vulgare*). Ječmen byl do Střední Asie poprvé dovezen před více než 4 000 lety a v oblasti Aralského jezera se pěstoval po staletí. Byla to odolná plodina, která odolávala drsným podmínkám a byla základní potravinou pro místní obyvatelstvo. Ječmen se používal také jako krmivo pro zvířata, k výrobě piva a jako zdroj slámy na podestýlku a palivo.

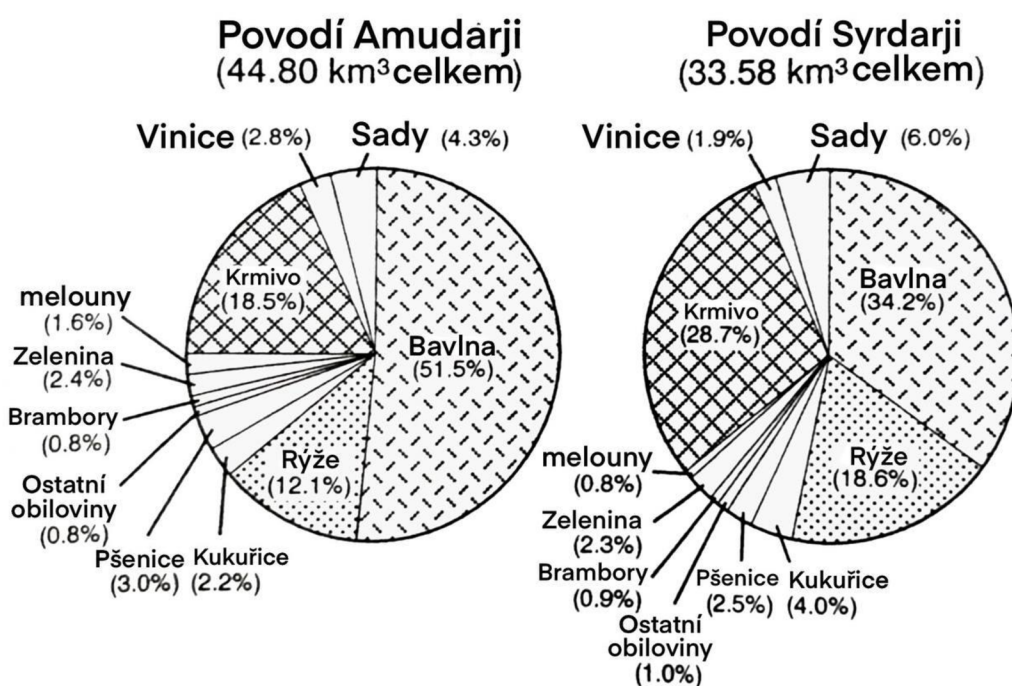
Další plodinou pěstovanou v regionu byl čirok (*Sorghum bicolor*). Čirok byl plodinou odolnou vůči suchu, která mohla růst v oblastech s nízkými srážkami.

V oblasti Aralského jezera byl po staletí důležitou potravinářskou plodinou, zejména v dobách sucha nebo nedostatku vody. Čirok se používal také jako krmivo pro zvířata a zdroj paliva.

Kukuřice (*Zea mays*), se v oblasti Aralského jezera pěstovala po staletí. Do oblasti ji přivezli španělští objevitelé v 16. století a od té doby se stala důležitou potravinářskou plodinou. Kukuřice mohla růst na různých typech půdy a pro mnoho místních obyvatel byla základní potravinou. Používala se také jako krmivo pro zvířata a zdroj paliva.

Šafrán setý (*Crocus sativus*) se v oblasti pěstoval více než 2 000 let a používal se pro své léčivé a kulinářské vlastnosti. Byl jedním z nejdražších koření na světě a pro místní obyvatele představoval důležitý obchodní artikl. V oblasti Aralského jezera se pěstoval vysoce kvalitní šafrán, který se používal v tradičních pokrmech a jako přírodní barvivo.

Důležitou plodinou v oblasti Aralského jezera byly po staletí také melouny (*Citrullus lanatus*). Melouny, kantalupy (*Cucumis melo var. cantalupensis*) a melouny medovicové (*Cucumis melo var. inodorus*), které se v oblasti pěstovaly a poskytovaly místním obyvatelům potravu a příjem. Melouny se také používaly v tradiční medicíně pro své chladivé vlastnosti a jako zdroj hydratace. V oblasti Aralského jezera se pěstovala také řada ovocných stromů, včetně meruněk (*Prunus armeniaca*), broskví (*Prunus persica*), jabloní (*Malus domestica*), hrušní (*Pyrus communis*) a třešní (*Prunus avium*). Toto ovoce se v oblasti pěstovalo po staletí a bylo důležitým zdrojem potravin a příjmů pro místní obyvatelstvo (Gavrilchik, 2009).

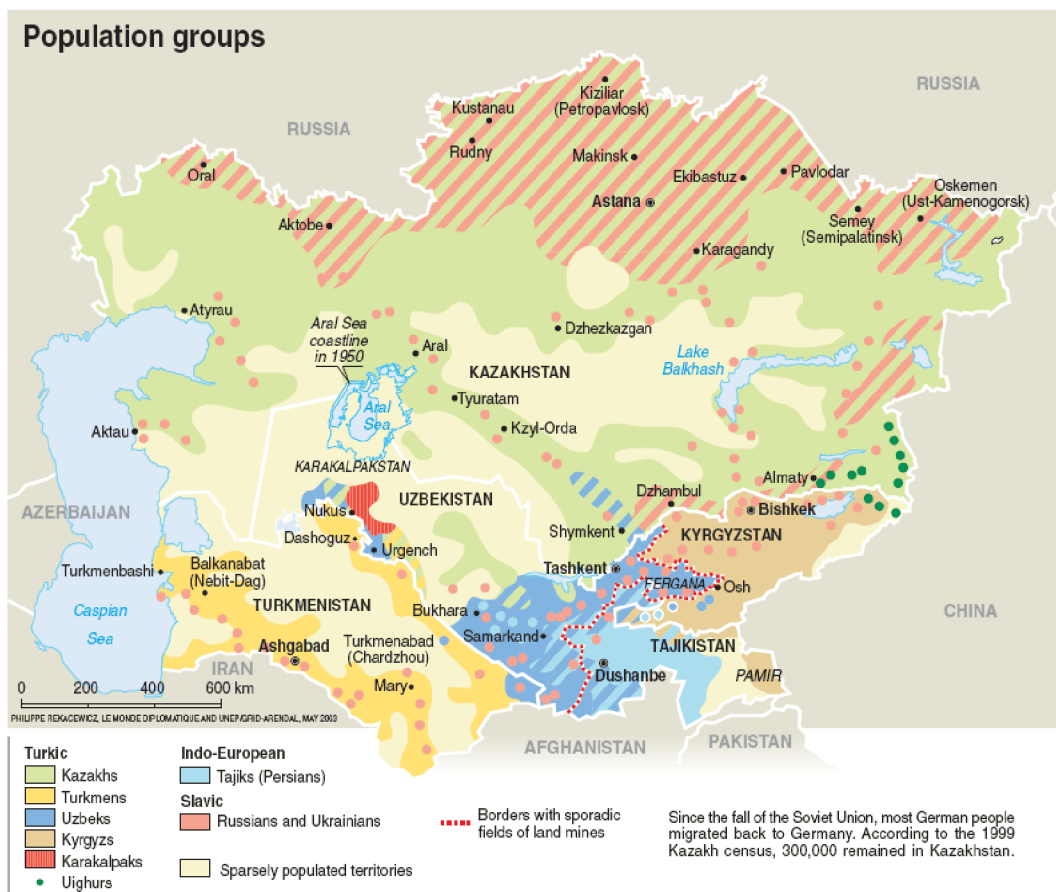


obr. 4: Zemědělské využití vody v povodí Amudarji a Syrdarji. (Tsutsui, 1991).

### 3.3 Sociálně-geografické poměry

#### 3.3.1 Osídlení oblasti

V této části jsem zkoumal rozmanité obyvatelstvo, které obývalo oblast kolem bývalého Aralského jezera, se zaměřením na různé etnické skupiny, včetně Kazachů, Uzbeků, Karakalpáků a dalších menšinových komunit. Byl analyzován dopad zániku jezera na socioekonomické podmínky, zdraví, migrační vzorce a tradiční způsob života v regionu.



obr. 5: Skupiny obyvatel povodí Aralského jezera(zdroj - cawater-info.net).

Vyschnutí Aralského jezera výrazně ovlivnilo obyvatelstvo regionu, což vedlo k rozsáhlé chudobě, nezaměstnanosti a sociálním problémům, jako je zhoršení zdravotního stavu a zvýšená migrace. Zánik jezera a následná degradace životního prostředí negativně ovlivnily zemědělský sektor, tradiční způsob života v regionu a kdysi prosperující rybářský průmysl, který byl pro místní obyvatelstvo životně důležitým zdrojem příjmů.

V regionu vedle sebe žily různé etnické skupiny, z nichž většinu tvořili Kazaši, Uzbekové a Karakalповé. V oblasti žily také menší menšinové skupiny, které přispívaly k její kulturní bohatosti a rozmanitosti. Vysychání Aralského jezera vedlo ke zvýšené migraci, protože mnoho obyvatel bylo nuceno opustit své domovy a hledat lepší příležitosti a životní podmínky jinde.

Nepříznivé důsledky zániku jezera se projeví nejen v jeho bezprostřední blízkosti, ale i v širším regionu. Environmentální a socioekonomické změny narušily tradiční způsoby života, včetně zemědělství, rybolovu a dalších zdrojů obživy závislých na

zdrojích jezera. Zvýšily se také zdravotní problémy, protože vysychání jezera přispělo ke zvýšené prašnosti a znečištění ovzduší, což negativně ovlivnilo zdraví dýchacích cest místních obyvatel.

### **3.3.2 Politická situace**

Po rozpadu SSSR se zbytky Aralského jezera ocitly na obou stranách uzbecko-kazachstánské hranice a nově nezávislé středoasijské státy se nedokázaly dohodnout na společném řešení zániku jezera. K degradaci unikátního mořského jezera došlo v důsledku prací na řekách Amu Darja a Syr Darja, které jezero napájely. Jezero se stalo mělkým a rozdělilo se na několik částí, což způsobilo neúnosné ekologické problémy. Napájecí řeky protékaly územím všech pěti bývalých sovětských republik Střední Asie a jejich vody byly kvůli přehradám pro jezero prakticky nepřístupné, což vedlo k tomu, že jezero každoročně umíralo. Pobřeží se vzdálilo od svých původních hranic a pobřežní města a osady se přesunuly daleko do vnitrozemí. Místní hospodářství, které bylo závislé na vodě a rybolovu, se zhroutilo a obyvatelé zůstali bez práce. Ze dna vyschlého jezera se uvolňoval chemický prach, což vedlo ke značným zdravotním problémům místních obyvatel.

Hospodářská politika v oblasti Aralského jezera byla v sovětské éře centrálně plánovaná a zaměřená na těžkou industrializaci a rozvoj přírodních zdrojů regionu, včetně bavlny, plynu a ropy. Stát kontroloval všechny aspekty hospodářství a přiděloval zdroje na základě národních priorit. Sovětská vláda investovala velké prostředky do rozvoje rozsáhlých zavlažovacích systémů na podporu produkce bavlny, což způsobilo vysychání řek, které napájely Aralské jezero, a vedlo k rychlému zmenšování jezera.

V postsovětské éře prošlo hospodářství regionu významnými změnami a přešlo od centrálně plánovaného hospodářství k tržně orientovanému. Rozpad Sovětského svazu měl za následek ztrátu státních dotací a investic, což vedlo k poklesu průmyslové výroby v regionu. Vysychání Aralského jezera mělo navíc negativní dopad na rybářský a lodní průmysl v regionu, které byly hlavními zdroji zaměstnanosti a příjmů. V reakci na tyto problémy se postsovětská vláda zaměřila na diverzifikaci hospodářství regionu a podporu soukromého podnikání. Vláda provedla různé ekonomické reformy, včetně daňových pobídek pro podniky a privatizace

státních podniků. Kromě toho se snažila přilákat zahraniční investice a podpořit rozvoj malých a středních podniků. Celkově se postsovětská hospodářská politika v oblasti Aralského jezera zaměřila na podporu hospodářského růstu a vytváření pracovních míst a zároveň na řešení environmentálních a sociálních dopadů vysychání jezera. Vláda zavedla různá opatření na podporu obnovy Aralského jezera a rozvoje udržitelných průmyslových odvětví v regionu, jako je cestovní ruch a zemědělství.

### **3.3.3 Vlastnictví půdy**

#### **Vlastnictví půdy v Kazachstánu:**

V Kazachstánu bylo vlastnictví půdy rozděleno mezi stát a soukromé osoby. Podle zákona o půdě Republiky Kazachstán byla půda rozdělena do tří kategorií: zemědělská, průmyslová a ostatní půda. Zemědělská půda byla dále rozdělena do tří podkategorií: zavlažovaná, dešťová a pastviny. Přibližně 76 % zemědělské půdy v Kazachstánu bylo v soukromém vlastnictví, zatímco zbývajících 24 % bylo ve vlastnictví státu. Půdu ve vlastnictví státu spravovaly místní vládní orgány, zatímco půdu v soukromém vlastnictví obhospodařovali jednotliví zemědělci. Stát si ponechal vlastnictví všech podpovrchových zdrojů včetně vody, což znamenalo, že soukromí zemědělci museli získat od státu práva na užívání vody. To mohlo způsobit problémy při efektivním řízení zavlažování, protože stát hrál roli při regulaci využívání vody, což mohlo vést ke konfliktům mezi zemědělci a státními orgány (Babajanian, 2005).

#### **Vlastnictví půdy v Uzbekistánu:**

V Uzbekistánu bylo vlastnictví půdy rovněž rozděleno mezi stát a soukromé osoby. Podle pozemkového zákoníku Republiky Uzbekistán byla veškerá půda v zemi ve vlastnictví státu, ale fyzické a právnické osoby mohly získat práva na užívání půdy až na 99 let. Zemědělská půda představovala 65 % celkové rozlohy Uzbekistánu a byla také rozdělena do tří podkategorií: zavlažovaná, dešťová a pastviny. V rámci tohoto systému byli zemědělci zodpovědní za správu vlastních zavlažovacích systémů a za získávání vody ze státem kontrolovaných kanálů. To mohlo vést k neefektivnímu využívání vody a ke konfliktům mezi zemědělci ohledně jejího přidělování. V posledních letech provedl Uzbekistán reformy s cílem zlepšit řízení



zavlažování, včetně vytvoření sdružení uživatelů vody (WUA) s cílem zlepšit hospodaření s vodou na místní úrovni (Trevisani, 2016).

### **Vlastnictví půdy v Turkmenistánu:**

V Turkmenistánu byla veškerá půda ve vlastnictví státu a za řízení zemědělské výroby byla odpovědná vláda. Podle turkmenského zákona o půdě byla zemědělská půda rozdělena do tří kategorií: zavlažovaná, dešťová a pastviny. Práva na užívání vody byla zemědělcům udělována na základě jejich práv na užívání půdy vydaných vládou. Navzdory státem kontrolovanému charakteru vlastnictví půdy v Turkmenistánu existovaly i neformální systémy vlastnictví půdy, zejména ve venkovských oblastech. V některých případech zemědělci zabírali a obdělávali půdu bez formálního uznání vládou. To mohlo vést ke konfliktům mezi zemědělci a státními orgány ohledně využívání půdy a přidělování vody (Babajanian, 2005).

### **Sdružení uživatelů vody:**

Sdružení uživatelů vody (WUA) byla důležitým mechanismem pro zlepšení řízení zavlažování v oblasti Aralského jezera. WUA byly místní organizace, které sdružovaly zemědělce, státní úředníky a další zúčastněné strany za účelem společného řízení vodních zdrojů na místní úrovni. Společnou prací mohly WUA pomoci zlepšit efektivitu využívání vody, omezit konflikty ohledně přidělování vody a zajistit, aby se zemědělci podíleli na způsobu hospodaření s vodními zdroji.

V Kazachstánu byly WUA odpovědné za řízení využívání vody v 3 200 zavlažovacích systémech v zemi. WUA se skládaly ze zemědělců, kteří vlastnili půdu v zavlažovacím systému a byli zodpovědní za placení provozu a údržby systému. WUA v Kazachstánu měly také pravomoc přidělovat vodu jednotlivým zemědělcům a mohly ukládat pokuty za nadměrné nebo nesprávné využívání vody.

V Uzbekistánu byly WUA zřízeny v roce 2003 jako součást vládního úsilí o zlepšení řízení zavlažování. WUA v Uzbekistánu byly zodpovědné za řízení využívání vody v příslušných oblastech, včetně údržby zavlažovacích kanálů, monitorování využívání vody a řešení konfliktů ohledně přidělování vody. Účinnost WUA v Uzbekistánu však byla omezena nedostatkem zdrojů a podpory ze strany vlády.

V Turkmenistánu vláda rovněž zřídila WUA, které byly zodpovědné za správu zavlažovacích systémů a zajištění efektivního využívání vody. Účinnost WUA

v Turkmenistánu však byla omezená. nedostatečnou transparentností a odpovědností při správě vodních zdrojů (Abdullaev a Rakhmatullaev, 2016).

Struktura vlastnictví půdy v oblasti Aralského jezera se v jednotlivých zemích lišila, nejvíce soukromých vlastníků bylo v Kazachstánu, v Uzbekistánu se jednalo o kombinaci soukromého a státního vlastnictví a v Turkmenistánu bylo vlastnictví plně státní. Vytvoření sdružení uživatelů vody poskytlo důležitý mechanismus pro zlepšení řízení zavlažování v regionu, ale jejich účinnost byla omezena nedostatkem zdrojů a podpory ze strany vlády. Zlepšení řízení zavlažování v oblasti Aralského jezera by vyžadovalo řešení základních příčin špatného řízení zavlažování, včetně nedostatečné infrastruktury, slabých institucí a chybějících cenových mechanismů a předpisů.

### **3.4 Aktuální stav Aralského jezera**

Aralské jezero prošlo dramatickými změnami, které měly závažné environmentální, sociální a ekonomické důsledky pro okolní region. Kdysi čtvrté největší jezero na světě ztratilo od 60. let 20. století přibližně 90 % svého původního objemu vody a přibližně 75 % své plochy. V důsledku toho se jeho plocha zmenšila z přibližně 68 000 km<sup>2</sup> (26 300 mil. km<sup>2</sup>) na přibližně 17 160 km<sup>2</sup> (6 630 mil. km<sup>2</sup>) a objem se zmenšil z přibližně 1 100 km<sup>3</sup> (264 mil. km<sup>3</sup>) na přibližně 110 km<sup>3</sup> (26 mil. km<sup>3</sup>).

Tyto změny vedly ke vzniku dvou samostatných vodních ploch: Severního (Malého) Aralského jezera a Jižního (Velkého) Aralského jezera. Severní Aralské jezero v Kazachstánu mělo rozlohu přibližně 3 300 km<sup>2</sup> a maximální hloubku přibližně 42 metrů. Výstavba přehrady Kok-Aral v roce 2005 umožnila, že v Severním Aralském jezeře došlo k určitému oživení hladiny vody a stavu ekosystému. V důsledku toho se úlovky ryb zvýšily z přibližně 600 tun v roce 1996 na více než 7 000 tun v roce 2018.

Naproti tomu stav jižního Aralského jezera, o které se dělí Kazachstán a Uzbekistán, se nadále zhoršoval. Bývalé jezerní dno se změnilo v poušť Aralkum a Jižní Aralské jezero se rozdrobilo na několik menších jezer s vysokou úrovní salinity, která v některých oblastech dosahuje až 100 gramů na litr, zatímco v 60. letech 20. století to bylo 10 gramů na litr (Aladin a Plotnikov, 2021).

### 3.4.1 Úbytek vody

#### Popis vodní bilance

Aralské jezero bylo jedinečným tektonickým jezerem, které nemělo odtok a nacházelo se v polopouštním až suchém klimatu. To znamenalo, že jezero bylo náchylné k nízkým srážkám a vysokému výparu, což mohlo způsobit kolísání hladiny vody v jezeře v čase. Hladinu vody v tomto jezeře určovala křehká rovnováha mezi srážkami, přítokem a výparem. Jezera bez odtoku byla náchylná ke kolísání na základě klimatických podmínek, podobně jako četná ledovcová jezera nebo slaná jezera. Aralské jezero však vyžadovalo komplexnější analýzu vzhledem k velké ploše, kterou pokrývají jeho dva hlavní přítoky, Amudarji a Syrdarji, které byly ovlivňovány složitými klimatickými systémy, jako je indický monzun a sibiřská tlaková výše. Stav Aralského jezera byl odrazem širšího regionu a mohl potenciálně poskytnout cenné poznatky o vývoji klimatu ve Střední Asii.

Zásadní otázkou, která vyvstala, bylo, zda hladina Aralského jezera klesá v důsledku dlouhodobého zvyšování teploty, nebo se zvyšuje v důsledku oteplování. Pokud teplota stoupala, ledovce v pramenných oblastech přítoků ustupovaly, zatímco v povodí a v oblasti jezera se zvyšoval výpar. Naopak v chladnějších obdobích ledovce rostly a zadržovaly tající vodu, která by jinak odtékala do Aralského jezera, a výpar byl nižší. Odpověď na tuto hádanku bychom mohli najít v archivech, jako jsou sedimentární záznamy nebo jiné materiály, které by mohly poskytnout historickou perspektivu (Oberhansli a Zavialov, 2009).

Výpočtem vodní bilance Aralského jezera se v historii zabývalo mnoho výzkumníků. Na počátku 20. století byla stanovena původní vodní bilance jezera. Tyto bilance byly vypočteny pro různá časová období s různými klimatickými podmínkami a režimy jezera a k jejich výpočtu byly použity různé spolehlivé zdroje. Rychlý pokles hladiny Aralského jezera, který začal v roce 1961, bylo možné přičíst nerovnováze jeho vodní bilance, kdy přítok převyšoval odtok. Informace týkající se vodní bilance před jejím rozdělením na dvě samostatné části lze nalézt v tabulce, která ukazuje průměrné roční složky vodní bilance Aralského jezera v letech 1911-1988.

Období	přítok, km <sup>3</sup>		průtok, km <sup>3</sup>	vodní bilance
	odtok	srážky	odpařování	
<b>1911-1960</b>	56	9,1	66,1	-1
<b>1961-1970</b>	43,3	8	65,4	-14,1
<b>1971-1980</b>	16,7	6,3	55,2	-32,2
<b>1981-1985</b>	2	7,1	45,9	-36,8
<b>1986-1988</b>	10,8	6,2	47	-30

tab. 1: Průměrné roční složky vodní bilance Aralského jezera v letech 1911-1988.

Před rokem 1961 byla hladina vody v Aralském jezeře téměř v rovnováze a přítok se rovnal odtoku. Po tomto roce však došlo k výraznému nepoměru mezi úbytkem vody z výparu a kumulativním množstvím srážek a odtoku, což vedlo ke snížení objemu jezera, a tím i k poklesu jeho hladiny. Průtok vody v jeho přítocích se nadále zvyšoval, což prohlubovalo pokles jeho objemu a vedlo k ještě prudšímu poklesu jeho hladiny, zejména v 70. a 80. letech 20. století.

V roce 1989 bylo Aralské jezero rozděleno na dvě samostatné části, Velký Aral v Uzbekistánu a Malý Aral v Kazachstánu. Aby udržel stabilní hladinu Malého Aralu, vybudoval Kazachstán v roce 1988 v místě Bergského průlivu přehradu Kokaral. Vodní bilance obou rozdělených moří je uvedena v tabulce 2 (Micklin, 2007).

Část Aralského jezera	Období (počet let)	Odtok vody	Viditelné odpařování	Výměna vody v průlivu Berg	Bilance
Malý Aral	1988	4,8	2,34	-2,46	0
	1989	3,04	2,7	-0,34	0
	1990	2,52	2,52	0	0
	1991	2,58	2,58	0	0
	1992	3,18	2,12	-1,06	0
	1993	6,17	2,09	-4,1	0
	1994	7,14	2,34	-4,8	0
Velký Aral	1988	9,19	28,12	2,46	-16,47
	1989	0,84	29,96	0,34	-28,78
	1990	3,92	29,6	0	-25,68
	1991	5,76	28,24	0	-22,48
	1992	11,44	22,06	1,06	-9,56
	1993	9,08	21,31	4,1	-8,13
	1994	11,71	23,38	4,8	-6,87

tab. 2: Průměrné roční složky vodní bilance částí povodí Aralského jezera v letech 1988-1994.

Údaje uvedené v tabulce odrážejí významný posun ve vodní bilanci Aralského jezera, zejména pokud jde o hladinu Malého a Velkého Aralu. Zatímco v prvním

případě došlo ke zdatné stabilizaci, v druhém případě nadále dochází k poklesu objemu i hladiny. Tento posun se připisuje především snížení odtoku, což v konečném důsledku narušilo rovnováhu vodní bilance a vedlo k poklesu objemu, plochy i hladiny jezera.

## **Charakteristika složek vodní bilance**

### **Odtok z řeky**

Přítok vody do Aralského jezera byl významně ovlivněn přirozeným obsahem vody v řekách, které ho napájí, a také rostoucími odběry pro hospodářské účely, zejména pro zemědělské zavlažování. Vodní zdroje povodí Amudarji a Syrdarji, které se nacházejí ve vysokohorských oblastech Pamíru a Tien-Šanu, činily přibližně 78, resp. 38 km<sup>3</sup> ročně. Tato povodí měla dlouhodobý vliv na odtok v důsledku historických zavlažovacích postupů. V průběhu let se rozloha zavlažované půdy značně zvětšila, z 3,2 milionu hektarů na počátku 20. století na odhadovaných 7 milionů hektarů, přičemž se předpokládá další nárůst na 8-9 milionů hektarů v budoucnu, a to výhradně na základě vodních zdrojů v regionu. Údaje o odběrech vody pro zavlažování před rokem 1950 jsou nedostatečné, ale odhaduje se, že objem odběrů v tomto období mírně kolísal a v průměru činil 26-33 km<sup>3</sup> ročně. Od poloviny 50. let 20. století však odběry bez kompenzace prudce vzrostly a s postupujícím rozvojem zavlažování se vyčerpal kompenzační potenciál řek, což vedlo k výraznému poklesu přítoku vody v řekách v důsledku pokračujícího nárůstu nevratných odběrů a dlouhodobě nízkých vodních stavů. V letech 1961-1970 činil průměrný objem nevratných odběrů v povodí 55-57 km<sup>3</sup> ročně a v letech 1971-1980 se zvýšil na 64-66 km<sup>3</sup> ročně. V letech 1981-1985 činil odhadovaný objem nevratných odběrů vody v mořském povodí přibližně 70-75 km<sup>3</sup> ročně (Micklin, 2007)

<b>Období</b>	<b>Vodní zdroje</b>	<b>Přítok</b>	<b>Ztráty v deltách</b>	<b>Zavlažování</b>	<b>Přirozené ztráty</b>
<b>1932-1960</b>	116	56	13	35	18
<b>1960-1990</b>	105	3	1,0	97	4,0

tab. 3: Složky přítoku a odtoku Aralského jezera, km<sup>3</sup>/rok.

Od roku 1982 se přestala vypouštět voda z řeky Amu Darja do Aralského jezera hlavním kanálem. Ve vesnici Šuak, která se nachází 60 km pod hydrologickou lokalitou ve vesnici Kyzylar, byla postavena robustní přehrada. Veškerá zbytková voda, která z řeky Amudarji přitéká do delty, je nyní využívána k zavlažování levobřežních přítoků a zavlažování vodních ploch v deltě. Menší část této vody se však prostřednictvím systému kanálů a jezer dostává do Aralského jezera. Pro určení množství vody z Amudarji, které v tomto období oteklo do jezera, byly použity údaje z vodoměru v Kyzylordě po odečtení ztrát průtoku v deltě. V letech 1982, 1983 a 1985 přítok vody z Amudarji do jezera zcela chyběl, zatímco v roce 1984 nepřesáhl 4 km<sup>3</sup>. V období kvazistálého režimu jezera se odhadované ztráty průtoku v deltě Amudarji pohybovaly mezi 6-10 km<sup>3</sup>. V posledních letech (1981-1985) byly ztráty průtoku v deltě Amudarji způsobeny především lidskými faktory, jako je množství říční vody vypouštěné do delty přehradou Tachiataš a její využívání k umělému zaplavování suchých oblastí a nádrží v deltě. Tyto ztráty činily v tomto období v průměru 1,4 km<sup>3</sup>/rok. Řeka Syrdarja nevtéká do delty v moři přes Kazalinsk. Vzhledem ke kolísání dostupnosti vody se ztráty průtoku odhadují na 0 až 2 % (0 až 0,3 km<sup>3</sup>). Ztráty průtoku v deltě Syrdarji v období 1951-1960 byly stanoveny na 2 % a pro období nízkých vodních stavů v letech 1961-1973 na 1 %.

Po roce 1974 v důsledku téměř úplného vyčerpání Syrdarji a uzavření hlavního koryta řeky v deltě různými slepými přehradami přestala voda z řeky odtékat do Aralského jezera. Malé množství vody vypouštěné do delty vodní elektrárnou Kazaly je zcela využito k zavlažování vysychajících nádrží v deltě. Proměnou prošel i roční průtok řek Syrdarja a Amudarja. Zatímco dříve byly určovány rozsáhlými jarně-letně-podzimními záplavami během kvazistálého režimu jezera, současný přítok říční vody do jezera je určován především režimem vypouštění vody z dolních vodních elektráren a jejím hospodářským využitím v deltách. V některých měsících, ročních obdobích a letech s nízkou hladinou vody, kdy je voda skladována v říčních nádržích a ve velké míře odebírána pro zavlažovací účely, se přítok říční vody do jezera zcela zastaví. Z vyhodnocení změn přítoku říční vody do Aralského jezera v moderní době vyplývá, že zhruba 80 % poklesu přítoku do jezera lze přičíst lidským faktorům, zatímco zbývajících 20 % je důsledkem přírodních příčin, jako je přirozený nedostatek vody v posledních desetiletích. V současném období představují ztráty způsobené člověkem 92-95 % celkových ztrát průtoku (viz tabulka výše).

Atmosférické srážky jsou v oblasti Aralského jezera poměrně omezené, ale jejich význam roste, protože množství vody odtékající z řek v letech s nízkou hladinou vody drasticky klesá. Rozložení srážek v celé oblasti jezera je nerovnoměrné, přičemž roční úhrn srážek klesá od severu k jihu a začíná na 15,0 cm a snižuje se na 11,0 cm. V centrální oblasti jezera spadne v průměru 11,0 až 12,5 cm srážek. Sezónní průběh srážek vykazuje vrchol v měsících březnu až dubnu a říjnu až listopadu, zatímco v srpnu až září dochází k poklesu. Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek z let 1911-1960 a 1951-1960 byl zaznamenán ve výši 13,8 cm. V období 1961-1985 se však průměrný úhrn srážek mírně snížil na 12,4 cm, přičemž nejsušším obdobím byla dekáda 1971-1980 s 11,0 cm. V posledním pětiletém období (1981-1985) došlo k nárůstu srážek. Průměrný roční úhrn nadmořských srážek v letech 1911-1985 činil 13,3 cm, přičemž nejvyšší zaznamenaný úhrn srážek byl 235 mm v roce 1981 a nejnižší 67 mm v roce 1944(Micklin, 2007).

### **Odpařování**

Výpar byl rozhodujícím faktorem vodní bilance Aralského jezera, ovlivňovaným polosuchým až suchým klimatem oblasti, sezónními výkyvy a kolísáním teplot.

V letech 1911-1960 činil dlouhodobý průměrný roční výpar z hladiny jezera přibližně 100,0 cm, přičemž v následujícím desetiletí, v letech 1961-1970, byl pozorován mírný nárůst.

### **Sezónní výkyvy v míře výparu**

Mezi pobřežními a ostrovními stanicemi Aralského jezera byly zaznamenány výrazné rozdíly v sezónních rychlostech výparu. Maximální výpar na ostrovních stanicích, který se vyskytoval od srpna do září, byl posunut oproti pobřežním stanicím, kde se maximální výpar vyskytoval od června do srpna. Tento rozdíl byl přičítán rozdílným teplotním režimům jezera, přičemž nejvýraznější rozdíly byly pozorovány na podzim a na jaře.

### **Dlouhodobé trendy a variabilita**

V letech 1971-1985 byly průměrné roční hodnoty výparu nižší, a to s příslušnými hodnotami 103,5 cm, 96,8 cm a 96,2 cm. Proměnlivost ročního výparu úzce souvisela s proměnlivostí průměrných ročních hodnot teploty vody a vzduchu a také s intenzitou a délkou trvání zimy. Za 75leté období od roku 1911 do roku 1985 činil

průměrný roční výpar z hladiny jezera 99,8 cm, přičemž roční výkyvy se pohybovaly od 78,1 cm v roce 1982 do 120,6 cm v roce 1983. Vzhledem k tomu, že se plocha jezera od 60. let 20. století výrazně zmenšila, rychlost výparu se zvýšila a na počátku 21. století se z hladiny jezera vypařilo 900 až 1 000 cm ročně.

Pochopení těchto faktorů a jejich vlivu na vodní bilanci jezera je zásadní pro vypracování účinných strategií řízení a ochrany vodních zdrojů v regionu (Postnikov, 2012).

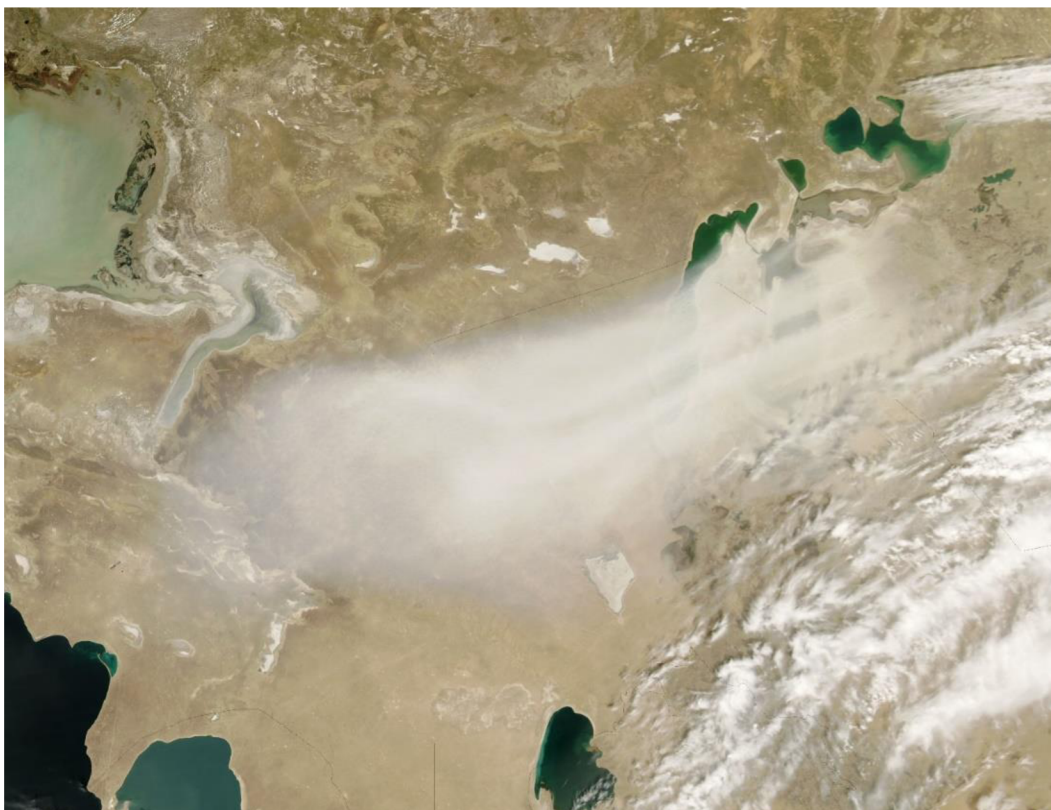
### **3.4.2 Prachové bouře a toxický prach**

Situace v oblasti Aralského jezera byla zoufalá, protože vyschlé dno jezera představovalo nejen velké ekologické riziko pro člověka, ale mělo i dalekosáhlé důsledky. Podle výpočtů vědců bylo pouze 40 % plochy ustupujícího jezera neškodných, 25 % mírně ohrožených a 35 % silně ohrožených, přičemž u posledně jmenovaných byl zaznamenán aktivní trend k nárůstu. Vzhledem k tomu, že trend zvětšování ohrožených oblastí pokračoval, stalo se řešení tohoto problému důležitějším než kdy jindy.

Intenzivní prachové bouře, které se v regionu vyskytovaly 30-50 dní v roce, byly důkazem nestability vyschlého jezerního dna. Během těchto bouří se vyprahlé solné pánve a duny měnily v mohutná oblaka prachu, která mohla dosahovat délky až 600 km a výšky až 4 km. Směr větru často zanesl tento nebezpečný prach do měst, včetně Kyzylordy, Bajkonuru, Šalkaru a Nukusu, a ohrozil tak místní obyvatelstvo. Tyto prachové bouře byly již v 70. letech 20. století tak mohutné, že je bylo možné pozorovat z vesmíru, a vědci varovali, že četnost a intenzita těchto bouří se jen zvyšuje. Vyschlé dno Aralského jezera obsahovalo velké množství pesticidů, herbicidů a hnojiv, které se používaly na bavlníkových polích a do jezera se dostaly říčním nebo podzemním splachem. Tyto nebezpečné látky se spojily s toxickými solemi a vytvořily nebezpečnou směs, která mohla být škodlivá pro zdraví lidí a zvířat. Vdechování vzduchu kontaminovaného těmito prachovými částicemi mohlo vést k vážným zdravotním problémům. Každoročně se z dna jezera zvedalo 60 až 100 milionů tun prachu a soli a toxické soli z Aralského jezera byly nalezeny ve vzdálených oblastech, včetně krve tučňáků v Antarktidě, ledovců v Grónsku, lesů v Norsku a polí v Bělorusku.



Prachové bouře v oblasti Aralského jezera navíc zhoršily proces sekundární dezertifikace. Silné atmosférické proudy ze západu na východ přenášely aerosolové směsi prachu a solí z Aralského jezera na ledovce Tien-Šan a Pamír, čímž kontaminovaly tyto již tak zranitelné oblasti a přispěly k rychlému tání způsobenému globální změnou klimatu. Situace v oblasti Aralského jezera představovala závažný problém pro životní prostředí a veřejné zdraví, který vyžadoval okamžitou pozornost a opatření, aby se zabránilo dalším škodám a ochránilo se blaho lidí a planety (Small a kol., 2018).



obr. 6: Prachové bouře. (zdroj - earthobservatory.nasa.gov).

### 3.4.3 Změny v biologické diverzitě

Kdysi pozoruhodná oblast povodí Aralského jezera byla díky své izolovanosti útočištěm jedinečných druhů. Žila zde polovina všech biologických druhů na území bývalého Sovětského svazu a mohla se pochlubit pestrou škálou 500 druhů ptáků, 200 druhů savců a 100 druhů ryb, jakož i mnoha druhy hmyzu a bezobratlých. Před rokem 1960 žilo v říčních deltách v oblasti přes 70 druhů savců a 319 druhů ptáků, což představovalo bohaté a rozmanité životní prostředí (Severskiy a kol., 2016).

Lidská činnost však v oblasti vyvolala významné změny, které vedly ke ztrátě klíčové vegetace a stanovišť pro různá hospodářská zvířata, jako jsou ovce, kozy, koně a velbloudi. Přeměna více než 100 000 hektarů aluviálních půd na slané bažiny a vysychání více než 500 000 hektarů bažin a lučních mokřadních půd na dolním toku Syrdarji vedlo k zániku 5-7 základních typů vegetace pro tato zvířata.

V důsledku toho se zvýšila úmrtnost zvířat a výskyt chorob, zanikl chov pižmoňů a populace ovcí zaznamenala prudký pokles, což mělo negativní dopad na celý ekosystém.

Aralská pánev byla také proslulá svou rozmanitou flórou, která čítala více než 1 200 druhů kvetoucích rostlin, 560 druhů tugajské lesní vegetace a 29 endemitů původem ze Střední Asie. Na pobřeží Aralského jezera se vyskytovalo 423 druhů rostlin ze 44 čeledí a 180 rodů, přičemž největší rozmanitost písčité vegetace se nacházela na bývalých ostrovech východního pobřeží (Severskiy a kol., 2016).

Člověkem způsobené změny vodní bilance řek a zvýšená salinita v povodí Aralského jezera bohužel vedly k zániku unikátních biocenóz a řady endemických druhů. Snížení přítoku vody do Aralského jezera způsobilo trvalé změny v jeho hydrologickém a hydrochemickém režimu a ekosystémech, ztrojnásobilo jeho slanost a proměnilo ho v biologickou pouštinu. Tato změna složení soli v Aralském jezeře a úbytek bioty zasadily velkou ránu kdysi prosperujícímu rybářskému a zpracovatelskému průmyslu v regionu a způsobily jeho úpadek.

#### **3.4.4 Degradace ekosystémů**

Vysychání Aralského jezera mělo řadu ničivých důsledků pro ekosystémy v povodí řek Amudarja a Syrdarja. Změnilo nejen režim zásobování vodou, ale mělo také významný dopad na klima v regionu a postihlo oblasti v okruhu 200 km od pobřeží. Kdysi obrovské jezero, které bylo domovem mnoha druhů ryb a rostlin, se zmenšilo na zlomek své původní velikosti. Do roku 1974 zmizelo 30 jezer o celkové rozloze 7 000 hektarů a rákosové porosty se zmenšily z 600 000 hektarů v roce 1961 na pouhých 100 000 hektarů (Micklin, 2007).

Luční mokřady, které kdysi obývaly rákosiny, prošly procesem zasolování. To se projevilo nejen na půdě, ale mělo také ničivý dopad na lesy Tugai, které v důsledku

poklesu hladiny podzemní vody zanikly. Ze 173 druhů živočichů, kteří kdysi nazývali Aralské jezero svým domovem, se podařilo přežít pouze 38 a jejich populace byly velmi zranitelné. Například populace sajgy, která kdysi čítala miliony jedinců, nyní čítala pouhých 150-200 jedinců(Micklin, 2007).

Ichtyofauna utrpěla obrovské škody, téměř všechny endemické druhy zmizely v důsledku zmenšení plochy jezera a zvýšení salinity. V jezeře, které bylo kdysi domovem 30 druhů ryb, z nichž 10 bylo uměle vysazeno za účelem zvýšení komerčních úlovků, zůstalo jen několik druhů. Ve skutečnosti v roce 2004 ve Velkém Aralu nezbyly vůbec žádné ryby. Fytoplankton a řasy, které byly kdysi hojné, rovněž zaznamenaly značný úbytek a v roce 2005 jich přežilo pouze 60 ze 160 druhů. V roce 2013 žilo v Malém Aralském jezeře pouze 13 druhů ryb. Ekosystém, který kdysi podporoval pestrá škálu druhů, se nenávratně změnil a dopad vysychání Aralského jezera bude pociťovat ještě několik generací(Micklin, 2007).

### **3.4.5 Změna půdy v regionu**

Dopad vysychání Aralského jezera na půdu v regionu byl přímo devastující. Z kdysi svěží a úrodné půdy v oblasti Aralského jezera se stala vyprahlá, neúrodná pustina, přičemž hlavním problémem bylo zasolení půdy. Nedostatek vláhy v půdě vedl k rychlé přeměně dříve hydromorfních půd na půdy zasolené během několika let. Například v Karakalpakstánu se procento zasolené zavlažované půdy zvýšilo ze 43 % v roce 1975 na 80 % o pouhých deset let později v roce 1985 a v roce 1997 bylo zasoleno již neuvěřitelných 93 % půdy. Pobřežní slané bažiny se také rychle změnilly v písčité půdy. Do roku 2000 vyschlo v povodí Syrdarji 750 000 hektarů. Problém kontaminace půdy byl akutním problémem také v oblasti Aralského jezera. Nekontrolované používání znečišťujících látek v zemědělství způsobilo odtok a hromadění škodlivých látek na dně Aralského jezera. Jak jezero ustupovalo, vítr začal tyto škodliviny roznášet a každým dnem kontaminoval stále více půdy. V roce 2006 bylo jen v Uzbekistánu 785 000 hektarů vysušeného dna jezera označeno za vysoce rizikové ekologické zóny. Vzorky půdy odebrané v roce 2015 ve vesnici Aiteke-Bi v Aralské oblasti Kyzylordské oblasti vykazovaly hodnoty síranů a chloridů, které výrazně překračovaly maximální přípustné koncentrace. Síranů bylo 248,1krát a chloridů 24,5krát vyšší než limity. Do roku 2017 se překročení nejvyšší přípustné koncentrace (NPP) u síranů zvýšilo na 468,12násobek a u chloridů na 5,57násobek(Glantz, 1999).

Situace v oblasti Aralského jezera poukázala na ničivý dopad, který může mít lidská činnost na životní prostředí a křehkou rovnováhu ekosystémů. Degradace půdy a zasolování v regionu měly dalekosáhlé důsledky nejen pro tuto oblast, ale také pro lidi, kteří zde žijí a jsou na půdě závislí z hlediska své obživy.

### **3.4.6 Změna počasí a klimatu**

Světová meteorologická organizace zařadila vysychání Aralského jezera mezi největší ekologické katastrofy 20. století způsobené člověkem. Zmizení jezera v posledním desetiletí mělo za následek výraznou změnu klimatu v regionu. Dříve Aralské jezero sloužilo jako ochlazovací mechanismus v horkých letních měsících a zmírňovalo prudké zimní větry. S jeho vyčerpáním se však oblast v okruhu 50-100 km od bývalého jezera stala stále více suchou a kontinentální. Zimní teploty klesly o 1-2 stupně, zatímco letní teploty vzrostly o 2-2,5 stupně, což vedlo ke změně regionálního klimatu. K této změně přispělo také snížení množství srážek a další atmosférické a environmentální změny v povodí. Atmosférické srážky se několikanásobně snížily.

Čelkarská oblast Aktobe, stejně jako Aralský a Kazalinský okres Kyzylordské oblasti Kazachstánu, byly vyhlášeny za zóny ekologické katastrofy. Za zóny s největšími škodami byly považovány uzbecké oblasti Takhtakupyr, Muynak, Kungrad a Bozatauz. V Kazachstánu byly za takové považovány Kyzylordský a Aralský okres Kyzylordské oblasti. Města Kyzylorda a Bajkonur byla zónami ekologické krize. V předkrizovém stavu byly okresy Irgiz, Arys, Mugalžar Bajganinský, Temir v Aktobské oblasti, okresy Suzak, Otrar, Čardarinský a město Turkestan v Jihokazachstánské oblasti a okres Ulytau v Karagandské oblasti (Small a kol., 1999).

## **3.5 Dopady na obyvatelstvo**

### **3.5.1 Dopady na zdraví obyvatelstva**

Jedním z nejvýznamnějších faktorů, které přispívají ke zdravotním problémům v oblasti Aralského jezera, je vysoká úroveň zasolení, mineralizace a nadměrné používání zemědělských chemikálií. Prachové bouře a transport soli měly vážný dopad na lidské zdraví, což vedlo k nárůstu případů očních a dýchacích chorob, rakoviny, cukrovky a anémie. Například 46,4 % respiračních onemocnění u dětí

a 38,9 % u dospělých bylo přičítáno znečištění ovzduší způsobenému sulfáty z prachových bouří.

Na zhoršení zdravotního stavu obyvatelstva se podílelo také používání zavlažovacích technologií, protože se změnila kvalita zemědělské půdy, která se stala neproduktivní v důsledku nasycení vodou a stoupající hladiny podzemních vod. To vedlo ke zvýšení obsahu soli a minerálů ve vodě v regionu. Časté používání nebezpečných zemědělských chemických hnojiv, jako jsou defolianty, herbicidy a pesticidy, mělo přímý dopad na ekosystém a potravinový řetězec. Tyto chemické látky byly vyplavovány po proudu a koncentrovaly se v regionu, čímž poškozovaly lidské zdraví. V sovětských dobách bylo používání těchto nebezpečných chemikálií nebývalého rozsahu. Například v Uzbekistánu a Karakalpakstánu dosáhlo v letech 1980-1992 použití pesticidů, jako je DDT a lindan, 54, resp. 72 kg na hektar, zatímco v zemích, jako jsou Spojené státy a Rusko, byla norma 1,6 a 4 kg na hektar. Vyhazování defoliantů na bavlníková pole za přítomnosti školáků v Tádžikistánu v roce 1983 bylo živou připomínkou rozsahu problému. Dalším významným faktorem, který přispěl ke zdravotním problémům v oblasti Aralského jezera, byla přítomnost karcinogenní látky zvané 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD), která je aktivní v defoliantu Agent Orange. Koncentrace TCDD v Aralské oblasti byla jednou z nejvyšších naměřených na světě a byla zjištěna ve vysokých koncentracích v mateřském mléce lidí z Karakalpakstánské a Kyzylordské oblasti Kazachstánu (Glantz, 1999).

Každodenní vystavení lidí v oblasti Aralského jezera solím, toxinům a těžkým kovům v podobě kontaminované vody, potravin a vzduchu mělo významný dopad na jejich zdraví. Například v Karakalpakstánu trpěl vysoký počet lidí respiračními chorobami, byl zde velký nedostatek čisté pitné vody a potraviny byly kontaminovány dioxiny. Výskyt nefrolitiázy se u venkovského obyvatelstva Karakalpakstánu zvýšil 4,2krát a 70 % pitné vody nesplňovalo chemické normy. Množství dioxinů, které obyvatelstvo konzumovalo prostřednictvím potravin, bylo třikrát vyšší než doporučené hodnoty stanovené Světovou zdravotnickou organizací.

Dětská populace v oblasti Aralského jezera byla obzvláště zranitelná kvůli špatnému stavu místní ekologie. Míra kojenecké úmrtnosti byla alarmující a dosahovala 100

úmrtí na 1 000 živě narozených dětí, čímž se oblast Aralského jezera v negativním hodnocení řadila na druhé místo za několik afrických zemí. Děti často odmítaly mateřské mléko kvůli vysokému obsahu TCDD a dalších toxinů, což vedlo k podvýživě a vývojovým problémům. Vystavení obyvatel kontaminovanému vzduchu a vodě vedlo také k vyššímu výskytu vrozených vad, včetně mikrocefalie, rozštěpu páteře a mentálního postižení.

U dospělých obyvatel převažovaly respirační choroby, jako je chudokrevnost a tuberkulóza. Region se pyšnil nejvyšším výskytem tuberkulózy v celém bývalém SSSR, a to neuvěřitelnými 265 případy na 100 000 osob. Za epidemii tuberkulózy se považoval výskyt 50 a více případů na 100 000 osob. Kromě toho rostly obavy z multirezistentní tuberkulózy. Dospělí v regionu se potýkali také s nemocemi, jako je hepatitida, úplavice, hypertenze, břišní tyfus, rakovina, průjmý, onemocnění ledvin a srdce. Ve srovnání s 60. lety 20. století se počet případů zápalu plic zvýšil 19krát, ischemické choroby srdeční 18krát a chronické bronchitidy 30krát.

Kromě toho představovaly potenciální hrozbu pro veřejné zdraví brucelóza, venezuelská koňská encefalitida, antrax, pravé neštovice a mor, protože tyto nemoci se mohly vyskytovat na ostrově Vozrožděnja, bývalém sovětském místě testování biologických zbraní. Dříve bylo šíření těchto nemocí omezeno odlehlou polohou ostrova, horkým podnebím a řídkou vegetací. Po ústupu Aralského jezera se však místní volně žijící živočichové mohou nyní volně pohybovat po bývalém ostrově, což zvyšuje pravděpodobnost šíření těchto biologických agens na člověka.

### **3.5.2 Ekonomické důsledky a zaměstnanost**

Od 80. let 20. století se v regionu postupně snižovaly výnosy plodin a úrodnost půdy. Důvodem byl vítr, který roznášel prach a sůl z vyschlého dna jezera do okolních oblastí. To vedlo k alarmujícímu nárůstu zasolení půdy v oblastech Muynak a Karakalpak. V roce 2017 dosáhla salinita půdy závratných 96 %, respektive 80 %. To způsobilo dvojnásobný pokles výnosů a 40% snížení osevních ploch, což mělo vliv na kvalitu kazašského obilí.

Vážně byl zasažen také rybolov, který byl kdysi v Aralském jezeře prosperujícím odvětvím a jedním z předních světových rybářských revírů. Rybářský průmysl

zaměstnával více než 80 % obyvatelstva, dvě rybí továrny, 10 rybních závodů a 17 rybářských kolektivních farem produkovalo 40 000 tun ryb ročně. Vyschnutí Aralského jezera však vše změnilo. Rybolov byl nyní možný pouze v několika zbývajících jezerech v deltě a v řadě zavlažovacích jezer napájených drenážní vodou. Bohužel tato jezera byla kontaminovaná, což vedlo k nekvalitním rybím produktům. Úpadek rybářského průmyslu připravil značnou část obyvatelstva o práci a zdecimoval místní ekonomiku.

V posledních letech byl rybolov v severním Aralu částečně obnoven. Přestože objem úlovků byl mnohem nižší než v minulosti, místní obyvatelé nyní mohli lovit candáty a kapry. Západní část Aralského jezera však byla odlišná. Hladina salinity jezera byla desetkrát vyšší než v 60. letech 20. století, takže se dala srovnat s otevřeným oceánem. Kdysi majestátně plující lodě nyní rezavěly mezi pískem a sloužily jako dojemná připomínka někdejší vitality jezera. Nečekané vyschnutí Aralského jezera způsobilo v okolních oblastech dominový efekt, který postihl nejen rybářský průmysl, ale celou místní ekonomiku, a kdysi prosperující region byl nyní důkazem důsledků rozhodnutí sovětských představitelů v roce zájmu ekonomiky.

Přímé ztráty v jižním předuralském regionu byly následující (v milionech dolarů ročně): zavlažované zemědělství 6,55; chov ryb a rybolov 28,57; rekreace a cestovní ruch 11,16; živočišné produkty 8,4; a odlov pižmoňů 4,0. V zemědělství tak došlo k celkové ztrátě 58,68 milionu USD. Ztráty v průmyslu zahrnovaly rybolov 9,0; zpracování kožešin 18,0; zpracování rákosu 12,6; a dopravu 1,0, což vedlo k celkové ztrátě 40,6 milionu USD. Kombinované přímé ztráty ve výrobě činily 99,28 milionu USD. Nepřímé ztráty činily 16,74 milionu USD a sociální ztráty 28,81 milionu USD.

V severním Předralsku byly přímé ztráty následující (v milionech dolarů za rok): zemědělství založené na zavlažování - 13; živočišné produkty - 8,2; rekreace a cestovní ruch - 4,3; chov ryb a rybolov 2,6; a odlov pižmoňů 0,3. To představuje celkovou ztrátu v zemědělství ve výši 28,4 milionu dolarů. Ztráty v průmyslu zahrnovaly zpracování rákosu, 2,6; zpracování kožešin, 2,2; rybolov, 0,8; a ztráty v dopravě, 0,3, což znamenalo celkovou ztrátu 5,9 milionu dolarů. Celkové přímé ztráty ve zpracovatelském průmyslu činily 34,3 milionu USD. Sociální a nepřímé ztráty činily 13,66 milionu USD.

Celkové přímé a nepřímé socioekonomické ztráty v důsledku ekologické katastrofy v oblasti severního Aralského jezera tedy činily 47,96 milionu USD, zatímco celkové přímé a nepřímé socioekonomické ztráty v oblasti Aralského jezera činily 144,83 milionu USD. Dříve byla produktivita půdy v oblasti Aralského jezera ve srovnání s ostatními regiony výrazně nižší. V roce 1995 činila v průměru 250,3 USD na hektar, což bylo 2,2krát méně než regionální průměr 559,8 USD na hektar. Do roku 2017 se tato hodnota zvýšila na 691,3 USD na hektar, ale stále byla 4krát nižší než regionální průměr 2 483,2 USD na hektar (Zonn a kol., 2017).

### **3.6 Projekty, které proběhly nebo byly navrženy pro zvrácení nepříznivého stavu**

**Program pro povodí Aralského jezera (ASBP)** byl společnou iniciativou pěti středoasijských zemí - Kazachstánu, Kyrgyzstánu, Tádžikistánu, Turkmenistánu a Uzbekistánu - zaměřenou na řešení environmentálních a socioekonomických problémů a problémů v oblasti hospodaření s vodními zdroji v souvislosti s vysycháním Aralského jezera. Program byl zahájen v roce 1994 a prošel několika fázemi, které reagovaly na měnící se potřeby regionu a zkušenosti získané v předchozích fázích.

**ASBP-1:** První fáze ASBP se zaměřila na vytvoření regionálního rámce pro spolupráci, podporu efektivních postupů využívání vody, rozvoj technologií pro úsporu vody a optimalizaci rozdělování vody mezi zúčastněné země. Snažila se také řešit ekologické důsledky krize Aralského jezera podporou opatření na zmírnění dezertifikace, snížení zasolování půdy a obnovu postižených ekosystémů. ASBP-1 položil základy spolupráce a dialogu mezi středoasijskými zeměmi a založil společné orgány, jako je Mezistátní komise pro koordinaci vodních zdrojů (ICWC) a Mezinárodní fond pro Aralské jezero (IFAS).

**ASBP-2:** Druhá fáze ASBP, zahájená v roce 2003, navázala na pokrok dosažený během ASBP-1. ASBP-2 měl tři hlavní složky: hospodaření s vodními a půdními zdroji, zlepšování životního prostředí a socioekonomický rozvoj. Tato fáze zdůrazňovala význam modernizace zavlažovacích systémů, obnovy odvodňovacích



sítí a snižování ztrát vody v zemědělství. Jejím cílem bylo také zmírnit environmentální důsledky krize Aralského jezera a podpořit udržitelný rozvoj v regionu se zaměřením na zlepšení životních podmínek a podporu alternativních zdrojů obživy.

**ASBP-3:** Třetí fáze ASBP, zahájená v roce 2011, měla za cíl upevnit úspěchy předchozích fází a řešit zbývající problémy. ASBP-3 se zaměřil na čtyři strategické směry: integrované hospodaření s vodními zdroji, ochranu životního prostředí a přizpůsobení se změně klimatu, socioekonomický rozvoj a zlepšení organizačního, právního a institucionálního rámce. Cílem této fáze bylo posílit regionální spolupráci, zlepšit sdílení dat a řešit přeshraniční problémy s vodou. Kromě toho ASBP-3 zdůraznil význam řešení změny klimatu, která zhoršuje nedostatek vody a degradaci životního prostředí v regionu.

**ASBP-4:** Na základě úspěchů a zkušeností získaných v předchozích fázích pokračovala čtvrtá fáze ASBP v řešení komplexních problémů spojených s vysycháním Aralského jezera. Ačkoli v době mé poslední aktualizace v září 2021 nebyly k dispozici konkrétní podrobnosti o ASBP-4, očekávalo se, že se bude nadále zaměřovat na integrované řízení vodních zdrojů, ochranu životního prostředí a socioekonomický rozvoj. Kromě toho by ASBP-4 pravděpodobně upřednostňoval posílení regionální spolupráce, podporu udržitelného využívání přírodních zdrojů a podporu úsilí o přizpůsobení se změně klimatu a její zmírnění.

Ve všech fázích programu pro povodí Aralského jezera bylo hlavním cílem vyvinout a realizovat soudržný a koordinovaný přístup k řešení environmentálních, socioekonomických a vodohospodářských problémů vyplývajících z vysychání Aralského jezera. Program se v průběhu času vyvíjel tak, aby se zabýval nově vznikajícími problémy a integroval nové poznatky, a zároveň zachovával silný důraz na regionální spolupráci, udržitelné hospodaření s vodou a podporu socioekonomického rozvoje v postižených oblastech.

**Projekty RRSSAM-1** (Rekonstrukce a obnova Malého Aralského jezera a ústí řeky Amu Darja) a **RRSSAM-2** (Rekonstrukce a obnova Malého Aralského jezera a ústí

řeky Amu Darja - 2. fáze) byly iniciativy zaměřené na řešení vysychání Aralského jezera a zlepšení environmentálních a socioekonomických podmínek v regionu.

#### **RRSSAM-1:**

Projekt RRSSAM-1 byl zaměřen na rekonstrukci a obnovu Malého Aralského jezera, které bylo součástí většího Aralského jezera. Hlavním cílem projektu bylo stabilizovat a zlepšit hladinu vody v Malém Aralském jezeře, zlepšit kvalitu vody a obnovit okolní ekosystémy. Toho bylo dosaženo řadou opatření, včetně výstavby přehrad, hrází a dalších vodohospodářských staveb, a také zlepšením vodohospodářských postupů v regionu.

#### **RRSSAM-2:**

Cílem projektu RRSSAM-2 bylo navázat na úspěch projektu RRSSAM-1 a pokračovat v pokroku dosaženém při obnově Malého Aralského jezera a delty řeky Amu Darja. Hlavními cíli této fáze bylo další zlepšení kvality vody a obnova ekosystémů v oblasti. Kromě toho se projekt snažil řešit socioekonomické problémy, kterým čelí místní obyvatelstvo, jako je nezaměstnanost a chudoba. K dosažení těchto cílů byla v rámci projektu RRSSAM-2 realizována řada opatření, včetně rozšíření stávající vodohospodářské infrastruktury, zavedení udržitelnějších postupů hospodaření s vodou a podpory alternativních zdrojů obživy a ekonomických příležitostí pro místní komunity.

#### **Projekt kontroly Syr Darji a Severního Aralského jezera (NAS):**

Cílem projektu Syr Darja a Severní Aralské jezero financovaného Světovou bankou bylo obnovit Severní Aralské jezero výstavbou přehrady Kok-Aral a posílením vodního hospodářství na řece Syr Darja. Přehrada Kok-Aral byla navržena tak, aby regulovala průtok vody a zabránila dalšímu úbytku vody ze Severního Aralského jezera. V důsledku tohoto projektu bylo Severoaralské jezero částečně obnoveno, hladina vody se zvýšila a místní ekosystém se zlepšil. To vedlo k návratu rybí populace a zlepšení životních podmínek pro místní obyvatelstvo rozšířením ekonomických příležitostí, jako je rybolov a zemědělství.

### **Středoasijský program pro vodu a energii (CAWEP):**

Cílem programu Střední Asie pro vodu a energii (CAWEP), financovaného Evropskou unií, bylo podpořit středoasijské země ve zlepšování jejich postupů v oblasti vody a energie a podpořit regionální spolupráci. Cílem programu bylo podpořit spolupráci mezi zeměmi při řešení společných problémů v oblasti hospodaření s vodními zdroji, energetické bezpečnosti a ochrany životního prostředí. CAWEP rovněž podporoval budování kapacit, technickou pomoc a realizaci projektů udržitelné infrastruktury.

### **Projekty Globálního fondu pro životní prostředí (GEF):**

Globální fond pro životní prostředí (GEF) financoval různé projekty v oblasti Aralského jezera, které se týkaly přeshraničního hospodaření s vodou, ochrany biologické rozmanitosti, zmírňování změny klimatu a budování kapacit. Příkladem byl projekt „Integrované řízení přírodních zdrojů v suché oblasti Aralského jezera“, který se zaměřoval na udržitelné hospodaření s půdou a vodou, obnovu degradovaných ekosystémů a podporu alternativních zdrojů obživy. Dalším příkladem byl projekt „Udržitelné hospodaření s vodními zdroji ve venkovských oblastech v Uzbekistánu“, jehož cílem bylo zvýšit efektivitu využívání vody, zlepšit hospodaření s vodními zdroji a podporovat zemědělské postupy odolné vůči klimatu.

### **Iniciativy Rozvojového programu OSN (UNDP):**

Rozvojový program OSN (UNDP) se aktivně podílel na podpoře regionu Aralského jezera prostřednictvím různých iniciativ zaměřených na udržitelný rozvoj, ochranu životního prostředí a zlepšení životních podmínek postižených komunit. Například „Program pomoci při katastrofách na Aralském jezeře“ se zaměřoval na snižování rizika katastrof, obnovu životního prostředí a socioekonomický rozvoj v regionu. Projekt „Řízení klimatických rizik v Uzbekistánu“ byl zaměřen na budování odolnosti vůči dopadům změny klimatu posílením institucionální kapacity, zlepšením hodnocení klimatických rizik a podporou zemědělských postupů šetrných ke klimatu.

### **Mezinárodní fond pro Aralské jezero (IFAS):**

Mezinárodní fond pro Aralské jezero (IFAS) byl založen v roce 1993 jako mezistátní organizace, která se věnovala financování společných projektů a programů na obnovu a udržitelný rozvoj oblasti Aralského jezera. Mezi členské státy IFAS patřily

Kazachstán, Kyrgyzstán, Tádžikistán, Turkmenistán a Uzbekistán. Hlavním cílem organizace bylo koordinovat úsilí těchto zemí při řešení environmentálních a socioekonomických problémů, kterým region čelí. IFAS se rovněž snažil podporovat spolupráci a partnerství s mezinárodními organizacemi a dárcovskými agenturami.

#### **Regionální program USAID pro vodu a zranitelné životní prostředí:**

Regionální program USAID pro vodu a zranitelné životní prostředí podporoval středoasijské země při řešení problémů v oblasti vodního hospodářství, zlepšování efektivity využívání vody a podpoře regionální spolupráce. Činnosti zahrnovaly technickou pomoc, budování kapacit a výměnu znalostí. Program se zaměřoval na pomoc zemím při vytváření a zavádění účinných politik a postupů v oblasti vodního hospodářství, posilování institucionální kapacity a podporu spolupráce v oblasti společných vodních zdrojů.

#### **Projekty Německé společnosti pro mezinárodní spolupráci (GIZ):**

Německá společnost pro mezinárodní spolupráci (GIZ) realizovala v oblasti Aralského jezera několik projektů, například projekt „Přeshraniční vodní hospodářství ve Střední Asii“ a projekt „Integrované řízení vodních zdrojů v povodí řeky Zarafšan“. Cílem těchto iniciativ bylo posílit spolupráci mezi středoasijskými zeměmi, podpořit udržitelné postupy hospodaření s vodou a posílit institucionální kapacity pro řízení vodních zdrojů. Projekty GIZ se rovněž zaměřovaly na poskytování technické pomoci, provádění výzkumu a realizaci pilotních projektů, které měly demonstrovat osvědčené postupy v oblasti hospodaření s vodními zdroji.

#### **Program Světové banky pro přizpůsobení se změně klimatu a zmírnění jejích dopadů na Střední Asii (CAMP4ASB):**

Cílem programu Světové banky pro Střední Asii pro přizpůsobení se změně klimatu a zmírnění jejích dopadů (CAMP4ASB) bylo pomoci středoasijským zemím přizpůsobit se změně klimatu a zmírnit ji, zejména v oblasti vodního hospodářství a zemědělství. Program podporoval politické reformy, budování kapacit a investice do infrastruktury odolné vůči změně klimatu. Program CAMP4ASB spolupracoval se zeměmi na rozvoji a zavádění zemědělských postupů šetrných ke klimatu,

zvyšování efektivity využívání vody a posilování systémů včasného varování před riziky souvisejícími s klimatem. Program rovněž podporoval regionální spolupráci a sdílení znalostí s cílem řešit společné výzvy v oblasti změny klimatu ve Střední Asii.

### **Projekty Švýcarské agentury pro rozvoj a spolupráci (SDC):**

Švýcarská agentura pro rozvoj a spolupráci (SDC) se aktivně zapojila do různých projektů v oblasti Aralského jezera, jejichž cílem bylo řešit nedostatek vody a podporovat udržitelné hospodaření s vodními zdroji. Jedním z hlavních projektů byl projekt „Řízení vodních zdrojů ve střední Asii“, jehož cílem bylo posílit kapacitu vodohospodářských institucí a podpořit dialog mezi zúčastněnými stranami v zájmu účinného řízení vodních zdrojů. Práce SDC zahrnovala podporu rozvoje a implementace integrovaných plánů hospodaření s vodními zdroji, podporu využívání inovativních technologií pro efektivní využívání vody a usnadnění výměny znalostí a spolupráce mezi zúčastněnými stranami v oblasti vodního hospodářství. Kromě toho SDC pomáhalo budovat kapacitu místních a národních vodohospodářských institucí, což jim umožnilo lépe reagovat na výzvy spojené s nedostatkem vody a změnou klimatu.

### **Iniciativy Asijské rozvojové banky (ADB):**

Asijská rozvojová banka (ADB) podporovala různé projekty v oblasti vodního hospodářství a životního prostředí v oblasti Aralského jezera, které se zabývaly otázkami, jako je nedostatek vody, zhoršování životního prostředí a přeshraniční hospodaření s vodou. Jednou z klíčových iniciativ byl projekt „Řízení vodních zdrojů v rámci regionální hospodářské spolupráce ve Střední Asii“ (CAREC), jehož cílem bylo zlepšit hospodaření s vodou a posílit regionální spolupráci mezi zeměmi CAREC. Projekt se zaměřil na posílení kapacity vodohospodářských institucí, podporu sdílení znalostí a spolupráce v oblasti hospodaření s vodními zdroji a investice do vodohospodářské infrastruktury s cílem zlepšit dostupnost a kvalitu vody. Kromě toho ADB podporovala politické reformy, které prosazovaly efektivní využívání vody, udržitelné zemědělství a rozvoj odolný vůči klimatu v oblasti Aralského jezera. Úzkou spoluprací s regionálními vládami, zúčastněnými stranami a mezinárodními partnery se ADB snažila přispět k dlouhodobé udržitelnosti a odolnosti vodních zdrojů ve střední Asii.

**Kromě již zmíněných projektů se krizí Aralského jezera zabývalo několik nevládních organizací a výzkumných institucí. Mezi příklady patří např:**

**Regionální environmentální centrum pro Střední Asii (CAREC):**

CAREC byla mezinárodní organizace, která hrála důležitou roli při řešení environmentálních problémů v regionu Střední Asie, včetně povodí Aralského jezera. Podílela se na různých projektech souvisejících s ochranou životního prostředí, udržitelným rozvojem a přizpůsobováním se změně klimatu. Iniciativy CAREC zahrnovaly podporu regionální spolupráce v otázkách životního prostředí, podporu výměny znalostí a osvědčených postupů, podporu rozvoje politik a zavádění inovativních řešení problémů životního prostředí. Některé z jeho klíčových projektů v oblasti Aralského jezera se zaměřovaly na zlepšení hospodaření s vodními zdroji, podporu udržitelného hospodaření s půdou a zvýšení odolnosti místních komunit vůči dopadům změny klimatu.

**Mezinárodní institut pro vodní hospodářství (IWMI):**

IWMI byl přední výzkumnou organizací, která se zaměřovala na udržitelné hospodaření s vodou po celém světě, včetně povodí Aralského jezera. Prováděl výzkum v oblasti vodního hospodářství a podílel se na iniciativách zaměřených na zlepšení efektivity využívání vody, produktivity zemědělství a hospodaření s vodními zdroji. Práce IWMI v regionu zahrnovala vývoj inovativních technologií pro úsporu vody, poskytování politického poradenství a podporu úsilí o budování kapacit, které mělo pomoci středoasijským zemím lépe hospodařit s vodními zdroji a přizpůsobit se změně klimatu.

**Mezinárodní svaz ochrany přírody (IUCN):**

IUCN byla celosvětová organizace na ochranu přírody, která se aktivně podílela na několika projektech souvisejících s ochranou biologické rozmanitosti a obnovou ekosystémů v oblasti Aralského jezera. Cílem těchto projektů byla ochrana a obnova kritických stanovišť, podpora obnovy ohrožených druhů a podpora udržitelných postupů hospodaření s půdou a vodou. IUCN také spolupracovala s místními komunitami a zúčastněnými stranami na zvyšování povědomí o důležitosti zachování biologické rozmanitosti a udržení zdravých ekosystémů v oblasti Aralského jezera.

### **Aral Tenizi:**

Aral Tenizi byla místní kazašská nevládní organizace, která se zaměřovala na otázky životního prostředí v oblasti Aralského jezera. Věnovala se ochraně biologické rozmanitosti, udržitelnému rozvoji a zvyšování povědomí veřejnosti o otázkách životního prostředí v regionu. Činnost Aral Tenizi zahrnovala provádění výzkumu, realizaci projektů na ochranu přírody v terénu, prosazování lepších politik v oblasti životního prostředí a zapojení do vzdělávacích a osvětových kampaní. Úzkou spoluprací s místními komunitami, vládními agenturami a mezinárodními partnery se Aral Tenizi snažila přispět k obnově a dlouhodobé udržitelnosti Aralské oblasti Aralského jezera.

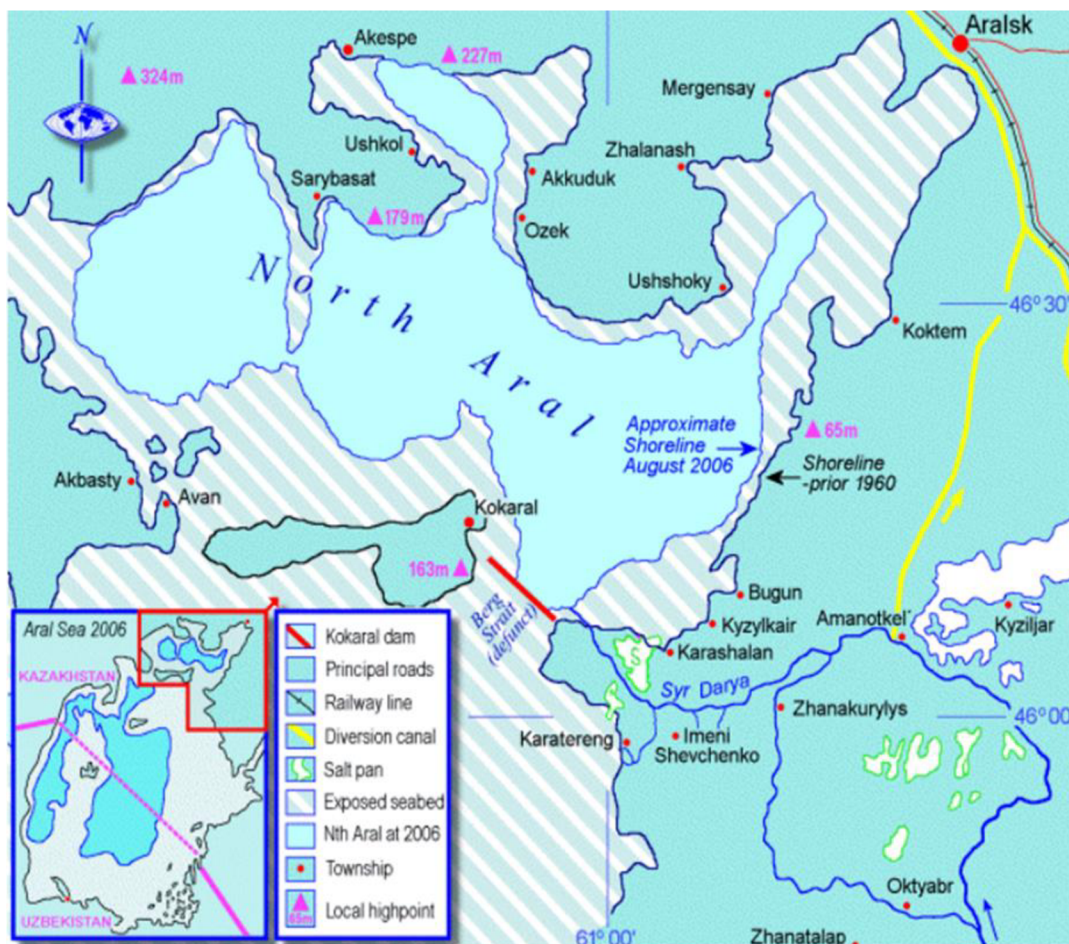
Tyto projekty a iniciativy představovaly společné úsilí místních a mezinárodních zúčastněných stran při řešení problémů, kterým čelí oblast Aralského jezera. Přestože v některých oblastech bylo dosaženo pokroku, k zajištění udržitelného rozvoje a obnovy životního prostředí v regionu je stále zapotřebí pokračující spolupráce, investic a inovací (Zonn a kol., 2010).

#### **3.6.1 Příklady neúspěchu některých projektů**

V průběhu let byly realizovány různé projekty na záchranu Aralského jezera, ale bohužel mnohé z nich nebyly dokončeny. Důvody neúspěchu těchto projektů byly složité a mnohostranné a jejich pochopení bylo klíčové pro přípravu a realizaci úspěšných projektů v budoucnu.

#### **Projekt přehrady Kokaral (KDP):**

Projekt KDP byl navržen tak, aby oddělil severní a jižní část Aralského jezera a zabránil proudění vody ze severu na jih. Kokaralská přehrada byla postavena v roce 2005 a zpočátku vykazovala slibné výsledky, hladina vody v severní části Aralského jezera se zvýšila o několik metrů. Projekt však nakonec selhal kvůli nedostatečné údržbě, nedostatečnému financování oprav a nekvalitním stavebním materiálům. Tento neúspěch poukázal na důležitost řádné údržby, financování a podpory zúčastněných stran pro úspěch rozvojových projektů.



obr. 7: Projekt přehrady Kokaral. (zdroj – Oskenbayeva a kol., 2017).

### **Projekt ekologické produkce bavlny (OCP):**

Cílem projektu OCP, známého také jako projekt výroby organické bavlny, bylo zvýšit produkci organické bavlny v regionu a snížit tak používání chemických hnojiv a pesticidů, které přispívaly ke znečištění Aralského jezera. Přestože se produkce organické bavlny zpočátku zvýšila, projekt nebyl dokončen kvůli odporu místních zemědělců, nedostatečné vládní podpoře a nedostatečnému financování. Tento scénář zdůraznil význam politické vůle a zapojení zúčastněných stran pro úspěch rozvojových projektů.

### **Amudarya Irrigation Improvement Project (AIIP):**

AIIP byl rozsáhlý projekt zavlažování, jehož cílem bylo zlepšit hospodaření s vodou v regionu výstavbou nových zavlažovacích kanálů a systémů a obnovou stávající infrastruktury. Ačkoli projekt zpočátku zvýšil množství vody dostupné pro zavlažování, nakonec byl neúspěšný kvůli nevhodnému plánování a návrhu, což vedlo k zamokření a zasolení půdy. Kromě toho se vyskytly problémy s distribucí



vody a nedostatkem finančních prostředků a politické podpory. Tento neúspěch poukázal na důležitost správného plánování, návrhu a podpory zúčastněných stran pro úspěch rozvojových projektů.

**Projekt obnovy Severního Aralského jezera (NASRP):**

V roce 2001 Světová banka financovala projekt NASRP, jehož cílem bylo zvýšit hladinu vody v Severním Aralském jezeře vybudováním přehrady a kanálu. Přestože projekt zpočátku hladinu vody zvýšil, nebyl udržitelný a hladina vody krátce po vybudování přehrady opět klesla. Neúspěch projektu lze přičíst kombinaci několika faktorů, včetně nedostatečné údržby, nedostatečného zapojení zúčastněných stran a nedostatečného financování.

**Projekt obnovy životního prostředí Aralského jezera (ASERP):**

V 90. letech 20. století zahájila uzbecká vláda ambiciózní projekt ASERP, jehož cílem bylo vyčistit Aralské jezero vybagrováním dna, odstraněním kontaminovaných sedimentů a vysazením vegetace ke stabilizaci pobřeží. Navzdory tomuto úsilí nebyl projekt dokončen kvůli nedostatku finančních prostředků, nedostatečnému plánování a projektování a špatné koordinaci mezi zúčastněnými stranami. Tento neúspěch poukázal na důležitost řádného plánování, zapojení zúčastněných stran a dostatečného financování pro úspěch rozvojových projektů.

## **4 Metodika**

### **Metodika hodnocení potenciálu projektu**

#### **Určení optimálního rozsahu a zaměření projektů a opatření**

#### **Komplexní přehled literatury o problémech Aralského jezera a jeho povodí odhalil následující klíčové poznatky:**

- a) K vysychání Aralského jezera přispěly především lidské činnosti, jako je zásobování zemědělství vodou a zhoršování životního prostředí.
- b) Ke složitosti problému přispěly i neantropogenní faktory, včetně slunečního záření a vulkanické činnosti.

Na základě těchto zjištění byla vypracována kritéria pro hodnocení projektů, které byly navrženy, částečně nebo zcela realizovány na záchranu Aralského jezera. Hodnocení bylo založeno na literárních zdrojích a osobních zkušenostech, neboť jsem do svých 17 let žil v Kazachstánu.

#### **Stanovení kritérií pro hodnocení projektů**

##### **Kritéria projektu vycházela z následujících předpokladů:**

- a) Krize Aralského jezera byla způsobena změnami probíhajícími v celém jeho povodí. Zájmová oblast proto zahrnovala povodí Aralského jezera, zahrnující povodí řek Amu Darja a Syr Darja.
- b) Hlavní příčinou negativních dopadů byla salinizace půdy.
- c) S tímto problémem úzce souvisela politická situace, která odrážela historicky a současně centralizovaný a roztříštěný systém ze sovětské a postsovětské éry.
- d) Stupeň ekonomické transformace ovlivňoval proveditelnost a účinnost navrhovaných řešení.

#### **Úkoly spojené s identifikací a hodnocením projektů:**

Identifikace a hodnocení projektů byly náročné úkoly vzhledem k nedostatku objektivních zdrojů pro hodnocení úspěšnosti. Abych tento problém vyřešil, rozhodl jsem se hodnotit projekty z hlediska jejich potenciálního dopadu. Tento přístup umožnil hodnotit projekty, které ještě nebyly realizovány nebo možná nikdy realizovány nebudou, a zároveň jsem si uvědomil, že existuje množství informací

o projektových záměrech, ale omezené množství údajů o konkrétních výsledcích. Tyto projekty byly obvykle na vládní nebo mezivládní úrovni a byly financovány zahraničními vládami nebo subjekty, jako je Světová banka. V těchto případech byly informace silně ovlivněny politikou, což vedlo k přehnaným tvrzením o potenciálních přínosech. Obě strany měly zájem na vykreslení pozitivního výhledu, a proto jsem hodnotil jejich potenciál.

### **Hodnocení dokončených projektů a zohlednění stavu realizace:**

Vzhledem k tomu, že řada projektů byla zahájena kolem poloviny 90. let, některé již byly dokončeny a bylo možné posoudit jejich výsledky. Případně bylo zřejmé, že některé projekty nebyly realizovány. Konkrétní kritéria a jejich další rozpracování byly obsaženy v kapitole Výsledky.

Na základě této metodiky práce poskytla důkladné hodnocení projektů zaměřených na řešení vysychání Aralského jezera a navrhla koncepci úspory vody pro zavlažování, která zohledňuje komplexní souhru faktorů přispívajících k této krizi.

## 5 Výsledky

### 5.1 Stanovení kritérií hodnocení projektů a míry jejich potenciální efektivity

V kapitole Metodika jsem uvedl předpoklady, na nichž jsem tato kritéria založil. Cílem bylo navrhnout kritéria, která by pokrývala všechny podstatné aspekty problému a byla snadno vyhodnotitelná z údajů, které bylo možné získat a které byly uvedeny v přehledu literatury (podkapitola 3.6).

#### Stanovil jsem následující kritéria:

- 1) **Míra zasahování do zájmového území:** Jak je vysvětleno v podkapitole 3.1 „Vymezení problému a definice zájmového území“, zájmovou oblastí bylo celé povodí Aralského jezera (obr. 1).
- 2) **Míra dopadu změn v zemědělské produkci:** Jak bylo možné vyčíst z přehledu literatury, hlavní příčinou vysychání Aralského jezera byly vysoké odběry vody pro zavlažování. Ty byly způsobeny nejen nárůstem zemědělské produkce, ale zejména její nízkou účinností. Patřila k nim zastaralá technická řešení, nevhodné technologie a skutečná ztráta úrodnosti půdy, zejména v důsledku zasolení, a nevhodná skladba plodin.
- 3) **Úroveň podpory decentralizace:** Jedním z klíčových faktorů byly politické podmínky. Střední Asie byla v sovětských dobách řízena centrálně. V postsovětské éře došlo k určitému posunu směrem k decentralizaci, ale pokrok byl pomalý a nerovnoměrný. Situaci také komplikovaly aktuální otázky geopolitického vlivu Ruska a Číny. Jedním z předpokladů úspěšného řešení problémů byla decentralizace, tj. rozhodování na nižších a nejnižších úrovních, kde se problémy mohly řešit se znalostí místních specifik.
- 4) **Potenciál pro integraci středoasijských zemí:** Kritérium „potenciál pro integraci středoasijských zemí“ se týkalo toho, do jaké míry by navrhovaný projekt zaměřený na záchranu Aralského jezera mohl přispět k regionální integraci středoasijských zemí. Regionální integrace byla v tomto kontextu chápána jako proces sbližování sousedních zemí za účelem dosažení společných cílů, jako je hospodářský rozvoj, regionální stabilita a ochrana životního prostředí.

- 5) **Potenciál pro zapojení malých a středních podniků (SME):** Zejména v oblasti zemědělství bylo třeba, aby projekty podporovaly malé a střední podniky. To byl pravděpodobně velmi náročný úkol. Důležité bylo také pokrytí území, což v tomto kritériu znamenalo, že projekt podpoří vznik/činnost mnoha jednotlivých malých a středních podniků, nejlépe v celé zájmové oblasti, tj. v povodí Aralského jezera.

**Stanovil jsem následující hodnocení míry potenciálního účinku:**

- a) **Žádný potenciální účinek:** projekty, u nichž je nepravděpodobné, že by měly nějaký dopad, což vede k nulovému nebo zanedbatelnému dopadu.
- b) **Omezený potenciální účinek:** Projekty, které měly potenciál něco změnit, ale pravděpodobně nedosáhly zamýšlených cílů, třeba kvůli nedostatku finančních prostředků, nedostatečné politické podpoře nebo technickým potížím.
- c) **Významný potenciální účinek:** Projekty, které měly potenciál významně ovlivnit současnou negativní situaci a zajistit pozitivní vývoj a nápravu v dlouhodobém horizontu.

Takové projekty mohou zahrnovat významné investice, spolupráci mezi různými zeměmi a dlouhodobý závazek k dosažení jejich cílů.

**Na základě výše uvedených kritérií jsem sestavil tabulku pro hodnocení všech realizovaných projektů:**

projekt	Míra zasazení zájmového území	Míra ovlivnění zemědělské	Míra podpory decentraliza	Potenciál pro integraci Stř-Asie	Potenciál pro zapojení SME
ASBP-1	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
ASBP-2	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
ASBP-3	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
ASBP-4	Významný	Omezený	Omezený	Významný	Omezený
RRSSAM-1	Významný	Omezený	Omezený	Omezený	Žádný
RRSSAM-2	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Projekt kontroly Syr Darji a Severního Aralského jezera (NAS)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Středoasijský program pro vodu a energii (CAWEP)	Významný	Omezený	Omezený	Významný	Omezený
Projekty Globálního fondu životního prostředí (GEF)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Iniciativy Rozvojového programu OSN (UNDP)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Mezinárodní fond pro Aralské jezero (IFAS)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Regionální program USAID pro vodu a zranitelné životní prostředí	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Projekty Německé společnosti pro mezinárodní spolupráci (GIZ)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Program Světové banky pro přizpůsobení se změně klimatu a zmírnění jejích dopadů ve Střední Asii (CAMP4ASB)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Projekty Švýcarské agentury pro rozvoj a spolupráci (SDC)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Iniciativy Asijské rozvojové banky (ADB)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Regionální environmentální centrum pro Střední Asii (CAREC)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Mezinárodní institut pro vodní hospodářství (IWMI)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Mezinárodní svaz ochrany přírody (IUCN)	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený
Aral Tenizi	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený	Omezený

tab. 4: Tabulka hodnocení všech realizovaných projektů.

Výše uvedená analýza ukázala, že převážná většina projektů měla na základě stanovených kritérií omezený potenciální účinek, což znamená, že ačkoli měly

potenciál něco změnit, pravděpodobně nedosáhly zamýšlených cílů kvůli problémům, jako je nedostatek finančních prostředků, nedostatečná politická podpora nebo technické potíže. Některé projekty nebyly realizovány vůbec, což dokládá hodnocení „omezený“, což dále omezuje jejich potenciální dopad. Několik projektů, jako například ASBP-4 a CAWEP, vykazovalo v některých oblastech významný potenciální dopad, zejména pokud jde o jejich dopad na zájmovou oblast a potenciál pro regionální integraci, ale tyto projekty byly spíše výjimkou než pravidlem. Celkově bylo zřejmé, že ačkoli bylo vyvinuto určité úsilí při řešení problémů spojených s vysycháním Aralského jezera, je třeba ještě vykonat mnoho práce, aby bylo možné účinně řešit složité a vzájemně propojené problémy, kterým region čelí.

## **5.2 Zavedení technologie kapkové závlahy jak potenciální řešení této krize**

Potenciálním řešením krize vysychajícího Aralského jezera bylo zavedení technologie kapkové závlahy. Systémy kapkové závlahy se skládaly z různých komponentů, včetně přívodu vody, filtračních a fertigačních uzlů, hlavních potrubí, rozvodných potrubí, kapačů, ventilů, regulátorů průtoku a tlaku. Zpočátku se tato technologie používala ve skleníkové produkci, ale s dalším vývojem se stala oblíbenou metodou pro ošetřování velkých volných ploch a pěstování široké škály ovocných a zeleninových plodin.

Využití technologie kapkové závlahy v oblasti Aralského jezera mohlo změnit pravidla hry v úsilí o záchranu vysychajícího jezera. Tato inovativní metoda zavlažování byla založena na dodávání vody přímo ke kořenové zóně rostoucích rostlin prostřednictvím sítě trubek a emitorů v malých kontrolovaných dávkách, kterých bylo dosaženo pomocí kapačů. To mělo několik výhod, včetně snížení spotřeby vody, spotřeby energie, nákladů na pracovní sílu a spotřeby minerálních hnojiv o 30 až 50 %. Pomáhalo to také zabránit erozi půdy, udržovat její úrodnost, udržovat optimální vlhkost půdy, brzdit výnosy a omezovat šíření chorob a plevelů. Kapková závlaha také snížila riziko záplav a dalších problémů souvisejících se záplavami, které by mohly vzniknout v důsledku přetížených kanálů a jiných vodovodních systémů. Kromě toho kapková závlaha snížila uvolňování hnojiv

a chemikálií do životního prostředí tím, že umožnila přesnou kontrolu množství a kvality použitých hnojiv. To vedlo ke snížení dopadů na vodní a suchozemské ekosystémy. Tento systém umožnil přesnou dodávku vody a snížil množství vody ztracené odpařováním a odtokem až o 70 %. Lepší účinnost a nižší spotřeba vody mohly přispět k zachování velikosti Aralského jezera . Kromě toho vedlo kapkové zavlažování ke zdravějším rostlinám, protože voda byla dodávána přímo do kořenové zóny, kde byla potřeba, což vedlo ke zvýšení výnosů plodin až o 20 %. To by mohlo vést ke zvýšení hospodářského rozvoje místních komunit.

V oblasti Aralského jezera se zavedení kapkové závlahy již osvědčilo. Plný potenciál této technologie však mohl být využit jejím zavedením v dalších oblastech Aralského jezera, kde se v současné době nepoužívá. Takový projekt by si vyžádal počáteční investice, které by mohly být kompenzovány dlouhodobými přínosy v podobě snížení spotřeby vody, zvýšení výnosů a zlepšení environmentálních podmínek. Zavedení technologie kapkové závlahy v celé oblasti Aralského jezera by mohlo přinést tolik potřebnou změnu současné vodní bilance a dalších faktorů, které jsou pro zachování Aralského jezera nesmírně důležité.

Reálným příkladem využití kapkové závlahy v oblasti Aralského jezera bylo povodí řeky Syrdarja v Kazachstánu. V této oblasti vláda realizovala rozsáhlý projekt kapkové závlahy – „Moje zahrada v Aralském jezeře“ a poskytla zemědělcům potřebné vybavení k přechodu z tradiční povodňové závlahy na účinnější kapkovou závlahu. Projekt vedl ke snížení spotřeby vody až o 60 %, což vedlo ke zvýšení účinnosti využívání vody a snížení spotřeby energie. Zlepšení půdních podmínek a zvýšení výnosů plodin vedlo k odhadovanému zvýšení ročních příjmů místních zemědělců o 30 milionů dolarů.

### **5.2.1 Návrh systému kapkové závlahy**

Pro návrh účinného systému kapkové závlahy pro bavlnu a další plodiny pěstované v povodí Aralského jezera je třeba vzít v úvahu několik faktorů. Prvním krokem je příprava půdy odstraněním nečistot a zajištěním rovny půdy. Poté se podél řádků plodin nainstaluje kapací potrubí z plastových trubek s emitory, které uvolňují vodu řízenou rychlostí, přičemž emitory se umístí přímo nad kořeny rostlin. Nakonec se



system připojí ke zdroji vody, jako je studna nebo nádrž, který je vybaven filtrem, aby se zabránilo ucpání emitérů.

Systemy kapkové závlahy vyžadují plastové trubky, emitory, filtry, konektory, ventily a regulátory tlaku. Náklady na modernizaci stávajícího zavlažovacího systému na kapkovou závlahu se sice mohou pohybovat od 2 000 do 20 000 USD na hektar, ale dlouhodobé přínosy v podobě vyšší efektivity využití vody a lepších výnosů plodin mohou tyto náklady vyvážit a vést k návratnosti investice již za 3 roky.

Jedním z hlavních problémů při zavádění kapkové závlahy v oblasti Aralského jezera je nedostatek spolehlivých zdrojů vody. Proto by měl být systém navržen tak, aby maximalizoval účinnost využití vody a integroval techniky sběru dešťové vody pro doplnění zásob vody. Kromě toho by měl být systém navržen tak, aby minimalizoval riziko zasolení půdy, které je v regionu významným problémem.

Pro úspěšné kapkové zavlažování je zásadní kvalita vody. Používaná voda by měla být bez nečistot a s pH mezi 6,5 a 7,5, aby se zabránilo ucpávání kapačů. Měla by se také sledovat úroveň zasolení, aby se zajistilo, že nebude negativně ovlivněn růst rostlin a výnos.

Typ půdy hraje zásadní roli při určování úspěšnosti kapkové závlahy. Písečné půdy vyžadují častější zavlažování než půdy hlinité, protože mají nižší schopnost zadržovat vodu. Typ půdy také ovlivňuje vzdálenost mezi kapkovacími potrubími a umístění zavlažovacích trubek.

Při řízení kapkové závlahy je třeba brát v úvahu také klimatické podmínky. V oblasti Aralského jezera, kde mohou teploty v létě stoupat nad 40 °C, jsou nutná opatření k zabránění odpařování vody, jako je použití mulče kolem rostlin nebo zavlažování v chladnějších částech dne.

Při navrhování účinných systémů kapkové závlahy pro bavlnu a další plodiny v regionu je třeba zohlednit specifické požadavky jednotlivých plodin na vodu. System musí dodávat vhodné množství vody pro každou plodinu a zároveň

minimalizovat ztráty vody odpařováním nebo odtokem, což je v suchém klimatu oblasti Aralského jezera významný problém.

Lze shrnout, že zavedení technologie kapkové závlahy v oblasti Aralského jezera by mohlo změnit pravidla hry v úsilí o záchranu jezera před vysycháním. Aby byl systém kapkové závlahy úspěšný, musí být navržen tak, aby maximalizoval účinnost využití vody, byl integrován s technikami sběru dešťové vody a zabránil zasolování půdy. Je třeba zohlednit kvalitu vody, typ půdy a klimatické podmínky a systém musí dodávat vhodné množství vody pro každou plodinu a zároveň minimalizovat ztráty vody odpařováním nebo odtokem. Zavedení účinného systému kapkové závlahy může vést ke zvýšení výnosů plodin, snížení spotřeby vody a zlepšení hospodářského rozvoje v regionu. Následující text pojednává o tom, jak vytvořit účinné systémy kapkové závlahy pro bavlnu a další oblíbené rostliny pěstované v regionu (Slavík a kol., 1993).

### **5.2.2 Kapková závlaha pro bavlnu v oblasti Aralského jezera**

Následující kroky mohou pomoci vytvořit účinné systémy kapkové závlahy pro bavlnu v oblasti Aralského jezera.

#### **Příprava půdy**

Před instalací systému kapkové závlahy bylo nutné půdu řádně připravit. Půda musela být zbavena plevele, kamenů a dalších nečistot, které by mohly ucpat kapací systém. Půda musela být také urovnána, aby se zabránilo jejímu zamokření.

#### **Návrh kapacího systému**

Návrh kapacího systému musel vycházet z požadavků plodin na vodu a z typu půdy. Bavlna vyžadovala 800-1000 mm vody za vegetační období. Kapací systém musel být navržen tak, aby dodával vodu rovnoměrně do kořenové zóny. Kapací potrubí muselo být umístěno v hloubce 10-15 cm pod povrchem půdy.

#### **Instalace kapacího systému**

Kapací systém musel být instalován podle návrhu. Kapací linky musely být položeny v rovných řadách a emitory musely být rovnoměrně rozmístěny podél linek. Systém

musel být připojen ke zdroji vody a musel být instalován filtr, aby se zabránilo jeho ucpaní.

### **Plánování zavlažování**

Pro efektivní využívání vody bylo nezbytné plánování zavlažování. Bavlna vyžadovala zavlažování v kritických fázích růstu, jako je výsadba, kvetení a vývoj šišek. Množství potřebné vody se lišilo v závislosti na fázi růstu. Plán zavlažování musel vycházet z požadavků plodiny na vodu a z povětrnostních podmínek.

### **5.2.3 Kapková závlaha pro další oblíbené rostliny v oblasti Aralského jezera**

Kromě bavlny se v oblasti Aralského jezera pěstuje také pšenice, ječmen a ovocné stromy, například meruňky a broskve, které mohou využívat kapkovou závlahu.

#### **Pšenice a ječmen**

Pšenice a ječmen vyžadují méně vody než bavlna a systémy kapkové závlahy pro tyto plodiny by měly být navrženy tak, aby dodávaly vodu rychlostí 2-3 litry za hodinu na jeden emitor. Emitéry by měly být umístěny ve vzdálenosti 30-40 cm, aby byla zajištěna rovnoměrná dodávka vody napříč řádky plodin.

#### **Ovocné stromy**

Ovocné stromy mají delší vegetační období a vyžadují vodu po celou sezónu. Kapací systém pro ovocné stromy by měl být navržen tak, aby dodával vodu rovnoměrně do kořenové zóny. Vypouštěče by měly být rozmístěny ve vzdálenostech 50-60 cm, aby stromy dostaly dostatek vody. Systém by však měl být navržen tak, aby nedocházelo ke smáčení kmene stromu, protože to může vést k houbovým chorobám a dalším problémům. Správné rozmístění emitorů a plánování zavlažování může pomoci zajistit zdraví a produktivitu ovocných stromů v oblasti Aralského jezera.

## **5.3 Další opatření k řešení problému**

Existuje několik dalších možností, jak tento problém řešit, včetně obnovení průtoku řek, které napájí Aralské jezero, výstavby přehrad a nádrží, zřízení odsolovacích zařízení, provádění opatření na zalesňování a ochranu půdy a zavádění technologií

šetřících vodu v zemědělství. Tyto možnosti však vyžadují značné investice, plánování a koordinaci mezi zeměmi v regionu.

Obnova řek, které napájejí Aralské jezero, vyžaduje řízení spotřeby vody a regulaci zavlažování, zavádění opatření na ochranu povodí, budování přehrad a nádrží, využívání odsolovacích technologií a podporu mezinárodní spolupráce. Účinná obnova řek vyžaduje spolupráci mezi zeměmi při správě vodních zdrojů a ochraně povodí.

Klíčovou strategií pro obnovu Aralského jezera je výstavba přehrad a nádrží. Tento přístup lze realizovat na různých místech v závislosti na faktorech, jako je topografie, velikost a průtok řeky a dostupné zdroje. Každá lokalita vyžaduje jiné zdroje a představuje jedinečnou výzvu a pečlivé zvážení možností je zásadní pro rozhodnutí o nejlepším přístupu k obnově.

Řešením problému nedostatku vody v oblasti Aralského jezera mohou být také odsolovací zařízení. Pro vybudování odsolovacích zařízení je nutné určit oblasti s vysokou poptávkou po sladké vodě, provést studie proveditelnosti, vybrat vhodnou technologii, zajistit financování a vybudovat a provozovat zařízení ve strategických oblastech s potřebnou infrastrukturou. Je však důležité přistupovat k tomuto řešení komplexně a systematicky, aby byla zajištěna jeho účinnost a pozitivní dopad na místní komunity.

Pro obnovu Aralského jezera je zásadní zalesňování a ochrana půdy. Je důležité vytipovat vhodné oblasti s dostatečným množstvím srážek a v blízkosti vodních zdrojů. Původní druhy stromů odolné vůči suchu by měly být vysazovány za použití vhodných technik, jako jsou vhodné rozestupy a půda bohatá na živiny. K zadržování vody přispívají také krycí plodiny, protierozní opatření a mulčování. Pro případné úpravy je nutný pravidelný monitoring.

V neposlední řadě jsou pro zachování vody a snížení jejího plýtvání nezbytné zemědělské reformy. Efektivní zavlažovací systémy, výběr plodin, které vyžadují méně vody, správné zemědělské postupy, udržitelné plánování využití půdy

a zemědělské vzdělávání mohou pomoci šetřit vodou. Zemědělcům, kteří zavádějí udržitelné postupy, lze rovněž nabídnout finanční pobídky. Tyto reformy mají zásadní význam pro omezené vodní zdroje v regionu a pro obnovu Aralského jezera.

## 6 Diskuse

Tváří v tvář krizi Aralského jezera byla navržena koncepce úspory vody pro zavlažování, která vyžadovala zavedení kombinace strategií pro řešení vysychání jezera. Složitost problému byla způsobena vzájemným působením lidských činností a neantropogenních faktorů, což vyžadovalo komplexní přístup, který by uznal roli obou těchto faktorů. Bylo třeba zvážit alternativní strategie hospodaření s vodou, jako je přechod od tradiční rostlinné výroby k udržitelnému využívání půdy, omezení zemědělství a zvýšení efektivity využívání vody v průmyslu, zisky z těžby nerostných surovin a továren investované do rozvoje průmyslu a zemědělství a odsolování mořské vody.

Tradiční způsoby hospodaření s vodou přestaly vyhovovat rostoucímu počtu obyvatel a zvyšování povědomí veřejnosti, propagace ochrany vody prostřednictvím vzdělávání a dobrovolnických akcí a využívání geoinformatiky a hydrometeorologického mapování zlepšilo zemědělské postupy a podpořilo ochranu vody v regionu. Komplexní přístup k problému zaměřený na zachování vodních zdrojů pro budoucí generace byl nezbytný pro zajištění dlouhodobého zdraví a vitality Aralského jezera a těch, kteří jsou na něm závislí.

Oblast Aralského jezera čelila pěti možným scénářům budoucího vývoje: pokračující degradace, ekologická obnova, diverzifikace zemědělství, rozvoj cestovního ruchu a přizpůsobení se změně klimatu. Reálná realizace návrhu na řešení této situace však vyžadovala kombinaci strategií přizpůsobených jednotlivým zemím v regionu, zahrnující spolupráci, investice a závazky vlád a mezinárodních partnerů, jakož i monitorovací a hodnotící systémy pro zajištění úspěchu.

Modernizace infrastruktury a instalace nových zařízení pro kapkovou závlahu vyžadovala koordinaci mezi vládami a mezinárodními organizacemi, stejně jako školení a vzdělávací programy pro zemědělce. Existovalo několik řešení, například obnova řek, výstavba přehrad a nádrží, odsolovací zařízení, zalesňování, opatření na ochranu půdy a agrární reformy, ale každé z nich mělo svá omezení.

Rostlinné druhy pěstované v oblasti by možná bylo třeba změnit na výnosnější

a s vodou úspornější alternativy, jako je ovoce, zelenina nebo halofyty. Tento přechod však vyžadoval širší strategii řešení špatného hospodaření se zavlažováním a nedostatku vody prostřednictvím spolupráce mezi státy Aralského jezera a investic do účinných technologií zavlažování, odsolování a opětovného využívání odpadních vod.

K dosažení udržitelného hospodaření s vodou a regionální spolupráce musely státy Aralského jezera řešit spornou otázku rozdělování vodních zdrojů a vypořádat se se složitostí regionální správy, ekonomickými a environmentálními otázkami. Řešení by mohly poskytnout mnohostranné přístupy a regionální integrace, ale byla zapotřebí politická vůle a odhodlání.

Nové projekty v oblasti Aralského jezera se potýkaly s problémy, jako je politická a ekonomická koordinace, zranitelnost životního prostředí, zajištění financování a získání podpory místních komunit, zemědělců a vládních úředníků. Úspěch závisel na řešení minulých neúspěchů tím, že se upřednostní řádná údržba, financování, plánování a projektování, jakož i zapojení zúčastněných stran a politická vůle k udržitelnému rozvoji.

Při porovnání výkonnosti zavlažování s jinými zeměmi mimo Aralské jezero trpěla produkce bavlny v regionu, který byl silně zavlažován, špatně řízeným zavlažováním, degradací půdy, neefektivním využíváním vody, zastaralými systémy a nedostatečnou regulací. Naproti tomu Izrael a Španělsko dosáhly pokroku ve zlepšení řízení zavlažování prostřednictvím účinných technologií, cenových mechanismů a regulace. Navzdory problémům, jako je nedostatečná infrastruktura a slabé instituce, by se situace v oblasti Aralského jezera mohla zlepšit podporou účinných zavlažovacích technologií, zavedením cenových mechanismů a adaptací úspěšných modelů z jiných zemí.

Celkově bylo k řešení krize v Aralském moři zapotřebí komplexního přístupu založeného na spolupráci, který by zahrnoval různé strategie přizpůsobené specifickým potřebám jednotlivých zemí v regionu. Investice do infrastruktury, zavlažovacích technologií a udržitelných zemědělských postupů, stejně jako podpora regionální spolupráce a učení se z úspěšných modelů v jiných zemích, dávaly naději

na obnovu a dlouhodobé zachování Aralského jezera a komunit, které na něm závisely.



## 7 Závěr

Výzva záchrany Aralského jezera byla předmětem mnoha debat a diskusí mezi odborníky a politiky. Jezero utrpělo vážné ekologické škody, včetně ztráty biotopů, zasolení půdy a zvýšeného znečištění ovzduší, takže vyhlídky na jeho obnovu se zdály být nemožné. Došlo však k určitému pozitivnímu vývoji, například k výstavbě několika přehrad a kanálů, které umožnily odvést vodu zpět do jezera a vedly ke zvětšení jeho rozlohy.

Jedním z hlavních problémů při záchraně Aralského jezera byla jeho kontrola dvěma zeměmi, Kazachstánem a Uzbekistánem, které měly odlišné priority a zájmy.

To ztěžovalo spolupráci a koordinaci mezi oběma zeměmi, zejména v otázkách, jako je hospodaření s vodou a její přidělování. Situaci navíc dále komplikovala rozsáhlá průmyslová odvětví v regionu, jako je zemědělství a výroba energie, což ztěžovalo stanovení priorit při obnově jezera.

Další významnou překážkou záchrany Aralského jezera bylo financování, přičemž odhady nákladů se pohybovaly v rozmezí několika miliard až desítek miliard dolarů. Navíc omezené zdroje v regionu spolu s vysokými náklady a nedostatkem politické vůle ztěžovaly zajištění potřebného financování takového projektu. Navzdory rozsáhlému výzkumu a snahám o obnovu zůstávalo úplné navrácení Aralského jezera do jeho bývalé slávy výzvou, přičemž řešení krize bylo neuvěřitelně složité a někdy i protichůdné.

Ekologická katastrofa v Aralském moři byla důkazem lidské bezohlednosti a hlouposti, která způsobila vážné škody v regionu a negativně ovlivnila vše od klimatu a krajiny přes kvalitu ovzduší a vody až po ekonomickou stabilitu a blaho místních druhů. Bylo nezbytné, aby se naše jednání řídilo rozumem a zodpovědností, protože respekt k lidem a přírodě je pro udržitelné soužití a budoucnost naší planety zásadní.

Záchrana Malého Aralu prostřednictvím zásahu v jižní části jezera byla možným řešením, ale nebylo by to snadné. Vzhledem k tomu, že jižní oblast nadále vysychala

a řeka Amu Darja již do jezera nedosahovala, zůstal Aral bez zdroje vody, který by ho pomohl stabilizovat.

Závěrem lze říci, že obnova Aralského jezera byla složitým a náročným úkolem vyžadujícím spolupráci, značné finanční prostředky a dlouhodobý závazek. Přestože vyhlídky na záchranu jezera byly nejisté, potenciální přínosy pro místní životní prostředí a ekonomiku z něj činily hodnotný počín, který by neměl být přehlížen. Zanedbání významu ochrany vodních zdrojů hrozilo úplným vyčerpáním Aralského jezera, což by mělo dalekosáhlé důsledky pro životní prostředí, živobytí lidí a křehkou rovnováhu ekosystému. To sloužilo jako varování, že je nutné jednat rychle a zodpovědně, aby se zabránilo zániku jedné z cenných vodních ploch naší planety.

## 8 Seznam použité literatury

- 1) Abazov, R., 2002: Karakalpakstan—profile. In *Encyclopedia of Modern Asia*, edited by Karen Christensen and David Levinson. Vol. 3, 313-317. New York: Charles Scribner's Sons.
- 2) Abdullaev I., Rakhmatullaev S. (eds.), 2016: *Water and land security in drylands: response to climate change*. Springer.
- 3) Aral Sea basin: a sea dies, a sea also rises [online] [cit. 2023.02.23]. dostupný z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17626470?dopt=Abstract>>
- 4) Babajanian B. V., 2005: Decentralisation and local governance in the countries of the Aral Sea Basin. *Central Asian Survey* 24(2), P. 187-202.
- 5) Barth, P. Das Aralsee-Syndrom [online] [cit. 2022.11.19]. dostupný z: <[http://www.peterbarth.de/wasser\\_aral.html](http://www.peterbarth.de/wasser_aral.html)>
- 6) Baumgartner M., Spreafico M., Weiss H.W., 2001: Hydropower and conflicts over water in Central Asia. *Mountains of the World*, UN Commission on sustainable Development and its 2001 Spring Session, Mountain Agenda, University of Bern, Dept. Of Geography (Switzerland)
- 7) Boomer I., Wünnemann B., Mackay A. W., Austin P., Sorrel P., Reinhardt Ch., Keyser D., Guichard F., Fontugne M., 2009: Advances in understanding the late Holocene history of Aral Sea region. *Quaternary International* 194 (1–2), 79–90.
- 8) Boroffka N. G. O., 2010: 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.
- 9) Central Eurasian water crisis: Caspian, Aral, and Dead Seas [online] [cit. 2022.12.15]. dostupný z: <<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/uu18ce/uu18ce00.htm#Contents>>
- 10) Ermakhanov, Z. K., Plotnikov, I. S., Aladin, N. V., Micklin, P., 2012: Changes in the Aral Sea Ichthyofauna and Fishery during the Period of Ecological Crisis. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 17, no. 1, 3-9.
- 11) Fedorovich, B., 1958: Will the Aral Sea Be Done Away With? In *Deserts given Water*, 95-96. Moscow: Foreign Languages Pub. House.

- 12) Gavrilchik Z. S., 2009: Základy biogeografie.
- 13) Gaybullaev B., Chen S. C., Aji X., 2012: Changes in water volume of the Aral Sea after 1960. *Applied Water Science* 2(4), P. 285-291.
- 14) Giese, E., Sehring, J., Touchine, A., 2004: Wasser und Wassermanagement in Zentralasien. *Zeitschrift Geschichte- Politik- Wirtschaft*, München.
- 15) Glantz, M. H., Rubinstein, A. Z., Zonn, I., 1993: Tragedy in the Aral Sea basin: Looking back to plan ahead? *Global Environmental Change* 3(2), 174-198.
- 16) Glantz, M. H., Zonn, I., 1991: A quiet Chernobyl. *The World & I*, September, 324-329.
- 17) Glantz, M., 1999: *Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin*. Cambridge University Press, Cambridge, 291s.
- 18) IICAS, 2020: My garden in the Aral sea [online] [cit. 2022.11.19]. dostupný z: <<https://iic-aralsea.org/my-garden-in-the-aral-sea/#>>
- 19) Khamzina A., Lamers J. P. A., 2018: Afforestation for the mitigation of land degradation in drylands of Central Asia. In: *Land Restoration*. Elsevier, P. 203-217.
- 20) Kolektiv autoru., 2004: *Školní Atlas světa. Kartografie Praha*, 175 S., ISBN 80-7011-730-3
- 21) Kulhavý F., Kulhavý Z., 2008: *Navrhování hydromelioračních staveb*. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2008, ISBN 978-80-87093-83-2
- 22) Lerman Z., Sedik D., 2008: The economic impact of land reform in Central Asia: a comparative analysis. *Natural Resources Forum* 32(3), P. 201-214.
- 23) Létolle R., Mainguet M., 1993: *Aral*. Springer-Verlag, Paris.
- 24) Létolle R., Mainguet M., 1996: *Der Aralsee – eine ökologische Katastrophe*. Springer-Verlag, Berlin, 517 S., ISBN 3-0540-58730-6
- 25) Micklin P., 2007: The Aral Sea Disaster. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 35, P. 47-72
- 26) Micklin P., 2010: The past, present, and future Aral Sea. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 15(3), P. 193-213.
- 27) Nováček P., 1999: *Křižovatky budoucnosti*. G plus G, Praha, 281 S., ISBN 80-86103-27-7

- 28) Oberhansli H., Zavialov P. (eds.), 2009: Special Issue Aral Sea Basin Hydrological, Chemical and Biological Today Compared with Trends of the Past 50 Years. *Journal of Marine Systems* 3(70)
- 29) Oskembayeva A., Xu W., Nyssonen V., Neupane R. C., 2017: Dust aerosol properties over the Aral Sea Basin derived from MODIS and CALIOP satellite observations. *Atmospheric Environment* 150, P. 306-316.
- 30) Píšková A., Grygar T., Veselá J., Oberhansli H., 2009: Diatom assemblage variations in the Aral Sea core C2/2004 over the past two millennia. *Fottea* 9(2), 333–342
- 31) Postnikov A. N., 2012: Approximate method for estimating evaporation from lakes and Reservoirs. *Scientific Notes of Russian State Hydrometeorological University* 26, P. 25-33.
- 32) Sehring J., 2009: The politics of water institutional reform in neo-patrimonial states: a comparative analysis of Kyrgyzstan and Tajikistan. *Springer Science & Business Media*.
- 33) Severskiy I., Vilesov E., Horion S., 2016: Aral Sea Basin: Changes in Biodiversity and Ecosystem Services. In: Hilderbrand R. H., Utz R. M., Stranko S. A., Raesly R. L. (eds.): *Biodiversity and Environmental Change: Monitoring, Challenges, and Direction*. Springer, P. 225-252.
- 34) Slavík L., Beran P., Zavadil J., 1993: *Závlahy pro pěstitele speciálních plodin a zahrádkáře*. Inst. výchovy a vzdělávání MZe ČR, Praha, ISBN 80-7105-057-1
- 35) Small I., Nichol J. E., Hashim M., 2018: Dust storms from the Aral Sea and their influence on Turkmenistan and beyond. *Natural Hazards* 91(3), P. 975-995.
- 36) Small I., Nicholls R. J., Barrow E. M., 1999: The effects of desiccation on weather and climate around the Aral Sea: A preliminary study. *International Journal of Climatology* 19(13), P. 1537-1547.
- 37) Smolová I., Vysoudil M., 2003: *Zeměpis na dlani*. Rubico Olomouc, 124 S., ISBN 80-85839-88-1
- 38) Štibinger J., Kulhavý F., 2010: *Úpravy vodního režimu půd odvodněním*. Praha, ISBN 978-80-213-2132-8

- 39) The impact of airborne dust on respiratory health in children living in the Aral Sea region [online] [cit. 2023.02.23]. dostupný z:  
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17911152?dopt=Abstract>>
- 40) Trevisani T., 2016: Land and power in Khorezm: farms and farmers in Uzbekistan's agrarian political economy. LIT Verlag Münster.
- 41) Tsutsui H., 1991: Some Remarks on the Aral Sea Basin Irrigation Management. Mimeo (Nara, Japan).
- 42) Turner (ed.), 1995: Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments. United Nations University Press, New York, p. 92
- 43) UNESCO Tashkent Office, 2017: The Aral Sea and Aral Sea region summary of SIC ICWC monitoring and analysis of the situation Aral Sea and Aral Sea region. Tashkent, ISBN: 978-9943-4895-9-2.
- 44) Voženílek V., 2004: Aplikovaná Kartografie I. Univerzita Palackého, 187 S., ISBN 80-244-0270-X.
- 45) Vysoudil M., 2004: Meteorologie a Klimatologie. Univerzita Palackého, 281 S., ISBN 80-244-0875-9.
- 46) Zholdasova I., 1999: Fish Population as an Ecosystem Component and Economic Object in the Aral Sea Basin. In: Glantz M. H. (ed.): Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin. Cambridge University Press, Cambridge, S. 204-24.
- 47) Zonn I. S., 1999: The Impact of Political Ideology on Creeping Environmental Changes in the Aral Sea Basin. In: Glantz M. H. (ed.): Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin. Cambridge University Press, Cambridge, S. 157-90.
- 48) Zonn I., Glantz M. H. (eds.), 2010: The Aral Sea Encyclopedia. Springer Science & Business Media.
- 49) Zonn I., Kostianoy A., Li X. (eds.), 2017: Impact of human activity on the ecological conditions of the Aral Sea. Springer.

## 9 Seznam příloh

### Seznam obrázků

obr. 1: Povodí Aralského jezera. Mapa sestavena z: Gaybullaev et al., 2012; Micklin, 2007; satelitní snímky Landsat od USGS/NASA; digitální model reliéfu od USGS EROS; vizualizace od UNEP/GRID-Sioux Falls. (zdroj -na.unep.net).....	4
obr. 2: Vysychání Aralského jezera. Obrázek byl sestaven z satelitních snímku. (zdroj - earthengine.google.com).....	5
obr. 3: Vodní zdroje v povodí Aralského jezera. (zdroj - cawater-info.net).....	8
obr. 4: Zemědělské využití vody v povodí Amudarji a Syrdarji. (Tsutsui, 1991) .....	12
obr. 5: Skupiny obyvatel povodí Aralského jezera(zdroj - cawater-info.net).....	13
obr. 6: Prachové bouře. (zdroj - earthobservatory.nasa.gov) .....	24
obr. 7: Projekt přehrady Kokaral. (zdroj - Oskenbayeva a kol., 2017).....	39

### Seznam tabulek

tab. 1: Průměrné roční složky vodní bilance Aralského jezera v letech 1911-1988..	19
tab. 2: Průměrné roční složky vodní bilance částí povodí Aralského jezera v letech 1988-1994. ....	19
tab. 3: Složky přítoku a odtoku Aralského jezera, km <sup>3</sup> /rok .....	20
tab. 4: Tabulka hodnocení všech realizovaných projektů .....	45