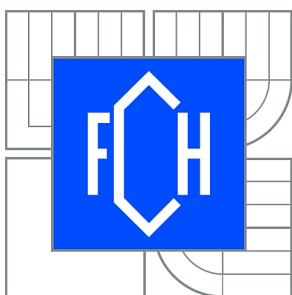




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF  
ENVIRONMENTAL PROTECTION

## MOŽNOSTI VYUŽITÍ NOVÝCH TECHNOLOGIÍ PŘI REGENERACI VODY V ZOO BRNO

OPTION USAGE NEW TECHNOLOGY AT ACTIVATION WATERS IN ZOO BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETRA KAŠPÁRKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0574/2010** Akademický rok: **2010/2011**  
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí  
Student(ka): **Petra Kašpárková**  
Studijní program: Chemie a chemické technologie (B2801)  
Studijní obor: Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)  
Vedoucí práce **Ing. Josef Kotlík, CSc.**  
Konzultanti:

### Název bakalářské práce:

Možnosti využití nových technologií při regeneraci vody v ZOO Brno

### Zadání bakalářské práce:

Provést analýzu možností regenerace užívané vody v ZOO Brno za účelem snížení spotřeby pitné vody pro jednotlivé pavilony.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 6.5.2011

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Petra Kašpárková  
Student(ka)

-----  
Ing. Josef Kotlík, CSc.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2011

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou současného stavu zásobování Zoologické zahrady Brno vodou s důrazem na udržitelnost životního prostředí místní fauny a flóry. V teoretické části byla zmapována síť vodovodního potrubí a posouzena funkčnost jednotlivých vodovodních řadů. Dále byly specifikovány provozní problémy v zásobování vodou. Experimentální část se blíže zabývá vodním systémem v nádržích pavilónu Tropického království, monitorováním kvality vody, vlivem jejího složení na chované živočichy a její cirkulaci.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis analyses contemporary condition of water-provision in ZOO Brno with emphasis on environmental defensibility of local fauna and flora. The theoretic part surveys networks of single water mains and reviews utility of particular water pipes. Operational problems of water-supply are specified further. The experimental part closely concerns the water system in tanks of Tropical Kingdom pavilion by monitoring water quality, the effect of water composition on bred species and water circulation.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

analýza, voda, ZOO, studie

## **KEYWORDS**

analysis, water, ZOO, study

KAŠPÁRKOVÁ, P. *Možnosti využití nových technologií při regeneraci vody v ZOO Brno*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2011. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Kotlík, CSc..

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem citovala správně a úplně. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

### *Poděkování:*

*Ráda bych poděkovala Ing. Josefu Kotlíkovi, Csc. za ochotu, laskavost, odborné a cenné rady, které mi usnadnily vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji zaměstnancům Zoologické zahrady Hodonín. Jmenovitě panu Jiřímu Ingrovi a Jiřímu Brožíkovi za odborné informace týkající se technologie filtrace vody.*

# OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ZOOLOGICKÁ ZAHRADE BRNO .....</b>	<b>9</b>
<b>3. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ZOO BRNO .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Voda v zoologické zahradě a její využití .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Vodní hospodářství Zoo Brno .....</b>	<b>10</b>
3.2.1. Zdroje pitné vody .....	10
3.2.1.1. Kníničský vodovod .....	10
3.2.1.2. Pisárecký vodovod .....	11
3.2.2. Zdroje užitkové vody .....	11
3.2.2.1. Provozní vodovod .....	12
3.2.2.2. Nový zdroj užitkové vody .....	13
3.2.3. Požární vodovod .....	14
3.2.4. Ostatní zdroje vody .....	15
<b>3.3. Provoz vodovodů a provozní problémy v zásobování vodou .....</b>	<b>16</b>
3.3.1. Zabezpečení plynulosti dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu .....	16
3.3.2. Zlepšení zásobování pitnou vodou v prvním tlakovém pásmu .....	16
3.3.3. Měření vody .....	17
3.3.4. Údržba vodohospodářských zařízení .....	18
<b>3.4. Bazény a jezírka jako významný biotický a estetický prvek .....</b>	<b>19</b>
3.4.1. Poloautomaticky provozované uzavřené vodní systémy .....	19
3.4.1.1. Vodní systém vlka arktického a bobra kanadského .....	19
3.4.1.2. Vodní systém tygra sumaterského a levharta cejlonského .....	19
3.4.1.3. Vodní systém nového expozičního komplexu Beringie .....	20
3.4.2. Problematika vodních systémů s poloautomatickým provozem .....	21
<b>3.5. Jakost vody .....</b>	<b>22</b>
3.5.1. Jakost pitné vody .....	22
3.5.2. Jakost užitkové vody .....	22
<b>3.6. Spotřeba a potřeba vody .....</b>	<b>23</b>
3.6.1. Spotřeba pitné vody .....	23
3.6.2. Spotřeba užitkové vody .....	23
3.6.3. Potřeba vody pro plnění bazénů a technické účely .....	24
3.6.4. Otevřené vodní plochy .....	25
3.6.5. Ztráty vody .....	25
<b>4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Nádrže v pavilonu Tropického království .....</b>	<b>26</b>
4.1.1. Cirkulace vody v nádržích .....	26
4.1.2. Parametry nádrží .....	27
4.1.3. Živočichové chování ve velké nádrži .....	28
4.1.3.1. Piraňa (Colosoma sp.) .....	28
4.1.3.2. Gurama velká (Osphromenus gourami) .....	29
4.1.3.3. Kajmánek trpasličí (Paleosuchus palpebrosus) .....	30
4.1.3.4. Orlície bornejská (Orlitia borneensis) .....	30
4.1.4. Živočichové chování v malé nádrži .....	32
4.1.4.1. Dracéna guayanská (Dracaena quianensis) .....	32
4.1.4.2. Akara modrá (Aequidens pulcher) .....	33
4.1.4.3. Vrbozubec paví (Astronotus ocellatus) .....	34
4.1.4.4. Krunýřovec velkoploutvý (Pterygoplichtys gibbiceps) .....	34
<b>4.2. Pavilón akvárií v Zoologické zahradě Hodonín .....</b>	<b>35</b>

<b>4.3. Sladkovodní akvárium.....</b>	<b>35</b>
4.3.1. Cirkulace vody ve sladkovodním akváriu .....	35
4.3.2. Živočichové chování ve sladkovodním akváriu .....	36
4.3.2.1. Piraña Nattererova (Serrasalmus nattereri).....	36
<b>4.4. Mořské akvárium.....</b>	<b>37</b>
4.4.1. Cirkulace vody v mořském akváriu .....	37
4.4.2. Živočichové chování v mořském akváriu .....	38
4.4.2.1. Žralok černoploutvý (Carcharhinus melanopterus).....	38
<b>4.5. Korálové akvárium .....</b>	<b>39</b>
4.5.1. Cirkulace vody v korálovém akváriu.....	39
4.5.2. Živočichové chování v korálovém akváriu.....	40
4.5.2.1. Korálové ryby .....	40
4.5.2.2. Korály .....	40
<b>4.6. Využívané filtrační materiály a zařízení.....</b>	<b>41</b>
4.6.1. Zeolit .....	41
4.6.2. Korálová drť .....	42
4.6.3. Biokuličky .....	42
4.6.4. Polyuretan.....	43
4.6.5. Bahenní filtr.....	43
4.6.6. Odpěňovač (Odlučovač proteinů).....	43
4.6.7. Fosfátový filtr .....	44
4.6.8. UV sterilizátor .....	44
<b>4.7. Biologická filtrace vody .....</b>	<b>45</b>
<b>4.8. Monitorování stavu vody v nádržích Tropického království.....</b>	<b>46</b>
4.8.1. Použité metody stanovení jednotlivých ukazatelů .....	46
4.8.1.1. Stanovení pH .....	46
4.8.1.2. Stanovení měrné vodivosti (konduktivity).....	46
4.8.1.3. Stanovení alkality $KNK_{4,5}$ .....	47
4.8.1.4. Stanovení $CHSK_{Mn}$ .....	47
4.8.1.5. Stanovení amonných iontů spektrofotometricky .....	48
4.8.1.6. Stanovení dusitanů spektrofotometricky .....	48
4.8.1.7. Stanovení dusičnanů spektrofotometricky .....	48
4.8.2. Nameřená data .....	49
<b>5. ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
<b>6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>56</b>
<b>8. SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>57</b>
<b>9. PŘÍLOHY .....</b>	<b>58</b>

## 1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se bude zabývat vodohospodářstvím v rámci Zoologické zahrady Brno. Na začátek je však důležité zmínit institucionální funkce a činnosti zoologické zahrady jako takové.

Nejstarší zoologická zahrada České republiky byla založena roku 1919 Německým přírodovědným spolkem v Liberci. Jako druhá v pořadí vznikla Zoologická zahrada v Praze Tróji, která byla pro veřejnost otevřena na podzim roku 1931. Ostatní zoologické zahrady u nás otevřely brány svým prvním návštěvníkům až v druhé polovině dvacátého století, většina z nich pak v 50. letech. Délkou svého působení se nemohou srovnávat s evropskými nebo světovými zahradami, přesto se některé proslavily i na mezinárodním poli úspěšným chovem ohrožených druhů zvířat [1].

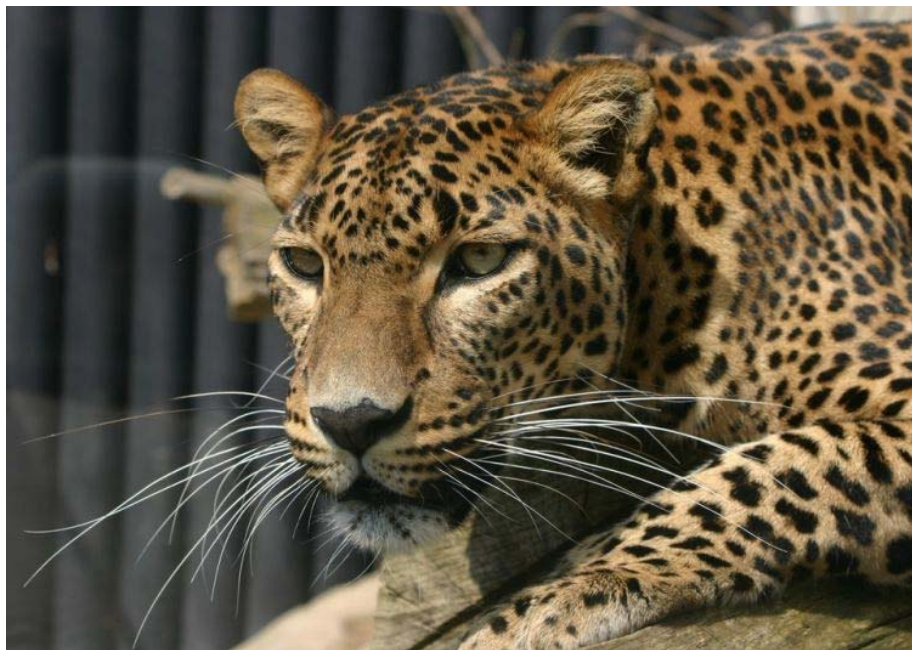
Původní záměr zoologických zahrad byl pouze pobavit obecenstvo a vystavovat co nejvíce exotických zvířat. Z dřívějších zvěřinců, kde byli živočichové chováni většinou jednotlivě, v nevyhovujících podmínkách a bez možnosti dostatečného pohybu, se stala multifunkční zařízení snažící se co nejlépe skloubit potřeby zvířat a lidí. Zvířata jsou chována ve výběžích a expozicích, které co nejpřesvědčivěji napodobují jejich přirozené životní prostředí, což poskytuje živočichům maximální míru komfortu a návštěvníkům zase představu o životě v divočině. Stále častěji vznikají vícedruhové biotopové expozice dávající ukázkou celých živočišných společenství daných oblastí světa. Zastaralé mříže a pletivo nahrazují suché či vodní příkopy, sklo nebo jiné moderní materiály, které neomezují výhled do ubikací. Průchozí výběhy a pavilony s rostlinou výsadbou a volně pohybujícími se živočichy nabízejí téměř stoprocentní kontakt s divokou přírodou. Zvířata jsou většinou chována ve větších reprodukčních skupinách, které skladbou odpovídají sociálnímu složení stáda ve volné přírodě a kde se pravidelně rozmnožují. Dnes je již minulostí doba, kdy se většina nových přírůstků dostávala do zajetí přímo z přírody [1,2].



Obrázek č. 1: Kůň Převalského zařazený v Červené knize ohrožených živočichů

V současné době je vedle propagace a výstavní činnosti jedním z nejdůležitějších poslání moderní zoo záchrana ohrožených druhů zvířat a vytváření jejich záložních chovných skupin pro případ vyhynutí ve volné přírodě. Taková instituce představuje důležitou banku schraňující poslední zbytky genetického bohatství kdysi hojných živočišných druhů. Dnešní zoologické zahrady se také podílejí na ochraně zvířat přímo v přírodě. Zároveň poskytují pomoc handicapovaným živočichům, kteří byli zabaveni pytlákům a pašerákům [1,2].

Zvířata chovaná v zoo jsou chráněna mnoha zákony a vyhláškami. Spousta živočichů žijících v zoologických zahradách podléhá CITES, tj. Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin. Jejím smyslem je celosvětová kontrola obchodu s ohroženými druhy, tak aby nebyl příčinou jejich vymizení z volné přírody. Dále existuje mnoho organizací a záchranných programů zaměřených na ochranu ohrožených druhů zvířat, které spolupracují se zoologickými zahradami. Jsou to například Evropský záchranný program (EEP), Evropské chovné knihy (ESB), Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií (EAZA), Mezinárodní asociace zoologických zahrad a akvárií (WAZA), Světový svaz ochrany přírody (IUCN), který vydává tzv. Červenou knihu ohrožených živočichů a další [2].



*Obrázek č. 2: Levhart cejlonský zařazený v Červené knize ohrožených živočichů*



## 2. ZOOLOGICKÁ ZAHRADA BRNO

Zoologická zahrada Brno patří k významným zoologickým zahradám České republiky. Její založení je datováno rokem 1951 a první otevření pro veřejnost se uskutečnilo v roce 1953. Zoo Brno je situována na svazích Mniší hory, která je přírodní přirozenou dominantou nad údolím řeky Svatky. Nachází se v katastrálním území Brno-Bystrc a Brno-Kníničky. Celková plocha zahrady je cca 65 ha. Zřizovatelem je Statutární město Brno a výkon funkce zřizovatele plní Rada města Brna. Zoologická zahrada je pro veřejnost otevřená celoročně a zavítá do ní okolo 250 tis. návštěvníků za rok [3]. Zoo Brno chová 785 zvířat 210 druhů zástupců ptáků, plazů, obojživelníků, ryb a savců ze všech kontinentů kromě Antarktidy [4].

Zoologická zahrada Brno je členem mnoha mezinárodních organizací, např. Evropský záchranný program (EEP), Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií (EAZA), Mezinárodní asociace zoologických zahrad a akvárií (WAZA), Unie českých a slovenských zoologických zahrad (UCSZOO) a dalších. Zoo Brno také chová spoustu druhů zvířat podléhajících CITES, tj. Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin [5].

Součástí Zoologické zahrady Brno je také Stálá akvariijní výstava (SAV), která byla prvním návštěvníkům otevřena roku 1969 v historických prostorách staré brněnské radnice, kde na cca 76 m<sup>2</sup> prezentuje v 65 nádržích početné zástupce mořských i sladkovodních ryb a rostlin, některých obojživelníků, plazů a členovců téměř z celého světa [6].

## 3. SOUČASNÝ STAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ZOO BRNO

### 3.1. Voda v zoologické zahradě a její využití

Voda je základní podmínkou pro život, tvoří přirozený biotop pro ryby, ptactvo a ostatní zvířenu. Je nezbytně důležitým biologickým, vegetačním a hygienickým faktorem. Využití vody v zoologické zahradě je mnohostranné. V první řadě slouží jako zdroj pitné vody a k sanitárním účelům, dále je využívána jako čistící, rozpustné a hasící médium, ve velkém množství se také spotřebuje na závlahu zeleně a očistu komunikací. Kromě toho je významný estetický a krajinný činitel. Rozsah a možnosti jejího využití jsou dány jejími kvantitativními a kvalitativními užitnými vlastnostmi, ale také provozuschopností a funkčností zařízení, které vodu dodává [3].

### 3.2. Vodní hospodářství Zoo Brno

Vodní hospodářství v Zoologické zahradě Brno představují základní vodní díla (viz. Příloha č. 1.). Jsou to vodovody, které zásobují zahradu pitnou a užitkovou vodou a kanalizace, které odvádí vodu odpadní dešťovou a splaškovou. Jmenovitě se jedná o Kníničský vodovod, Pisárecký vodovod, provozní vodovod, kanalizaci dešťovou a splaškovou z první poloviny sedmdesátých let minulého století a kanalizaci dešťovou z let 1994 – 1995. K vodním dílům lze zařadit rovněž odlučovač tuků pod restaurací U Tygra a vodní díla areálu bývalého VUT na ulici Rekreační 1, v Brně – Kníničkách (vnitřní vodovod, podzemní vrt, odpadní kanál z areálu do řeky Svratky, kanalizace s jímkami na vyvážení a přivaděč DN 600 z přehrady Brno) [3].

#### 3.2.1. Zdroje pitné vody

Zoologická zahrada využívá k zabezpečení svých potřeb pitnou vodu, dodávanou provozovatelem Brněnskými vodárnami a kanalizacemi a.s., z vodovodu pro veřejnou potřebu a to ze dvou odběrných míst. Prvním je přípojka na ulici Ondrova, tj. Kníničský vodovod a druhým přípojka z ulice U Zoologické zahrady, tj. Pisárecký vodovod. Výhody zásobení zahrady ze dvou na sobě nezávislých odběrných míst není plně využito s ohledem na umístění rozvodů a zesilovací čerpací stanice. Názvy Pisárecký a Kníničský vodovod nemají v současné době vzhledem k situování vodovodů opodstatnění, jsou však vžité a užívané, proto budou v dalším textu respektovány [3].

##### 3.2.1.1. Kníničský vodovod

Kníničský vodovod byl vybudován na počátku padesátých let. Byl to původně samostatný obecní vodovod se svým prameništěm a vodojemem o obsahu 60 m<sup>3</sup>. V devadesátých letech bylo však prameniště zrušeno a předešlý vodojem byl nahrazen novým o obsahu 400 m<sup>3</sup>, do kterého je dodávána voda z vodovodu pro veřejnou potřebu. Dokumentace budování vodovodu se nedochovala, existuje jen zaměření skutečného stavu od Regionu Brno z roku 2001, které nicméně neodpovídá skutečnému provedení. Vodovod je zhotoven z ocelových litinových trub DN 80 – 150 a jeho celková délka činí 3 275 m [3].

Hlavní řad je veden od vodoměrné šachty východním směrem kolem výběhu ledních medvědů, proti spádnicí až ke křižovatce komunikací od výběhu vlka arktického, kde je rozdělovací šachta. Z ní odbočuje větev jižním směrem až na konec pavilónu opic. Na této větvi, ve svahu nad restaurací U Tygra je umístěna tzv. spojná šachta. Jedná se o propojení Kníničského a Pisáreckého vodovodu. Nad nově vybudovanou expozicí Beringie je odbočka a z ní je zásobován stánek, výtokový stojan, veřejné záchodky a jezírka ve výběhu tygra sumaterského a levharta cejlonského. Druhá odbočka je nad dolním jezírkem vlka arktického. Tato odbočka zásobuje vodní systém expozice bobra kanadského a pod komunikací bazén lachtanů, výběh lišky polární a veterinární ambulatorium. Z rozdělovací šachty pokračuje řad proti spádnicí do čerpací zesilovací stanice, dále k vyhlídce Safari a východním směrem až ke skleníkům. Z řadu odbočuje větev k seníku, k bizonům americkým, k dětskému hřišti a k výběhu kopytníků. Z čerpací stanice je vedena větev k pavilónu Tropického království a občerstvení. Z této větve vedou odbočky k veřejným záchodkům, k pavilónu exotického ptactva a k expozici tapírů jihoamerických. Hlavní uzávěr vody je ve vodoměrné šachtě, která je umístěna v severozápadním okraji zoologické zahrady [3].

Kníničským vodovodem je do zoologické zahrady ročně dodáváno průměrně 32 600 m<sup>3</sup> pitné vody, což je asi 95 % z celkové spotřeby [3].

### **3.2.1.2. Pisárecký vodovod**

Tento vodovod se označuje jako Pisárecký, protože do něj byla původně dodávána voda z úpravny vody v Pisárkách. Pisáreckým vodovodem se tedy rozumí vodovodní řad od místa připojení na vodovod pro veřejnou potřebu v ulici U Zoologické zahrady až po tzv. spojnou šachtu, která je umístěna ve svahu nad restaurací U Tygra. V této spojně šachtě jsou propojeny oba vodovody (Pisárecký a Kníničský). Pisárecký řad je však trvale uzavřen šoupátkem, z důvodu různých tlakových poměrů vodovodů [3].

Vodovodní řad je veden v krajnici komunikace a to po pravé straně ve směru příjezdu do zoologické zahrady. Na řadu jsou umístěny dva podzemní hydranty (naproti dílen a restaurace U Tygra), vodoměrná šachta s hlavním uzávěrem (naproti vrátnice) a dvě přípojkové šachty. První je umístěna na kraji stávajícího parkoviště a druhá pod svahem nad restaurací U Tygra. Na tento řad jsou připojeny garáže, dílny, centrální přípravná krmiv, psinec, správní budova a restaurace U Tygra [3].

Pisáreckým vodovodem je do zoologické zahrady ročně dodáváno průměrně 1 800 m<sup>3</sup> pitné vody, což je asi 5 % z celkové spotřeby [3].

### **3.2.2. Zdroje užitkové vody**

Užitková voda je zabezpečena provozním vodovodem. Původním zdrojem byla voda z Brněnské přehrady, která však vykazovala dlouhodobě nevyhovující jakost a používala se pouze k očištění komunikací a závlaze. V roce 2009 tento zdroj nahradily dva nově zřízené vrty v údolní nivě řeky Svratky dodávající zahradě užitkovou vodu, která je svoji kvalitou téměř srovnatelná s vodou pitnou [3,7].

### **3.2.2.1. Provozní vodovod**

Provozní vodovod byl vybudován v letech 1971 – 1975 na podkladě projektové dokumentace Potravinoprojektu Brno. Hlavním cílem investora bylo dosažení úspor ve spotřebě pitné vody využitím vody užitkové a docílení tak nejvyšší hospodárnosti provozu. Tento pozitivní záměr nebyl však nikdy v plném rozsahu naplněn z důvodu nepříznivého vývoje jakosti vody v Brněnské přehradě [3].

Povrchová voda z přehrady Brno byla odebírána přípojkou z přivaděče DN 600 o celkové délce 580 m, který byl vybudován Vysokou školou stavitelství v Brně, v letech 1954 – 1956. Přivaděč DN 600 je veden z přehrady do areálu školy (později Vědecko – výzkumného ústavu vodního stavitelství a hospodářství), kde slouží pro zabezpečení vědeckých prací a to zejména modelového hydrotechnického výzkumu. Přivaděč je napojen před elektrárnou pod přehradní zdí na odběrné potrubí surové vody DN 1000, které mělo sloužit jako vodárenský odběr pro úpravnu vody města Brna. Tento záměr však nebyl nikdy zrealizován. Jímací objekt je umístěn na kótě 214,58 m. n. m., cca. 250 m před přehradní zdí. Přivaděč je ovladatelný dvěma uzavíracími armaturami (šoupátky), umístěnými v tělese hráze a v šachtě před hydrocentrálou. Hlavní uzávěr je zabudován na ulici Rekreační 1 v budově D [3].

Připojení přivaděče DN 600 je podle projektové dokumentace v armaturní šachtě, umístěné při západní hranici areálu zoologické zahrady. Tato armaturní šachta však nebyla v terénu nikdy dohledána a podle pamětníků nikdy nebyla ani vybudována. Připojení bylo údajně provedeno pomocí T – kusu 600/150. Odbočkou z ocelového potrubí DN 150 o délce 287 m byla voda přivedena do čerpací stanice a z ní pomocí čerpacích agregátů dopravována výtlačným řadem DN 150 délky 530 m do věžového vodojemu (hydroglobu) o obsahu 200 m<sup>3</sup>. Vodojem je umístěn na Mniší hoře, na kótě 309,11 m. n. m. Z vodojemu byla užitková voda dopravována k jednotlivým objektům rozvodnými řady DN 100 – 150 Z, Z1, Z2 a Z3. Celková délka těchto rozvodných vodovodů je 2 020 m. Řad Z je veden od vodojemu k Tropickému Království, řad Z1 od Tropického království západním směrem až k restauraci U Tygra, řad Z2 odbočuje z řady Z nad pavilonem exotického ptactva a pokračuje směrem západním až k nově vybudované expozici Beringie a dále k bazénu lachtanů. Řad Z3 jde z vodojemu do vodárny a odtud k jezírkům Safari a k výběhu koně Převalského [3,8].

Přivaděč DN 600 je v havarijním stavu (vykazuje řadu průsaků), proto byl po zajištění nového zdroje užitkové vody zrušen. Zoologická zahrada musí už jen uvést potrubí do neškodného stavu, jeho zaplněním popílkocementovou směsí v celé délce, aby se do budoucna zamezilo možnému sesuvu nadloží [3,8].

Důvodem nízkého využití provozního vodovodu je neuspokojivý stav jeho rozvodů. V současné době je v provozu pouze řad Z3 vedoucí k jezírkům Safari a expozici koně Převalského. V rámci daných možností je tento problém řešen alespoň částečně tzv. vylvložkováním stávajícího potrubí polyethylenovou hadicí [3].



*Obrázek č. 3: Jezírko v Safari*

### **3.2.2.2. Nový zdroj užitkové vody**

Rozvoj brněnské zoologické zahrady klade stále zvyšující se nároky na množství i jakost vody. Již zmíněnou organicky znečištěnou vodu z přehrady Brno, zahrada využívala pouze k očištění komunikací a techniky a k závlahám zeleně. Bazény, jezírka a další vodní prvky v expozicích bylo tedy nutné zásobovat vodou pitnou [7].

Od května roku 2009 Zoologická zahrada Brno čerpá užitkovou vodu z nového vlastního zdroje, což přináší výrazné úspory, které v budoucnu ještě vzrostou. Fakturační náklady na užitkovou vodu jsou téměř devětkrát nižší, než náklady na vodu pitnou. Jedná se o dva vrty zřízené v údolní nivě řeky Svratky. Hloubení obou vrtů začalo v září roku 2008 a jejich kolaudace proběhla 30. července 2009 [7].

První, 75 m hluboký vrt, který se nachází až v neogenní vrstvě, leží v katastru městské části Brno – Kníničky, na pozemku patřícím zahradě. Jeho vydatnost činí 7,2 l/s, což odpovídá předpokládané spotřebě užitkové vody i v několika příštích desetiletích. Podle hydrogeologů bude v budoucnu možné prameniště rozšířit. Voda čerpaná z hlavního vrtu téměř splňuje normy pro pitnou vodu. Nedaleko od něj, už v městském areálu, je k dispozici druhý, 14 m hluboký vrt, který je umístěn v kvarténních sedimentech řeky Svratky. Tento vrt slouží jako záložní, využívá se pouze při poruše či údržbě hlavního zdroje. Voda z něj se upravuje v odželezovacích filtrech. Čištění vody ze záložního vrtu je nutné i přesto, že takřka vykazuje parametry pitné vody. Mohlo by totiž dojít ke smíchání s vodou z kvarténních sedimentů, ve které se vyskytuje vyšší obsah železa [7,9].

Vrty jsou vystrojeny ponornými čerpadly, z nichž výtlačné potrubí odvede podzemní vodu do sběrné šachty a úpravny vody, odkud se pak dostane potrubím do stávající čerpací stanice

v Brně – Kníničkách. Další čerpadla ji pak dopravují do věžového vodojemu a odtud do rozvodů k jednotlivým spotřebišťům v areálu Zoo Brno. Jak již bylo řečeno, rozvody provozního vodovodu jsou v havarijním stavu. V současnosti jsou užitkovou vodou z podzemního vrtu zásobovány pouze jezírka Safari, expozice koně Převalského a částečně bazén ledních medvědů [3,7].

V další etapě rozvoje vodního hospodářství hodlá vedení zoo vybudovat větší vodojem a na něj navazující nové rozvodné vodovodní sítě [7].

### 3.2.3. Požární vodovod

Zoologická zahrada Brno nevlastní žádný samostatný požární vodovod. K zabezpečení potřebného množství požární vody slouží jako odběrná místa podzemní hydranty, umístěné na rozvodu pitné vody [3].

Vnější odběrná místa:

- podzemní hydrant u hlavního vstupu do zoologické zahrady, před rodinným domem č. p. 44,
- podzemní požární hydrant před objektem dílen,
- podzemní požární hydrant na vodovodním řadu v komunikaci před restaurací U Tygra,
- podzemní požární hydrant ve svahu nad místní komunikací nad vodopádem a nad výběhem vlka arktického,
- podzemní hydrant na provozním vodovodu u komunikace pod pavilónem Tropického království [3].

K hasebním účelům lze také použít vodu z bazénků a jezírek:

- bazén lachtanů (o objemu 125 m<sup>3</sup>),
- bazén bobra kanadského (o objemu 260 m<sup>3</sup>),
- jezírko tapíra jihoamerického (o objemu 100 m<sup>3</sup>),
- bazén ledních medvědů (o objemu 150 m<sup>3</sup>),
- jezírka v expozici Beringie (o objemu 150 m<sup>3</sup>) [3].



Obrázek č. 4: Bazén ledních medvědů

### 3.2.4. Ostatní zdroje vody

Do kategorie ostatních zdrojů vody lze zařadit:

- Šachtovou studnu z betonových skruží DN 1 000, která je hluboká 22,8 m a nachází se pod zahradnictvím zoologické zahrady. Do budoucna se zvažuje možnost jejího využití jako doplňkového zdroje pro závlahu [3].
- Studnu z betonových skruží DN 1 200 o hloubce 25,0 m, která je situovaná ve svahu nad restaurací U Tygra. Přítoky do studny jsou minimální a voda je kontaminovaná biologickým znečištěním. Nepředpokládá se její využití [3].
- Hydrovrt v bývalém areálu VUT na ulici Rekreční 1. Při budování a využívání nového prameniště v této oblasti se předpokládá jeho využití jako pozorovacího vrtu [3].

### 3.3. Provoz vodovodů a provozní problémy v zásobování vodou

#### 3.3.1. Zabezpečení plynulosti dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu

K prvořadým problémům v zásobování Zoo Brno pitnou vodou patří přerušení plynulosti její dodávky v druhém tlakovém pásmu zahrady, které se nachází nad kótou 280,00 m. n. m. To je způsobeno zvýšeným odběrem pitné vody v Brně – Kníničkách, ke kterému dochází zejména v letních měsících. Zvýšený odběr vody je doprovázen poklesem hydrodynamického tlaku v místě přípojky. Připočteme – li tlakové ztráty v rozvodech zoologické zahrady, tak celkově tlak poklesne pod kótu 280,00 m. n. m. Zesilovací čerpací stanici situované právě na kótě 280,00 m. n. m. se v této kritické době nedostává pitné vody, protože pokles tlaku nedovoluje, aby voda naplnila její jímku [3].

Technické řešení problému:

- Provizorní řešení – zvětšení objemu čerpací jímky z 10 m<sup>3</sup> na 20 m<sup>3</sup> [3].
- Vybudování nové zesilovací čerpací stanice pro druhé tlakové pásmo. Tento návrh využívá přednosti, že je zahrada zásobována pitnou vodou ze dvou na sobě nezávislých zdrojů (Pisárecký a Kníničský vodovod). Z toho vyplývá, že při případné poruše na jednom z vodovodů nenastane přerušení dodávky pitné vody na druhém z nich. Nová zesilovací čerpací stanice musí být výškově umístěna tak, aby mola být zásobována z obou vodovodů. Jako nejvýhodnější umístění se ukazuje místo stávající rozdělovací šachty v křižovatce cest nad expozicí vlka arktického a bobra kanadského [3].

#### 3.3.2. Zlepšení zásobování pitnou vodou v prvním tlakovém pásmu

V roce 1984 byla vybudována nová přípojka vodovodu z ulice U Zoologické zahrady se záměrem zlepšení zásobování areálu pitnou vodou. K vylepšení mělo dojít zejména u objektů, které se nacházejí v prvním tlakovém pásmu. První tlakové pásmo leží pod kótou 280,00 m. n. m. Přípojka včetně nové vodoměrné šachty naproti provozní vrátnice byla zhotovena z litinových trub DN 100 v délce 110 m a napojena na stávající rozvod. Připojení na Kníničský vodovod bylo provedeno pomocí T – kusu, který se nalézá ve spojně armaturní šachtě, ve svahu nad restaurací U Tygra [3].

Vzhledem k různým tlakovým poměrům je Pisárecký vodovod uzavřen šoupátkem a zásobuje pitnou vodou pouze jižní část zoologické zahrady. V případě poruchy na Kníničském vodovodu, lze manipulací s uzávěry ve spojně šachtě (otevřením šoupátka na řadu Pisáreckého vodovodu a uzavřením hlavního uzávěru vody v ulici Ondrova ve vodoměrné šachtě), nouzově zásobovat vodou objekty, nacházející se v prvním tlakovém pásmu [3].

Při poruše na Pisáreckém vodovodu je možné celou zoologickou záhradu zásobovat pitnou vodou pouze z Kníničského vodovodu (otevřením šoupátka ve spojně šachtě a uzavřením šoupátka ve vodoměrné šachtě před provozní vrátnicí) [3].

Řešení spočívá v rekonstrukci spojně šachty s osazením regulačního ventilu, který bude regulovat tlaky v obou vodovodech [3].



Tabulka č. 1: Tlaková pásma [3]

<b>1. tlakové pásmo</b>	objekty pod kótou 280,00 m n.m.
<b>2. tlakové pásmo</b>	objekty nad kótou 280,00 m n.m.

Tabulka č. 2: Dosah vodovodů [3]

<b>Vodovod</b>	<b>Dosah (m n.m.)</b>
Pisárecký	275,00
Kníničský	280,00

Tabulka č. 3: Výškové kóty vodovodů [3]

<b>Vodovod</b>	<b>Místo přípojky</b>	<b>Kóta terénu v místě přípojky (m n.m.)</b>	<b>Kóta čáry hydrodynamického tlaku (m n.m.)</b>	<b>Kóta čáry hydrostatického tlaku (m n.m.)</b>
Pisárecký	ulice U Zoo	215,00	273,00	275,00
Kníničský	ulice Ondrova	222,00	290,00	295,00

### 3.3.3. Měření vody

Prvotním předpokladem racionálního hospodaření s vodou je měření její spotřeby. V současnosti jsou v zoologické zahradě tato měrná místa:

- hlavní vodoměr pro Pisárecký vodovod umístěný ve vodoměrné šachtě naproti provozní vrátnice,
- hlavní vodoměr pro Kníničský vodovod umístěný ve vodoměrné šachtě poblíž čerpací stanice užitkové vody na ulici Ondrova,
- hlavní vodoměr pro provozní areál na ulici Rekreační, naproti rodinnému domu č. p. 10,
- vodoměr pro měření spotřeby vody druhého tlakového pásma, který leží v zesilovací čerpací stanici,
- vodoměry pro měření spotřeby užitkové vody nacházející se v šachtě pod věžovým vodojemem (měření spotřeby vody v Safari a v expozici koně Převalského),

- vodoměry v restauraci U Tygra (měření spotřeby vody pro restauraci a bazény tygra a levharta),
- vodoměr v šachtě u expozice Beringie (měření spotřeby vody stánku s občerstvením),
- vodoměr v šachtě pod chodníkem u bazénu bobrů (měření spotřeby vody veterinárního ambulatoria a bazénu lachtanů),
- vodoměr v chodbě za budovou stánku (měření spotřeby vody stánku a Tropického království),
- vodoměr pro správní budovu v chodbě v přízemí [3].

### 3.3.4. Údržba vodohospodářských zařízení

Údržba postavených vodohospodářských zařízení představuje trvalou a smysluplnou péči s cílem zabezpečit jejich maximální životnost a dokonalou funkci. Udržovací práce vycházejí z plánu údržby zpracovaného pro příslušný rok. Pro rozsáhlejší soubory jsou vypracovány samostatné provozní a manipulační řády [3].

Hlavním předpokladem pro správné provádění udržovacích prací je především řádně doplňovaná a aktualizovaná evidence doložená dokumentací skutečného provedení. Jedná se o přesně vedené situační plány, ze kterých je patrné situační vedení vodovodů s označením šachet, ovládacích armatur a podzemních hydrantů [3].

Údržbářské práce a opravy většího a náročnějšího charakteru jsou zabezpečeny smluvně externí firmou [3].

V Zoo Brno zabezpečují údržbářské práce na vodohospodářských objektech vedoucím dílen určenými pracovníci, kteří vykonávají práci dle jeho pokynů. Přičemž vycházejí z:

- provozního řádu vodovodů,
- pomůcek pro obsluhu, provoz a údržbu vodovodů včetně výkresové dokumentace,
- provozního řádu vodního hospodářství expozic vlka arktického a bobra kanadského,
- provozního řádu vodního hospodářství expozic tygra a levharta,
- provozního řádu vodního hospodářství expozičního komplexu Beringie [3].

### **3.4. Bazény a jezírka jako významný biotický a estetický prvek**

Bazény a okrasná jezírka zaujímají v zoologické zahradě nezastupitelné místo. Tvoří nezbytný biotop pro život chovaných zvířat a jsou významným estetickým prvkem v prostředí zahrady [3].

Původní bazény (lachtani, lední medvědi, jezírka Safari, apod.) jsou zcela závislé na obsluze, která zajišťuje čištění, vypouštění a plnění a pečuje o jakost vody. Četnost plnění a vypouštění bazénů je různá a řídí se chovatelskými předpisy. U nových expozic je provoz těchto vodních prvků poloautomatický (bazény levharta cejlonského a tygra sumaterského, vlka arktického a bobra kanadského, jezírko medvěda kamčatského a další). V současné době má zoologická zahrada okolo 1 300 m<sup>2</sup> otevřených vodních ploch. Jmenovitý seznam je uveden níže [3].

#### **3.4.1. Poloautomaticky provozované uzavřené vodní systémy**

Jedná se o vodní prvky, uvnitř kterých voda cirkuluje. Patří sem vodní systém vlka arktického propojený se systémem bobra kanadského, cirkulační síť v expozici tygra sumaterského a levharta cejlonského a čtyři vodní nádrže v novém expozičním komplexu Beringie [10].

##### ***3.4.1.1. Vodní systém vlka arktického a bobra kanadského***

Z nádrže bobra kanadského je voda vedena do spojovací šachty, odkud je čerpadlem vháněna do podzemního potrubí, které vyústí v horním jezírku vlků arktických. Z horního jezírka odtéká část vody podzemním potrubím do nádržky, ze které teče vodopádem do níže položeného jezírka v expozici vlků. Zbylá část vody postupuje podzemním potrubím dále a vytéká opět ve spodním jezírku vlka arktického. Z tohoto jezírka teče voda samospádem zpět do nádrže bobra kanadského [10].

##### ***3.4.1.2. Vodní systém tygra sumaterského a levharta cejlonského***

Tato uzavřená vodní síť se dělí na dva menší okruhy:

###### **Okruh tygra sumaterského:**

Z vodopádu v horní části výběhu padá voda do dvou ramen řeky, která se vlévá do jezírka ve spodní části expozice. Z jezírka teče voda samospádem do čerpací jímky spojovací šachty, kde je zabudován pískový filtr. Odtud je vyčištěná voda vháněna čerpadlem zpět do vodopádu v horní části výběhu [10].

###### **Okruh levharta cejlonského:**

Z jezírka ve spodní části výběhu levharta teče voda samospádem do spojovací šachty s čerpací jímkou a pískovým filtrem. Tato čerpací jímka je společná pro vodní okruh tygra i levharta. Přečištěná voda je vháněna čerpadlem do horní části expozice a vyústí do malé říčky, která vtéká nazpátek do již zmíněného jezírka [10].



Obrázek č. 5: Jezírko tygra sumaterského

### **3.4.1.3. Vodní systém nového expozičního komplexu Beringie**

Nový areál, který zoologická zahrada zpřístupnila návštěvníkům 9. října 2010, je situován v dolní části zoo v prostoru mezi tygřími skalami a výběhy vlků a bobrů (viz. Příloha č. 2.). Největší část nového komplexu připadá na rozlehlý výběh medvědů kamčatských. Dále se v Beringii nachází doplňková expozice rosomáků sibiřských a částečně průchozí voliéra, která je rozdělena na dvě části. V první části se nalézají sovice sněžné a v druhé zástupci dvou ptačích druhů: jespáků bojovných a ostralek štíhlých. Uprostřed areálu je vybudována tradiční kamčatská usedlost [11].

#### Vodní systém rosomáků sibiřských:

Z vodní nádrže u rosomáků sibiřských je voda hnána čerpadlem přes čistící zařízení nahoru, odkud padá vodopádem zpět [10].

#### Vodní systém voliér jespáků bojovných, ostralek štíhlých a sovic sněžných:

Z obou jezírek je voda čerpána do technické budovy uprostřed expozice, kde je filtrována. Vyčištěná se pak vrací nazpátek do jezírek [10].

#### Vodní systém medvěda kamčatského:

Z jezírka medvěda teče voda pod stavby kamčatských chalup, odkud je po zfiltrování čerpadlem vhnána zpět do výběhu, kde vytéká v podobě vodopádu, který padá zpátky do jezírka [10].



Obrázek č. 6: Jezírko medvěda kamčatského

### 3.4.2. Problematika vodních systémů s poloautomatickým provozem

Zařízení musí být provozováno podle zpracovaného provozního řádu včetně opatření pro zimní provoz. Zvláštní pozornost by měla být věnována strojně – technologickému vybavení a s ohledem na energetickou náročnost je třeba zdůraznit hospodárnost provozu [3].

Zabezpečení vhodné kvality vody:

- vybavením systému čistícím zařízením (eliminace organických látek a zelených organismů v letním období),
- vybavením systému zařízením pro zachytávání hrubých plovoucích nečistot, které ucpávají čistící zařízení (listí, větvičky, apod.),
- provozováním systému jako uzavřeného okruhu, automatickým doplňováním vody (ztráty výparem a případnou netěsností bazénu),
- desinfekcí a měřením vody [3].

### **3.5. Jakost vody**

#### **3.5.1. Jakost pitné vody**

Jakost pitné vody dodávané z vodovodu pro veřejnou potřebu je celoročně v souladu s vyhláškou 252/2004 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol. Kvalita vody v rozvodné síti vodovodu zoologické zahrady je pravidelně kontrolována analýzou vzorků, kterou provádí akreditovaná laboratoř Zdravotního ústavu v Brně. Občasný výskyt bakteriálního znečištění v rozvodech druhého tlakového pásma je interním problémem a je řešen průběžnou desinfekcí čerpací jímky a trubní síně [3,12].

#### **3.5.2. Jakost užitkové vody**

Užitková voda dodávaná z hlavního podzemního vrtu zřízeného v údolní nivě řeky Svratky téměř splňuje parametry pitné vody, je tedy zdravotně nezávadná a vytváří optimální podmínky pro život chovaných zvířat. Voda ze záložního vrtu se upravuje v odželezovacích filtrech. Její čištění je nutné i přesto, že bezmála splňuje kritéria pitné vody. Mohlo by totiž dojít ke smíchání s vodou z kvartérních sedimentů, ve které se vyskytuje vyšší obsah železa [7].

### 3.6. Spotřeba a potřeba vody

#### 3.6.1. Spotřeba pitné vody

Jak již bylo řečeno, zoologická zahrada vzhledem k havarijnímu stavu rozvodů provozního vodovodu využívá užitkovou vodu z podzemních vrtů pouze ve velmi omezeném množství. Převážnou část vodních prvků je tedy nutné zásobovat vodou pitnou. V posledních letech spotřeba pitné vody neustále vzrůstá, zatímco v roce 2002 se pohybovala okolo 70 m<sup>3</sup> za den, v roce 2010 se zvýšila dvojnásobně, dosáhla již na cca 142 m<sup>3</sup> denně, přičemž více než polovina slouží právě k napouštění bazénků, jezírek apod. Vzhledem k vysoké ceně pitné vody dodávané z městské sítě, která se pohybuje okolo 28,- Kč za 1 m<sup>3</sup>, je její užívání k uvedeným účelům značně nákladné. Nejvyšší spotřebu pitné vody vykazují vodní prvky bez řízeného vodního hospodářství, tj. bez úpravy a cirkulace vody. [3,7].

Tabulka č. 4: Přehled spotřeby pitné vody v letech 2002 - 2010 [3]

Rok	Kníničský vodovod		Pisárecký vodovod		Areál Zoo		Provozní areál Rekreační 1	
	(m <sup>3</sup> /rok)	(m <sup>3</sup> /den)	(m <sup>3</sup> /rok)	(m <sup>3</sup> /den)	(m <sup>3</sup> /rok)	(m <sup>3</sup> /den)	(m <sup>3</sup> /rok)	(m <sup>3</sup> /den)
2002	22673,8	62,1	2828,8	7,8	25513,5	69,9	-	-
2003	22852,7	62,6	3296,0	9,0	26134,0	71,6	2701,0	7,4
2004	25462,4	69,8	1879,8	5,2	27375,0	75	981,9	2,7
2005	26896,9	73,7	2226,5	6,1	29127,0	79,8	992,8	2,7
2006	22301,5	61,1	1898,0	5,2	24199,5	66,3	1109,6	3,0
2007	28287,5	77,5	1153,4	3,2	29455,5	80,7	1043,9	2,9
2008	38361,5	105,1	897,9	2,5	39274,0	107,6	620,5	1,7
2009	39733,9	108,9	1062,2	2,9	40807,0	111,8	777,5	2,1
2010	50753,3	139,1	1076,8	3,0	51866,5	142,1	762,9	2,1

Z uvedeného přehledu je patrný kontinuální nárůst spotřeby pitné vody o 5 – 7 % za rok, což odpovídá trvale probíhajícím pracím na modernizaci, zdokonalování a budování nových expozič [3].

#### 3.6.2. Spotřeba užitkové vody

Průměrná spotřeba užitkové vody se pohybuje okolo 1 500 m<sup>3</sup> za rok. V současnosti jsou jí zásobovány pouze jezírka Safari a koně Převalského a částečně bazén ledních medvědů. Dále je využívána pro technické účely [3].

Tabulka č. 5: Přehled spotřeby užitkové vody v letech 2006 - 2010 [3]

Zdroj vody	Rok	Spotřeba vody (m <sup>3</sup> /rok)	Spotřeba vody (m <sup>3</sup> /den)
Přehrada Brno	2006	1773,9	4,9
	2007	1029,3	2,8
	2008	1321,3	3,6
Přehrada Brno a Řeka Svratka	2009	1058,5	2,9
Řeka Svratka	2010	2182,7	6,0

### 3.6.3. Potřeba vody pro plnění bazénů a technické účely

Tabulka č. 6: Potřeba vody pro plnění bazénů a jezírek [3]

Expozice – objekt	Objem vody (m <sup>3</sup> )	Požadavky na výměnu	Denní potřeba Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> )
Bazény – tygr, levhart	50	1 x týdně	10
Bazény – vlk, bobr	260	1 x měsíčně	10
Bazén lachtanů	125	1 x za tři dny	20
Bazén ledních medvědů	150	1 x za tři dny	20
Bazén tapírů	100	Kontinuálně	10
Jezírka Safari	500	1 x měsíčně	15
Tropické království	30	1 x za tři dny	10
Beringie	150	kontinuálně	16
Okrasná jezírka	50	1 x týdně	10



Tabulka č. 7: Potřeba vody pro technické účely [3]

	Denní potřeba $Q_p$ (m <sup>3</sup> )
<b>Závlahy</b>	50 – 110
<b>Kropení a mytí komunikací</b>	15 – 20
<b>Očista techniky</b>	5

Vybudování nové rozvodné vodovodní sítě, která umožní zoologické zahradě plně využívat užitkovou vodu, přinese výrazné úspory. Fakturační náklady na užitkovou vodu jsou téměř devětkrát nižší, než náklady na vodu pitnou. Cena za 1 m<sup>3</sup> je cca 3,- Kč [3].

### 3.6.4. Otevřené vodní plochy

V zoologické zahradě existují následující otevřené vodní plochy.

Tabulka č. 8: Otevřené vodní plochy [3]

Expozice - objekt	Vodní plocha (m <sup>2</sup> )	Výpar (m <sup>3</sup> /den)
<b>Bazén tygr - levhart</b>	100	0,26
<b>Bazén vlk a bobr</b>	260	0,78
<b>Bazén lachtani</b>	85	0,22
<b>Bazén lední medvěd</b>	100	0,26
<b>Jezírko tapírů</b>	100	0,26
<b>Jezírko Safari</b>	500	1,30
<b>Beringie</b>	100	0,26

### 3.6.5. Ztráty vody

I když nejsou doposud zjišťovány žádné vizuální průsaky, při respektování zkušeností a poznatků zejména provozovatelů vodovodů pro veřejnou potřebu, lze uvažovat se ztrátami vody v trubní síti ve výši 20 – 25 % [3].

## 4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pavilón Tropické království je jednou z prvních moderních koncepcí Zoologické zahrady Brno, jeho vybudování stálo tři a půl miliónů korun, které Zoo Brno uhradila z vlastních zdrojů. Nápad, jak by mělo Tropické království vypadat, se zrodil na přelomu let 1997 – 1998. Ačkoliv byla zrealizována až šestá verze projektu, otevření pavilónu proběhlo už v září roku 1998. Záměrem bylo, aby vytvořený expoziční prostor v návštěvníkovi vyvolával kladný vjem vyplývající z pěkné expozice, věrohodnou představu o původním prostředí, v němž vystavované zvíře žije a pocit, že živočich netrpí. Velmi důležitou částí projektu bylo zajištění základních životních podmínek vystavovaných zvířat (tzn. teplota, vlhkost, čistota, dostatečný prostor a další), a to na nejvyšší možné technické úrovni [13].

Tropické království je pojato jako ukázka zvířat ze tří končin tropického a subtropického pásma. První je sušší část Afriky, druhou vlhké oblasti jihovýchodní Asie a třetí Jižní Amerika [13].

Výběr druhů se řídil třemi pravidly:

- celá expozice musí působit jednoduše,
- každý celek musí mít svoji myšlenku využitelnou pro vzdělávací práci zoo,
- vystavovaná zvířata musejí být pro návštěvníky přitažlivá a známá, nicméně musí být přítomno i několik druhů vzácných, ohrožených a chovatelsky významných živočichů [13].

Každá ze dvou hal pavilónu ukazuje poněkud odlišnější provedení expozic. První nabízí členitý průchod podél stěn, které jsou osazeny různě velkými terárii. Většina z nich je věnována vždy jednomu druhu zvířat. Nachází se zde však i vícedruhové biotopové expozice. Druhá hala je skleníkového typu. V jejím středu se nalézají pět velkých terárií, kolem kterých vede návštěvnícká trasa. Po vnějších stranách haly jsou vysazeny tropické rostliny [2].

### 4.1. Nádrže v pavilónu Tropického království

V Tropickém království se nacházejí dvě vícedruhové biotopové expozice. Jednou z nich je velká nádrž umístěná proti vstupu, představující živočichy z prostředí tropické řeky. Další je malá nádrž nalézající se na kratší stěně u východu z haly [2].

#### 4.1.1. Cirkulace vody v nádržích

Z velké i malé nádrže odtéká znečištěná voda do společného čistícího zařízení. Čistící nádrž obsahuje síto zachycující hrubé nečistoty, zejména zbytky potravy. Dále je zde zabudovaná vyměnitelná polyuretanová přepážka o šířce asi 10 cm a ploše 1,85 m<sup>2</sup> sloužící k biologické filtraci vody. Po vyčištění je voda hnána čerpadly zpět do nádrží. Ve velké nádrži vyvěrá v podobě vodopádu [10].



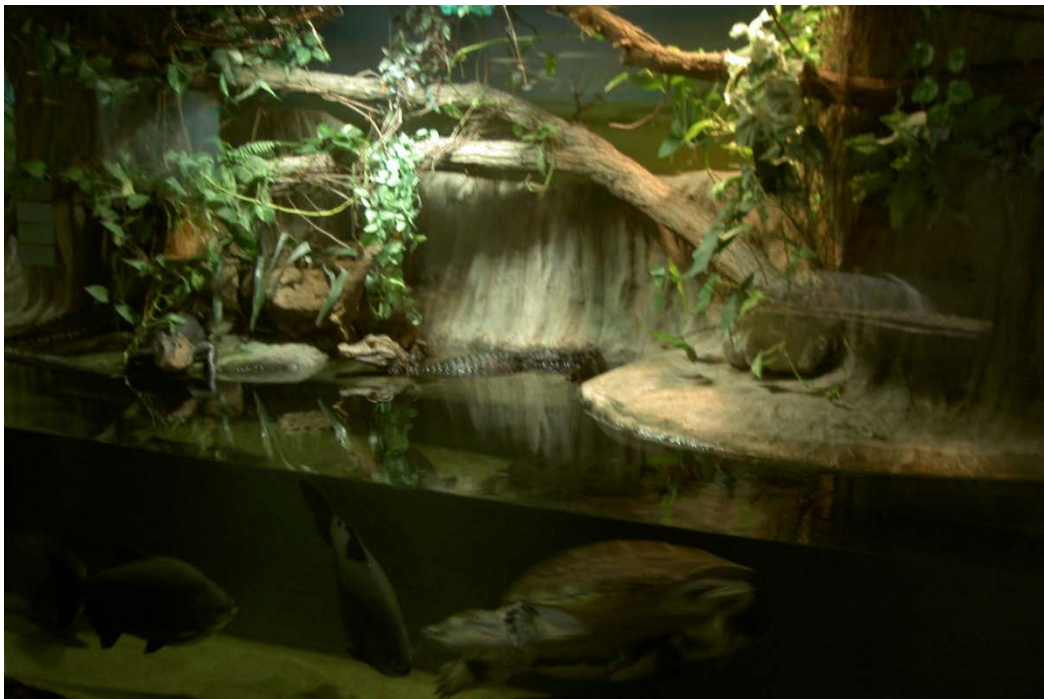
Obrázek č. 7: Čistící nádrž

#### 4.1.2. Parametry nádrží

Tabulka č. 9: Parametry nádrží [10]

	Velká nádrž	Malá nádrž	Čistící nádrž
<b>Průtok (dm<sup>3</sup>/min)</b>	36,8	13,6	-
<b>Povrch hladiny vody (m<sup>2</sup>)</b>	12,9	8,4	5,6
<b>Objem (m<sup>3</sup>)</b>	9,7	3,3	4,4

### 4.1.3. Živočichové chování ve velké nádrži



Obrázek č. 8: Velká nádrž

#### 4.1.3.1. Piraña (*Colosoma sp.*)

řád: trnobříší (*Characiformes*)

čeleď: tetrovití (*Characidae*)

Vyskytuje se v záplavových oblastech Jižní Ameriky, nejvíce v Brazílii a Bolívii. Dorůstá délky 50 – 80 cm. Je všežravec, konzumuje rybí maso, červy, ale i zelené krmivo a plody ovoce. Samice kladou až několik set jiker, avšak v akváriích se prakticky nerozmnožují [14, 15].

Tato ryba je určena pro chov pouze ve velkých nádržích. Chovat by se měla v malém hejnu, kde se cítí nejlépe. Minimální vhodný objem nádrže je 0,5 m<sup>3</sup>. Jde o poměrně plachou rybu. Nádrž by měla být zastíněná s dostatkem úkrytů i prostorem pro plavání. Na kvalitu vody je nenáročná. Teplota vody by měla dosahovat 23 – 28 °C a hodnota pH vody 6 – 7,5 [14, 15].

Zoologická zahrada Brno chová sedm zástupců tohoto druhu [16].



Obrázek č. 9: Piraña

#### 4.1.3.2. Gurama velká (*Osphromenus gourami*)

čeleď: guramovití (*Osphronemidae*)

Žije v jižní Asii, původní místo výskytu však není známe, jelikož se již po staletí odchovává uměle. Dosahuje délky až 70 cm. Je všežravec, živí se rostlinami a malými živočichy. Potřebuje hodně potravy. Mívá okolo 1 500 plovoucích jiker, ze kterých se líhne potěr asi za 24 až 36 hodin. O potomstvo se stará sameček [17, 18].

Guramu velkou je vhodné chovat v akváriu o minimálním objemu 0,3 m<sup>3</sup>. Zdržuje se ve střední a dolní části nádrže. Není náročná na kvalitu vody, ale produkuje velké množství detritu, takže pravidelná údržba akvária je nutností. Vyhovuje jí teplota vody v rozmezí 20 – 30 °C a hodnota pH vody okolo 6,5 – 8 [18, 19].

Zoologická zahrada Brno chová jednoho zástupce tohoto druhu [16].



Obrázek č. 10: Gurama velká

#### 4.1.3.3. *Kajmánek trpasličí (Paleosuchus palpebrosus)*

řád: krokodýli (*Crocodylia*)

čeleď: aligátorovití (*Alligatoridae*)

Žije v Jižní Americe v povodí Amazonky a Orinoka, Kolumbii, Ekvádoru, Peru, Venezuele, Bolívii a Brazílii. Dorůstá maximální délky 1,7 m. Živí se různými druhy obratlovců i bezobratlých, malými savci, ptáky, rybami a obojživelníky. V zajetí se bez problému rozmnožuje, samice staví velká hnízda z bahna a částí rostlin. Snáší průměrně 12 – 16 vajec a před líhnutím hnízdo rozhrabává a pomáhá mláďatům ven [20, 21].

Kajmánkům vyhovují pevná a prostorná akvaterária, bohatě osázená rostlinami. Jsou aktivní hlavně za soumraku a v noci. Vodu opouští jen velmi neradi. Souš by měla tvořit 1/3 – 1/4 plochy. Minimální objem vody vhodný pro jejich chov je 0,5 m<sup>3</sup>. Teplota vody i souše by se měla pohybovat v rozmezí 25 – 28 °C, s lokálně vyhřátým místem až na 35 °C, pH vody by nemělo přesáhnout 6 – 8. Ideální vlhkost vzduchu je 80 %. Důležité je osvětlení po dobu 12 hodin denně [20, 21].

Zoologická zahrada Brno chová tři zástupce tohoto druhu [16].



Obrázek č. 11: *Kajmánek trpasličí*

#### 4.1.3.4. *Orlície bornejská (Orlitia borneensis)*

řád: želvy (*Testudines*)

čeleď: batagurovití (*Bataguridae*)

Vyskytuje se v Borneu, na Sumatře a Malajském poloostrově ve velkých řekách nebo jezerech, a to i v poměrně značné hloubce. Dorůstá délky 50 – 80 cm. Je plodožravá, ale živí se i vodními rostlinami a bezobratlými. Samice klade podlouhlá vajíčka do říčních břehů nebo do ostrůvků z rostlinstva. Počet vajec není známý [22].

Minimální objem nádrže vhodný pro chov orlície je 2,5 m<sup>3</sup>. Teplota vody by měla ve dne dosahovat 24 – 27 °C, ale v noci poklesnout na 20 – 22 °C. Ideální teplota vzduchu nad vodou je 28 – 30 °C a pod tepelnými a světelnými zdroji 35 – 38 °C. Optimální vlhkost vzduchu je

80 % a hodnota pH vody 6 – 8. Na menším prostoru se orlície často napadají kousáním do končetin nebo ocasu. Klid ve skupině nastane až po umístění dostatečného počtu úkrytů v podobě kořenů ponořených do vody a velkých kusů korkové kůry plovoucích na hladině [22, 23].

Orlície bornejské jsou zapsány v Mezinárodním červeném seznamu ohrožených druhů (IUCN) jako druh ohrožený. Hlavní příčinou jejich úbytku ve volné přírodě je jejich intenzivní lov pro maso, ztráta prostředí a jeho znečištění. V prosinci 2001 bylo v Hong Kongu zabaveno 10 000 nelegálně pašovaných želv. Želvy byly přepravovány ve strašných podmínkách, v ústech a jícněch měly zapíchnuty háky, krunýře otlučené a plesnivé. Zoologické zahrady na celém světě se podílely na jejich záchraně. Do Zoo Brno přišlo 10 orlícií bornejských. Díky neúnavné péči chovatelů a veterináře se podařilo některé jedince zachránit [23].

Zoologická zahrada Brno chová pět zástupců tohoto druhu [16].



Obrázek č. 12: *Orlície bornejská*

#### 4.1.4. Živočichové chování v malé nádrži



Obrázek č. 13: Malá nádrž

##### 4.1.4.1. *Dracéna guayanská (Dracaena quianensis)*

řád: šupinatí (*Squamata*)  
podřád: ještěři (*Lacertilia*)  
čeleď: tejovití (*Teiidae*)

Vyskytuje se v Jižní Americe, v Amazonii, od Ekvádoru a Peru až do Brazílie. Lehává na větvích nad hladinou řek, močálů, potoků a zaplavovaných území. V dospělosti dosahuje délky až 120 cm. Specializuje se na lov vodních plžů s ulitou, schránky rozdrťí zadními plochými zuby, poté je vyplivne a polyká jen jejich měkké tělo. Samice kladou 3 – 10 podlouhlých vajec do hnízd stromových všekazů. Všekazi termiště opraví, čímž vejce uzavřou v přírodním inkubátoru. Inkubace trvá zhruba 185 až 188 dní. Mláďe se pak musí vyklubat z vajíčka a ještě prorazit stěnu termiště [24, 25].

Pro chov páru je nutné akvaterárium s větší nádrží vody o objemu 0,6 m<sup>3</sup> a hloubce cca 50 cm. Vhodnou podestýlkou je rašelina. Akvaterárium by mělo být vyhřáté na cca 28 °C, ale v noci by teplota měla klesnout až na 19 °C. Ideální vlhkost vzduchu je 80 %. Důležité je také UVA a UVB záření. Optimální hodnota pH vody je 6 – 8 [25, 26].

První pravý odchov na světě se podařil v roce 1998 v Zoo Praha. Zoo Brno je třetí zahradou v Evropě, která tyto vzácné živočichy chová [26].

Zoologická zahrada Brno chová dva zástupce tohoto druhu [16].





Obrázek č. 14: *Dracéna guayanská*

#### 4.1.4.2. Akara modrá (*Aequidens pulcher*)

řád: ostnoploutví (*Perciformes*)

čeleď: vrubozubcovití (*Cichlidae*)

Žije ve Střední a Jižní Americe poblíž Trinidadu a Venezuely. Dorůstá délky 15 – 19 cm. Jako potravu upřednostňuje korýše a žížaly. Ke tření dochází až osmkrát do roka. Po naklazení jiker se do tří dnů líhne potěr. O jikry a později o potomstvo se starají oba rodiče. Páry si vytvářejí teritoria [27, 28].

Pro chov akary modré je ideální objem nádrže minimálně 0,2 m<sup>3</sup>. Zdržují se ve střední a dolní části akvária. Jsou citlivé na kvalitu vody, kterou silně znečišťují jejich výkaly, takže je nutná její pravidelná a častá výměna. Ve staré vodě jsou rybky náchylné k nemocem a strádají. Teplota vody by neměla přesahovat 19 – 25 °C a hodnota pH vody 6,5 – 8 [28, 29].

Zoologická zahrada Brno chová dvacet zástupců tohoto druhu [16].



Obrázek č. 15: *Akara modrá*

#### 4.1.4.3. *Vrubozubec paví (Astronotus ocellatus)*

řád: ostnoploutví (*Perciformes*)

čeleď: vrubozubcovití (*Cichlidae*)

Vyskytuje se v Jižní Americe v povodí Amazonky, Orinoka a Paraguaye. Dorůstá délky 28 – 33 cm. Živí se žížalami, drobnými rybami, slávkami a hmyzem. Žije v páru. Po námluvách samičky kladou na očištěné kameny velké množství jiker, často až 2 000. Potomstvo hlídají oba rodiče [28, 30, 31].

Pro dospělé vrubozubce je ideální objem akvária minimálně 0,2 m<sup>3</sup>. Tato ryba se zdržuje ve střední a dolní části nádrže a není náročná na kvalitu vody. Hodnota pH vody vhodná pro jejich chov se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8 a teplota vody pak od 23 do 28 °C [31, 32].

Zoologická zahrada Brno chová šest zástupců tohoto druhu [16].



Obrázek č. 16: *Vrubozubec paví*

#### 4.1.4.4. *Krunýřovec velkoploutvý (Pterygoplichtys gibbiceps)*

řád: sumci (*Siluriformes*)

čeleď: krunýřovcovití (*Loricariidae*)

Žije v Jižní Americe ve středním a horním pásmu povodí Amazonky a Orinoka, kde obývá různé typy vod. Dosahuje délky 45 - 70 cm, v akváriu však dorůstá do menších rozměrů. Živí se dřevem, červy a je dobrý řasožrout. Žije v hejnech po 20 - 30 ks a tře se v dutinách ve dně, které sám vytvoří. V zajetí se množí pouze s hormony [30, 31].

Krunýřovce velkoploutvé je vhodné chovat v nádrži o objemu minimálně 0,4 m<sup>3</sup>. Jedná se o ryby se soumráchnou aktivitou, které žijí ve spodní části akvária. Čistí dno nádrže od zbytků potravy a jsou schopny obývat vody s nízkým obsahem kyslíku. Teplota vody by se měla pohybovat okolo 22 – 26 °C a hodnota pH vody od 6,5 do 7,5 [31, 33].

Zoologická zahrada Brno chová dva zástupce tohoto druhu [16].



Obrázek č. 17: Krunýřovec velkoploutvý

## 4.2. Pavilón akvárií v Zoologické zahradě Hodonín

Pro srovnání metody filtrace vody využívané v Tropickém království s technologií čištění nádrží v jiných zahradách byl zvolen pavilón akvárií v Zoo Hodonín.

Tento pavilón prošel v nedávné době rekonstrukcí, součástí které bylo vybudování nových velmi zajímavých expozic. V první části haly se nachází původní prostory pavilónu před přestavbou, zde je ve stěnách zabudováno devět sladkovodních akvárií. Většinu z nich obývají různí zástupci cichlid, od známých skalár amazonských (*Pterophyllum scalare*) přes velké druhy, jako je kančík červenohrdlý (*Cichlasoma meeki*) či vrubozubec paví (*Astronotus ocellatus*) až po vícedruhové biotopové expozice cichlid jezer Malawi, Tanganika a řeky Amazonky. Po rekonstrukci vznikly v zadní části pavilónu tři velké expozice, které na sebe nyní strhávají převážnou část pozornosti. Na pravé straně se nalézá velké akvaterárium, v němž žijí kajmánci trpasličí (*Paleosuchus palpebrosus*), želvy nádherné (*Trachemys scripta*) a velké druhy jihoamerických ryb. V čelní stěně je zapuštěné mořské akvárium s ukázkou velkého množství živočichů obývajících korálový útes. Největším lákadlem pavilónu je nádrž žraloka černoploutvého (*Carcharhinus melanopterus*) nacházející se naproti akvateráriu [2].

Ve velkém akvateráriu a ve všech menších sladkovodních akváriích kromě nádrže piraně Nattererovy (*Serrasalmus nattereri*) je využívána stejná metoda filtrace vody jako v Tropickém království v Zoo Brno [34].

## 4.3. Sladkovodní akvárium

### 4.3.1. Cirkulace vody ve sladkovodním akváriu

Ze sladkovodního akvária o objemu 1,05 m<sup>3</sup> teče voda do čistící nádrže, která obsahuje hrubé síto sloužící k zachycení zbytků potravy a dalších větších nečistot a dvě vyměnitelné polyuretanové přepážky. Prostor mezi přepážkami je vyplněn zeolitem. Vyčištěná voda je čerpadlem hnána zpět do nádrže [34].



Obrázek č. 18: Čistící nádrž piraně Nattererovy

#### 4.3.2. Živočichové chování ve sladkovodním akváriu

##### 4.3.2.1. Piraña Nattererova (*Serrasalmus nattereri*)

řád: trnobřiší (*Characiformes*)

čeleď: tetrovití (*Characidae*)

Vyskytuje se v Jižní Americe, obývá povodí Orinoka a Amazonky, od Guyany na jih až po La Plata. Dorůstá délky 26 – 33 cm. Je masožravá, živí se rybami, červy, slávkami a drobnými živočichy. Samice klade kolem 1000 jiker. Po vytření se o snůšku starají oba rodiče, později už jen samec. Při dobrém krmení se tře i v akváriu [18].

Jedná se o velmi agresivní, dravou a útočnou rybu. Je citlivá na starou vodu, vysoká koncentrace dusíkatých látek jí neprospívá. Zdržuje se v celé nádrži. V akváriu je potřeba vytvořit mnoho úkrytů, pak se dají chovat i ve velkých skupinách. Optimální objem nádrže je 0,4 m<sup>3</sup>. Ideální teplota vody je 23 – 28 °C a hodnota pH vody by neměla přesáhnout 5,5 – 7,5 [35, 36].

Zoologická zahrada Hodonín chová osmnáct zástupců tohoto druhu [34].



Obrázek č. 19: Piraña Nattererova

## 4.4. Mořské akvárium

### 4.4.1. Cirkulace vody v mořském akváriu

Mořské ryby jsou náročnější na kvalitu vody než ryby sladkovodní, tudíž i technologie čištění vody je mnohem složitější. Znečištěná voda teče z akvária o objemu 22,0 m<sup>3</sup> do čistící nádrže o objemu 5 m<sup>3</sup>. V tomto čistícím zařízení se v první řadě nalézá síťka sloužící k zachycení hrubých nečistot. Kromě toho nádrž obsahuje fosfátový filtr, odlučovač proteinů a deset filtračních komor, ve kterých se střídá korálová drť a zeolit. V tomto zařízení voda řízeným způsobem cirkuluje a po vyčištění je vháněna čerpadlem zpátky do akvária [34].



Obrázek č. 20: Čistící nádrž žraloka černoploutvého



Obrázek č. 21: Filtrační komory se zeolitem a korálovou drtí

#### 4.4.2. Živočichové chování v mořském akváriu

##### 4.4.2.1. Žralok černoploutvý (*Carcharhinus melanopterus*)

řád: žralouni (*Carcharhiniformes*)

čeleď: modrounovití (*Carcharhinidae*)

Žije v tropických a subtropických mořích, od Rudého moře a východní Afriky až po Havajské ostrovy a Tuamotu, Suezským průplavem proniká i do východního Středomoří. Dosahuje délky až 2 m. Jeho potravou jsou kostnaté ryby, trnuchy, olihně, chobotnice, korýši a mořští hadi. Je živorodý, v jednom vrhu rodí 2 až 4 mláďata. Březost trvá 16 měsíců. V zajetí se však prakticky nerozmnožuje [37].

Optimální objem nádrže pro chov žraloka černoploutvého je 100 m<sup>3</sup>. V akváriu by neměla chybět napodobenina korálového útesu. Ideální teplota vody je 24 – 26 °C. Hodnota pH vody by neměla přesáhnout 8 a vhodná hodnota salinity vody je okolo 1 g/cm<sup>3</sup> [37, 38].

Žralok černoploutvý je zapsán v Mezinárodním červeném seznamu ohrožených druhů (IUCN) [37].

Zoologická zahrada Hodonín chová dva zástupce tohoto druhu [34].



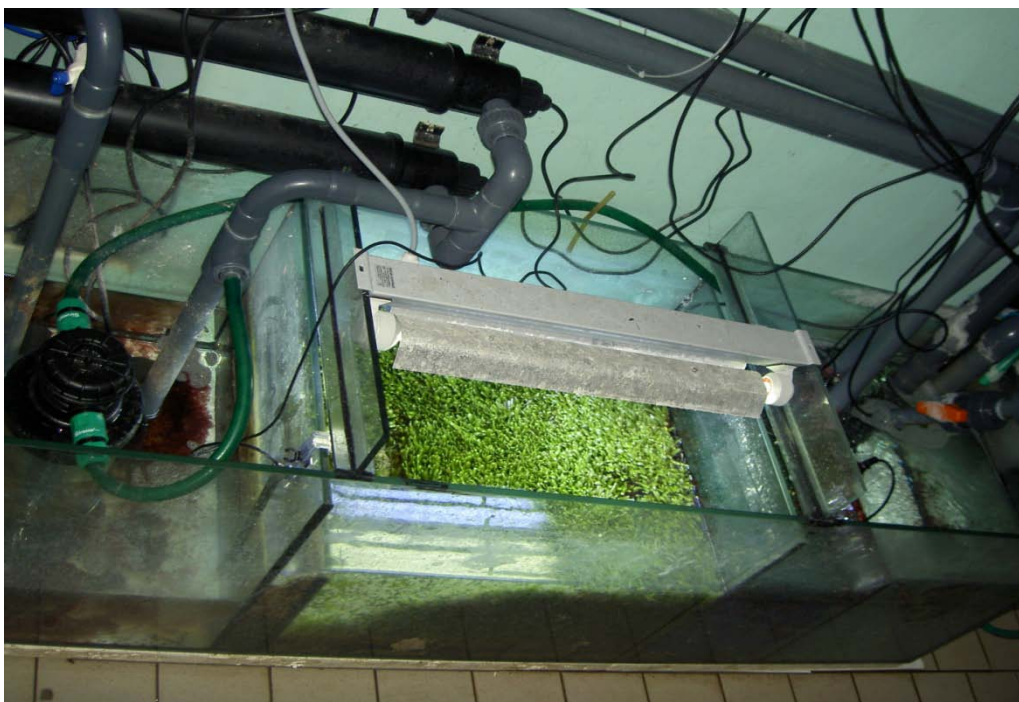
Obrázek č. 22: Žralok černoploutvý

## 4.5. Korálové akvárium

### 4.5.1. Cirkulace vody v korálovém akváriu

Toto akvárium o objemu 1,07 m<sup>3</sup> je ukázkou života korálového útesu. Je zde chováno mnoho druhů ryb a korálů velmi náročných na prostředí ve kterém žijí. Z tohoto důvodu správný chod akvária (teplota, pH, salinita) zajišťuje počítač. Hodnota pH vody musí být udržována okolo 8 a salinita v rozmezí 1,026 – 1,028 g/cm<sup>3</sup>. Teplota vody nesmí přesáhnout 25 °C, když se tak stane je ihned odváděna do chladicího zařízení. V akváriu jsou umístěny další dvě hybná čerpadla připevněná magnetem ke skleněné stěně sloužící pouze k vytváření proudů, které jsou velmi důležité pro život ryb a korálů [34].

Čistící nádrž, která se nalézá v místnosti za akváriem se skládá z odlučovače proteinů, fosfátového filtru, dvou UV sterilizátorů o délce 80 cm a dvou filtračních komor. V první se nachází hrubý polyuretanový filtr a plastové biokuličky a v druhé bahenní filtr. Tímto čistícím mechanismem voda bez přestání cirkuluje. Po vyčištění je hnána čerpadlem zpět do akvária [34].



Obrázek č. 23: Čistící nádrž korálového akvária

#### 4.5.2. Živočichové chování v korálovém akváriu

##### 4.5.2.1. Korálové ryby

Bodlok pestrý (*Zebrasoma hepatus*), bodlok plachtonoš (*Zebrasoma veliferum*), bodlok žlutý (*Zebrasoma flavescens*), hlaváč skvrnitý (*Amblyeleotris guttata*), klaun očkatý (*Amphiprion ocellaris*), kněžik kanáří (*Halichoeres chrysus*), králíčkovec liščí (*Siganus vulpinus*), perutýn ohnivý (*Pterois lunulata*), pyskoun rozpůlený (*Labroides dimidiatus*), sapínek zlatoocasý (*Chrysiptera parasema*), slizoun pruhovaný (*Parablennius gattorugine*) [34].

##### 4.5.2.2. Korály

Laločnice (*Sarcophyton sp.*), laločník (*Alcyonaria*), montipóra hrbolatá (*Montipora tuberculosa*), montipóra prstovitá (*Montipora digitata*), papírník (*Echinophyllia*), pórovník úhledný (*Seriatopora caliendrum*), rohovitka karibská (*Erythropodium caribaeorum*), sasankovec (*Protopalythoa*), útesovník vidličnatý (*Caulastraea furcata*), větvník (*Acropora*), korálnatec (*Anthozoa*), houbovník lupenitý (*Pavona decussata*), dendrofyla diskovitá (*Turbinaria peltata*), zéva hladká (*Tridacna terasa*), koutouč indický (*Trochus niloticus*) [34].





Obrázek č. 24: Korálové akvárium

## 4.6. Využívané filtrační materiály a zařízení

### 4.6.1. Zeolit

Zeolit je krystalický hydratovaný alumosilikát alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Prostorové uspořádání atomů vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů. V těchto kanálcích jsou zadržovány ionty sodíku a chloru. Ty jsou ve vodném prostředí schopny na sebe absorbovat další ionty. Absorbční řada zeolitu, je na straně obsaženého chloru  $\text{Cs}^+ - \text{NH}_4^+ - \text{K}^+ - \text{Ca}^+ - \text{Mg}^{2+}$  (cesium – amonium – draslík – vápník – hořčík), a na straně obsaženého sodíku  $\text{NO}_2^- - \text{NO}_3^- - \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  (dusitany – dusičnany – thiosírany). Pórovitá struktura také poskytuje optimální povrch pro kolonizaci nitrifikačních bakterií, které se podílejí na biologické filtraci vody. Zeolit má dlouhou životnost, po proprání v destilované vodě je schopen regenerace [39, 40].



Obrázek č. 25: Zeolit

#### 4.6.2. Korálová drť

Korálová drť slouží k zachycení fosfátů a dusíkatých látek, které se následně usazují v sedimentech na dně filtru. Jednou za šest týdnů je nutné odstranit sedimenty ze dna a proprat korálovou drť v destilované vodě [34].



Obrázek č. 26: Korálová drť

#### 4.6.3. Biokuličky

Jedná se o plastové kuličky s velkým neporézním povrchem, díky kterému se nitrifikačním bakteriím žijícím na povrchu dostává velké množství okysličené vody, důležité pro jejich správný vývoj. Čistí se podle potřeby a vždy v akvarijní vodě, aby se co nejvíce ochránili užitečné mikroorganismy [34].



Obrázek č. 27: Biokuličky

#### 4.6.4. Polyuretan

Polyuretan je syntetický materiál, který se vyrábí polyadici diizokyanátů a dvoj- nebo vícesytných alkoholů. Vysoká pórovitost tohoto polymeru nabízí ideální životní podmínky nitrifikačním bakteriím, které se podílejí na biologické filtraci vody. Při čištění filtru, které se provádí cca jednou za šest týdnů je velmi důležité používat destilovanou nebo akvarijní vodu. Vodovodní chlorovaná voda by totiž nitrifikační bakterie zničila [41].

#### 4.6.5. Bahenní filtr

Jedná se o bahenní řasový filtr s podložím, kombinující materiál mořského dna se zeolitovým substrátem. Vyšší řasy (*Caulerpy*), které rostou na tomto podloží se starají o zpracování dusíkatých látek a fosfátů. Pro zajištění jejich optimálního růstu je nezbytně důležité osvětlení a to po dobu 24 hodin denně. Jednou za dva roky je doporučeno vyměnit polovinu substrátu [42].



Obrázek č. 28: Zelená řasa rodu *Caulerpy*

#### 4.6.6. Odpěňovač (Odlučovač proteinů)

Odpěňovač odstraňuje bílkoviny a menší částice nečistot z mořské vody pomocí velkého množství drobných vzduchových bublin. Čím menší jsou bubliny, tím efektivnější je odpěňování. Voda, obvykle poháněná vzdušným výtahem se vzduchovacím kamenem, přepadává do horního oddílu odpěňovače, kde vzniká stabilní pěna, v níž se organické látky shromažďují. Ty se následně přemísťují do sběrné komory umístěné těsně pod hladinou. S pěnou jsou odstraňovány částečně i těžké kovy a stopové prvky. Jednou za dva měsíce je vhodné vyměnit vzduchovací kámen [35, 42].

#### 4.6.7. Fosfátový filtr

Je filtrační kolona s čerpadlem sloužící k odstranění škodlivých fosfátů  $\text{PO}_4^{3-}$ , které se do mořské akvarijní vody dostávají s krměním. Jejich vysoký obsah v nádrži vede k úhynu bezobratlých a následně i ryb. Optimální hodnota je 0 – 0,3 mg/l. Ryby sice snášejí vyšší koncentraci 0,75 – 1 mg/l, ale např. tvrdí koráli negativně reagují již od hodnot 0,2 mg/l a je vhodné je pěstovat při koncentraci 0,05 mg/l i méně. Fosfáty také podporují růst fialové řasy která pokrývá korály a dekoraci. Jako náplň filtrační kolony jsou využívány komerčně vyráběné prostředky, např. Antiphos a Rowaphos, které lze kombinovat kupříkladu se zeolitem. Náplň je po vyčerpání (3 – 6 měsíců) nutné vyměnit [42].



Obrázek č. 29: Odpěňovač



Obrázek č. 30: Fosfátový filtr

#### 4.6.8. UV sterilizátor

Ultrafialové záření (UV) je silný sterilizační činitel, schopný zabít volně plovoucí choroboplodné zárodky jako bakterie, parazity a dokonce i odolné spory řas. Fluorescenční zářivka v čiré trubici z křemenného skla vysílající ultrafialové záření je v ochranném neprůhledném vnějším krytu. Voda vracející se z filtru do akvária prochází úzkým prostorem mezi křemennou trubicí a krytem. UV – zářivka má krátkou životnost (cca 6 měsíců), po této době její účinnost rychle klesá [18, 35].

## 4.7. Biologická filtrace vody

Biologická filtrace vody se skládá z několika procesů na kterých se podílejí různé bakterie, zvláště heterotrofní, které se živí organickými látkami [41].

Procesy biologické filtrace:

- **MINERALIZACE** – Na mineralizaci se podílejí bakterie rodů *Flavobacterium*, *Achromobacter* a *Micrococcus*. Tyto bakterie odbourávají dusíkaté látky pocházející z látek odpadních. Odpadními látkami rozumíme bílkoviny a z nich vznikající aminokyseliny, které jsou součástí nespotřebované nebo nestrávené potravy, dále moč a kyselinu močovou a produkty pocházející z bakteriálního rozkladu rostlin [41].
- **DEAMINACE** – Deaminace je proces, při kterém jsou zpracovávány aminokyseliny zbylé po mineralizaci. Dochází k odtržení aminoskupiny, která je následně přeměněna na amoniak. Ten je však ve vyšších koncentracích toxický. Více než 0,1 mg/l  $\text{NH}_3$  způsobuje poškození žáber, ještě vyšší koncentrace pak úhyn ryb [41].
- **NITRIFIKACE** – Při nitrifikaci dochází k přeměně amoniaku na dusitany a dále pak na dusičnany pomocí autotrofních bakterií (bakterií živících se anorganickými látkami). Tyto mikroorganismy potřebují pro svoji činnost dostatečný přísun kyslíku, který je zajištěn nepřetržitým prouděním vody skrz filtr. Z tohoto důvodu je důležité nechávat filtr běžet neustále. Nejdříve tedy dochází k přeměně amoniaku na dusitany a to prostřednictvím bakterií *Nitrosomonas*. Dusitany jsou pro ryby toxické, při koncentraci 0,1 mg/l  $\text{NO}_2^-$  může za příznaků dušení a nekoordinovaného plavání uhynout mnoho ryb. Citlivé druhy špatně snášejí i nižší hodnoty. Při koncentraci 0,02 - 0,05 mg/l  $\text{NO}_2^-$  ryby sice přežívají, ale nemnoží se a strádají. Poslední částí nitrifikace, na které se podílí bakterie rodu *Nitrobacter*, je přeměna dusitanů na dusičnany. Dusičnany jsou pro ryby méně škodlivé. Spousta jich dlouhodobě snese koncentraci až 80 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Vhodnější však je, aby koncentrace nepřesahovala hranici 50 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . V mořském akváriu pak 20 mg/l  $\text{NO}_3^-$ . Bakterie, které se na nitrifikaci podílejí, jsou závislé na pH. Nitrifikace nejrychleji probíhá při pH 9 a neměla by se dostat pod pH 5,5, kdy se zastavuje a hrozí nebezpečné vzrůstání koncentrace amoniaku [41].
- **DENITRIFIKACE** – Posledním procesem, který uzavírá nitrogenní cyklus je přeměna dusičnanů na kyslík a dusík. Na denitrifikaci se podílejí fakultativně anaerobní bakterie [41].

## 4.8. Monitorování stavu vody v nádržích Tropickeho království

### 4.8.1. Použité metody stanovení jednotlivých ukazatelů

#### 4.8.1.1. Stanovení pH

Hodnota pH je záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů, vyjádřený v mol/l. Stanovuje se různými metodami. K jednodušším způsobům se řadí využití indikátorových papírků a barevných indikátorů, k těm složitějším pak elektrometrické metody. Měření pH se provádí prakticky u všech druhů vod a má velký význam pro další posuzování vlastností analyzované vody [43, 44].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota pH stanovována potenciometricky pomocí pH – metru (WTW, inoLab, Level 2) s využitím kombinované elektrody, která tvoří článek sama svým vnitřním uspořádáním.

Mezní hodnota pH pro pitnou vodu se dle vyhlášky 252/2004 Sb. pohybuje v rozmezí 6,5 - 9,5 [12].

#### 4.8.1.2. Stanovení měrné vodivosti (konduktivity)

Vodivost (konduktace) je základní aditivní vlastností roztoků elektrolytů. Je to míra ionizovatelných organických a anorganických součástí vody. Vodivost je převrácená hodnota odporu. Pro srovnání schopnosti vodných roztoků vést elektrický proud byla zavedena měrná vodivost  $\kappa$ , která představuje převrácenou hodnotu odporu mezi dvěma elektrodami o stejné ploše ( $1 \text{ m}^2$ ), ve známé vzdálenosti (1 m) od sebe [43, 45].

Vypočet: 
$$\kappa = G \cdot \frac{l}{A},$$

kde:

$G$ ...konduktace (S),

$l$ ....vzdálenost elektrod (m),

$A$ ...plocha elektrody ( $\text{m}^2$ ) [45].

Stanovení měrné vodivosti je běžnou součástí chemického rozboru vody. Umožňuje okamžitý odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace. Nemalý význam má tato hodnota i při odhadu potřebného ředění vzorku pro stanovení jednotlivých anorganických složek vod [43].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota konduktivity stanovována pomocí konduktometru (WTW, pH/Cond 340i) v jednotkách  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ( $1 \mu\text{S}/\text{cm} = 0,1 \text{ mS}/\text{m}$ ).

Mezní hodnota měrné vodivosti pro pitnou vodu je dle vyhlášky 252/2004 Sb.  $125 \text{ mS}/\text{m}$  [12].

#### 4.8.1.3. Stanovení alkality $KNK_{4,5}$

Alkalita nebo-li kyselinová neutralizační kapacita se stanovuje titrací vzorku vody roztokem silné kyseliny. Množství titračního roztoku spotřebovaného k dosažení titračního exponentu uhličitanového iontu udává zjevnou alkalitu, množství spotřebované k vytitrování hydrogenuhličitanu s vyloučením tlumivé kapacity vody udává celkovou alkalitu. Kvantitativně je alkalita vyjádřena jako látkové množství silné jednosytné kyseliny v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení hodnoty pH 4,5. Indikace bodu ekvivalence může být elektrometrická (potenciometrická) nebo vizuální [43, 46].

Výpočet: 
$$KNK = \frac{c(HCl) \cdot V_t \cdot 1000}{V_v},$$

kde:

$c(HCl)$ ...látková koncentrace odměrného roztoku HCl (mol/l),

$V_t$ .....objem roztoku HCl, spotřebovaný do konce titrace (ml),

$V_v$ .....objem vzorku, vzatý k titraci (ml) [46].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla alkalita stanovena titrací vzorku vody 0,1 M kyselinou chlorovodíkovou do šedého zbarvení indikátoru.

#### 4.8.1.4. Stanovení $CHSK_{Mn}$

Chemická spotřeba kyslíku manganistanem ( $CHSK_{Mn}$ ) je hmotnostní koncentrace kyslíku ekvivalentní spotřebě manganistanových iontů při zpracování vzorku vody tímto oxidačním činidlem za definovaných podmínek. Vzorek se zahřívá ve vroucí vodní lázni po určenou dobu se známým objemem odměrného roztoku manganistanu draselného v prostředí kyseliny sírové. Část manganistanu se redukuje oxidovatelnými látkami přítomnými ve vzorku. Spotřeba manganistanu se stanoví po přidavku přebytku roztoku šřavelanu titrací tohoto přebytku odměrným roztokem manganistanu draselného. Hodnota  $CHSK_{Mn}$  je určena především k posuzování jakosti pitné a surové vody stejně jako podzemní nebo povrchové vody. Za předpokladu, že se vzorek zředí je možno analyzovat i více znečištěné vody.  $CHSK_{Mn}$  lze stanovit jen ve vodách, které obsahují méně než 500 mg/l chloridů [47].

Výpočet: 
$$X = \frac{(a - b) \cdot 80}{V},$$

kde:

$X$ .....oxidovatelnost manganistanu (mg/l),

$a$ .....spotřeba manganistanu draselného (ml),

$b$ .....spotřeba manganistanu draselného na slepé stanovení (ml),

$V$ .....množství vzorku (ml) [47].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota  $CHSK_{Mn}$  stanovena titrací vzorku vody 0,002 M manganistanem draselným do světle růžového zbarvení indikátoru.

Mezní hodnota  $CHSK_{Mn}$  pro pitnou vodu je dle vyhlášky 252/2004 Sb. 3 mg/l [12].

#### **4.8.1.5. Stanovení amonných iontů spektrofotometricky**

Podstatou zkoušky je spektrofotometrické měření modré sloučeniny asi při 655 nm. Sloučenina vzniká reakcí amonných iontů se salicylanem a chlornanovými ionty v přítomnosti nitrosopentakyanoželezitanu sodného (nitroprussidu sodného). Chlornanové ionty se tvoří hydrolyzou sodné soli N, N – dichlor – 1, 3, 5 – triazin – 2, 4, 6 (1H, 3H, 5H) – trionu (dichlorisokyanuratan sodný). Při pH 12,6 reaguje vznikající chloramin v přítomnosti nitroprussidu sodného se salicylanem sodným. Vzhledem k tomu jsou do stanovení zahrnuty jakékoliv ve vzorku přítomné chloraminy. Součástí činidla je citronan sodný, který maskuje rušivé vlivy kationů, zvláště vápníku a horčíku [48].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota koncentrace amonných iontů stanovena změřením absorbance při vlnové délce 655 nm v kyvetě vhodné optické dráhy (1 cm) proti destilované vodě.

Mezní hodnota koncentrace amonných iontů v pitné vodě je dle vyhlášky 252/2004 Sb. 0,5 mg/l [12].

#### **4.8.1.6. Stanovení dusitanů spektrofotometricky**

Dusitany ve zkoušeném objemu vzorku vody reagují v přítomnosti kyseliny fosforečné při hodnotě pH 1,9 s 4 – aminobenzen – sulfonamidem za vzniku diazoniové soli. Tato sůl tvoří s dihydrochloridem N – (1 – naftyl) – 1, 2 – diaminoethanu přidávaného společně s 4 – aminobenzensulfonamidem růžové zbarvení. Absorbance zbarvení se měří při 540 nm [49].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota koncentrace dusitanů stanovena změřením absorbance při vlnové délce 540 nm v kyvetě vhodné optické dráhy (1 cm) proti destilované vodě.

Nejvyšší mezní hodnota koncentrace dusitanů v pitné vodě je dle vyhlášky 252/2004 Sb. 0,5 mg/l [12].

#### **4.8.1.7. Stanovení dusičnanů spektrofotometricky**

Podstatou zkoušky je spektrofotometrické měření žluté sloučeniny při 415 nm, která vznikla reakcí kyseliny sulfosalicylové (v prostředí salicylanu sodného a kyseliny sírové) s dusičnany a následující alkalizací. Aby se nesrážely vápenaté a hořečnaté sole, s hydroxidem se přidává disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové (EDTANa<sub>2</sub>). K odstranění rušivého vlivu dusitanů se přidává azid sodný [50].

Při monitorování stavu vody v Zoo Brno byla hodnota koncentrace dusičnanů stanovena změřením absorbance při vlnové délce 415 nm v kyvetě vhodné optické dráhy (1 cm) proti destilované vodě.

Nejvyšší mezní hodnota koncentrace dusičnanů v pitné vodě je dle vyhlášky 252/2004 Sb. 50 mg/l [12].



#### 4.8.2. Nameřená data

Od 5. 4. 2011 do 19. 4. 2011 byly pravidelně každý týden okolo osmé hodiny ranní odebírány vzorky v pavilónu Tropického království v Zoologické zahradě Brno a to z velké nádrže, malé nádrže a čistící nádrže. Voda z čistící nádrže byla odebírána ze dvou míst, tj. za filtrem č.1 a za filtrem č.2. Čistící nádrž v běžném provozu obsahuje pouze jednu polyuretanovou filtrační přepážku, ale z karanténních důvodů jsou za touto přepážkou provizorně umístěny dvě želvy nádherné (*Trachemys scripta*), což vyžaduje použití druhé polyuretanové přepážky sloužící k filtraci jimi znečištěné vody.

Dne 5. 4. 2011 došlo k výměně polyuretanové přepážky a s ní k výměně jedné třetiny vody. Současně byla čistící nádrž zbavena dnových sedimentů. V tento den byl navíc odebrán vzorek vstupní pitné vody.

Tabulka č. 10: Naměřené hodnoty ze dne 5. 4. 2011

Den odběru: 5. 4. 2011					
Ukazatel	Místo odběru				
	Velká nádrž	Malá nádrž	Za filtrem č. 1	Za filtrem č. 2	Pitná voda
pH	7,83	7,83	7,78	-	6,67
Vodivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	720,00	716,00	719,00	-	507,00
Alkalita (mmol/l)	3,60	3,45	2,20	-	3,80
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	2,16	1,96	2,48	-	0,52
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,21	0,06	0,07	-	0,02
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,26	0,20	0,29	-	0,01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	177,20	184,00	183,60	-	24,02

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty ze dne 12. 4. 2011

Den odběru: 12. 4. 2011					
Ukazatel	Místo odběru				
	Velká nádrž	Malá nádrž	Za filtrem č. 1	Za filtrem č. 2	Pitná voda
pH	7,67	7,67	-	7,72	-
Vodivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	762,00	745,00	-	738,00	-
Alkalita (mmol/l)	2,10	2,10	-	2,00	-
CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	2,84	2,64	-	2,76	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,22	0,05	-	0,04	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,28	0,20	-	0,15	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	193,20	185,60	-	183,60	-

Tabulka č. 12: Naměřené hodnoty ze dne 19. 4. 2011

Den odběru: 19. 4. 2011					
Ukazatel	Místo odběru				
	Velká nádrž	Malá nádrž	Za filtrem č. 1	Za filtrem č. 2	Pitná voda
<b>pH</b>	7,45	7,53	7,47	7,59	-
<b>Vodivost (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	766,00	734,00	722,00	777,00	-
<b>Alkalita (mmol/l)</b>	1,65	1,40	1,80	1,60	-
<b>CHSK<sub>Mn</sub> (mg/l)</b>	2,80	2,60	3,12	3,12	-
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</b>	0,30	0,08	0,06	0,04	-
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	0,30	0,16	0,21	0,14	-
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	218,90	216,90	204,20	213,20	-

## 5. ZÁVĚR

Rozvoj brněnské zoologické zahrady klade stále zvyšující se nároky na množství i jakost vody. Od května roku 2009 Zoo Brno čerpá užitkovou vodu z nového vlastního zdroje, kterým jsou dva vrty zřízené v údolní nivě řeky Svatky. V současné době je vzhledem k havarijnímu stavu rozvodů provozního vodovodu využití užitkové vody velmi nízké. Stále je v provozu pouze řad Z3 vedoucí k jezírkům Safari a expozici koně Převalského. Převážnou část vodních prvků je tedy nutné zásobovat vodou pitnou. Využívání pitné vody k těmto účelům je pro zoologickou zahradu značně nákladné, cena za  $\text{m}^3$  pitné vody dodávané z městské sítě se pohybuje okolo 28,- Kč. Fakturační náklady na užitkovou vodu jsou téměř devětkrát nižší, cena za  $1 \text{ m}^3$  je cca 3,- Kč. Jelikož v posledních letech spotřeba pitné vody neustále vzrůstá, vybudování nové rozvodné vodovodní sítě, která umožní zahradě plně využívat užitkovou vodu, přinese výrazné úspory.

K dalším problémům v zásobování Zoo Brno vodou patří přerušení plynulosti dodávky pitné vody v druhém tlakovém pásmu. Toto pásmo je zásobováno vodou z Kníničského vodovodu, který dodává zoologické zahradě 95 % vody z celkové spotřeby. Přerušení plynulosti dodávky je způsobeno zvýšeným odběrem pitné vody v Brně – Kníničkách, ke kterému dochází zejména v letních měsících. Provizorním řešením by bylo zvětšení objemu čerpací jímky z  $10 \text{ m}^3$  na  $20 \text{ m}^3$ . Druhý návrh využívá přednosti, že je zahrada zásobovaná pitnou vodou ze dvou na sobě nezávislých zdrojů (Pisárecký a Kníničský vodovod). Řešení spočívá ve vybudování nové zesilovací čerpací stanice. Přestože by byla realizace tohoto návrhu velmi nákladná, nová zesilovací čerpací stanice by zajistila neomezený přísun vody pro celou zahradu i při poruše na jednom z vodovodů. Jako nejvýhodnější místo pro její vybudování se ukazuje stávající rozdělovací šachta v křižovatce cest nad expozicí vlka arktického a bobra kanadského.

V experimentální části, která se zabývala nakládáním s vodou v pavilónu Tropického království byly nejprve stanoveny hodnoty pH, měrné vodivosti, alkality,  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  a koncentrace dusičnanů, dusitanů a amonných iontů vstupní pitné vody. Všechny naměřené hodnoty byly v souladu s vyhláškou 252/2004 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontrol.

Stejná analýza byla provedena pro vodu z velké, malé a čistící nádrže. Hodnoty pH, měrné vodivosti, alkality a koncentrace dusitanů splňují parametry pro pitnou vodu. Hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  překročila limit jen nepatrně a to pouze v některých případech. Zvýšená koncentrace dusičnanů je způsobená absencí zařízení zajišťujícího anaerobní podmínky pro denitrifikační proces. Teprve při tomto procesu dochází k přeměně dusičnanů na volný kyslík a dusík a tím ke konečnému odstranění dusíku ze systému. Mírné zvýšení  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  a periodické kolísání hodnot koncentrace dusičnanů v průběhu filtračního cyklu není však pro chované vodní živočichy prokazatelně závadné. Lze tedy konstatovat, že námi navržený filtrační systém udržuje v obou nádržích optimální podmínky pro život chovaných zvířat.

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOŘÍNEK, M. *Zoologická zahrada*. [s.l.] : Rubico, 1999. 326 s. ISBN 80-85839-29-6.
2. FOKT, M. *Zoologické zahrady České republiky a okolních zemí*. [s.l.] : ACADEMIA, 2008. 398 s. ISBN 978-80-200-1620-1.
3. KUNDERA, J. *Voda v zoologické zahradě*. Brno : [s.n.], 2006. 20 s.
4. *Zoo Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-06]. Chovaná zvířata. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata/>>.
5. *Zoo Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-03-30]. Mezinárodní organizace. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/o-nas/mezinarodni-organizace/>>.
6. *Zoo Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-03-30]. Stálá akvarijní výstava. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/o-nas/stala-akvarijni-vystava/>>.
7. KUNDERA, J. Zahrada čerpá vodu z vlastního zdroje. *ZOO report : magazín pro přátelé Zoo Brno*, září 2009, roč. XI, č. 3/09, s. 11.
8. KUNDERA, J. Zoo chce rozumně hospodařit s vodou. *ZOO report : magazín pro přátelé Zoo Brno*, 2004, č. 3/04, s. 9-10.
9. KUNDERA, J. Vrty v údolí Svratky ušetří pitnou vodu. *ZOO report : magazín pro přátelé Zoo Brno*, 2006, č. 4/06, s. 9-10.
10. KOTLÍK J.: *Technologie čištění a úpravy vody – Tropické království*. Prováděcí projekt, P.R.P. spol s r.o. Brno, Brno 1998
11. STUHLÍK, E. Vítejte v Beringii. *ZOO report : magazín pro přátelé Zoo Brno*. Září-prosinec 2010, XII, 3-4, s. 4-5.
12. Česká republika. *Vyhláška ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. In *Sbírka zákonů č. 252 / 2004*. 2004, částka 82, s. 5402-5422.
13. KRÁL, B. Tropické království-počátek nové koncepce. *Zooreport : magazín pro přátelé Zoo Brno*, 1999, č. 1/99, s. 2-3.
14. *Rybicky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Piraňa rostlinožravá. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/pirana\\_rostlinozrava](http://rybicky.net/atlasryb/pirana_rostlinozrava)>.
15. *Aquapage* [online]. 06.07.2010 [cit. 2011-04-30]. Piraňa plodožravá. Dostupné z WWW: <<http://www.aquapage.cz/akvarijni-ryby/2641-piaractus-brachypomus.html>>.
16. Osobní sdělení zaměstnance Zoologické zahrady Brno. Brno, 2011.

17. SANDFORD, G.; BAILEY, M. *Svět akvarijních ryb : ryby sladkovodní, brakických vod a mořské*. Praha : Svojtka & Co., 1998. 128 s. ISBN 80-7237-003-0.
18. ALDERTON, D. *Akvarijní a jezírkové ryby*. Praha : Knižní klub, 2006. 400 s. ISBN 80-242-1633-7.
19. *Rybicky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2008 [cit. 2011-04-25]. Gurama velká. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/gurama\\_velka](http://rybicky.net/atlasryb/gurama_velka)>.
20. *Terarka.net : Váš terarijní portál* [online]. 2009 [cit. 2011-04-25]. Kajmánek trpasličí. Dostupné z WWW: <[http://terarka.net/krokodyli/atlas/kajmanek\\_trpaslici](http://terarka.net/krokodyli/atlas/kajmanek_trpaslici)>.
21. *Zoo Brno* [online]. 2007 [cit. 2011-04-25]. Kajmánek trpasličí. Dostupné z WWW: <<http://www.zoobrno.cz/zvirata-v-zoo/chovana-zvirata>>.
22. ZYCH, J. *Želvy v přírodě a v péči člověka*. 1. vyd. Praha : Brázda, 2006. 140 s. ISBN 80-209-0285.
23. BALCAR, M. *iFauna : největší chovatelský web v ČR* [online]. 09.12.2005 [cit. 2011-04-25]. Orlicie bornejská. Dostupné z WWW: <<http://www.ifauna.cz/clanek/terarijni-zvirata/orlicie-bornejska/3606/>>.
24. KOČIÁN, M.; CERHA, V. *Scinkové, varani a ještěrky*. Praha : Polaris, 1999. 270 s. ISBN 80-85911-45-0.
25. *Terarka.net : Váš terarijní portál* [online]. 2009 [cit. 2011-04-25]. Dracéna guyanská. Dostupné z WWW: <[http://terarka.net/jesteri/atlas/dracena\\_guyanska](http://terarka.net/jesteri/atlas/dracena_guyanska)>.
26. BALCAR, M. Dracéna guayanská poprvé v Brně. ZOO report : magazín pro přátelé Zoo Brno. 2005, 3/05, s. 10-11.
27. KAHL, B.; KAHL, W.; WOGT, D. *Akvarijní ryby*. 1.vyd. Praha : Svojtka & Co., 1999. 288 s. ISBN 80-7237-098-7.
28. WARD, B. *Exotické akvarijní ryby : Obsáhlý průvodce chovem sladkovodních a mořských akvarijních ryb*. 1. vyd. Praha : Ottovo nakladatelství, 2002. 176 s. ISBN 80-7181-186-6.
29. *Rybicky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2009 [cit. 2011-04-25]. Akara modrá. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/akara\\_modra](http://rybicky.net/atlasryb/akara_modra)>.
30. NOVÁK, J.; HOFMANN, J. *Velký atlas akvarijních ryb*. Praha : Brázda, 1998. 363 s. ISBN 80-209-0279-1.
31. VERHOEF-VERHALLEN, E. *Akvarijní ryby : Encyklopedie*. Čestlice : Rebo, 2005. 255 s. ISBN 80-7234-478-1.
32. *Rybicky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2010 [cit. 2011-04-25]. Vrbozubec paví. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/vrbozubec\\_pavi](http://rybicky.net/atlasryb/vrbozubec_pavi)>.

33. *Rybíčky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2008 [cit. 2011-04-25]. Krunýřovec síťovaný. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/krunyrovec\\_sitovany](http://rybicky.net/atlasryb/krunyrovec_sitovany)>.
34. Osobní sdělení zaměstnance Zoologické zahrady Hodonín, pana Jiřího Brožíka. Hodonín, 2011.
35. SANDFORD, G. *Akvárium : všechno o akvaristice: ryby, rostliny, zařízení akvária*. Praha : Cesty, 2003. 256 s. ISBN 80-7181-803-8.
36. *Rybíčky.net : Váš akvarijní portál* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Piraña Nattererova. Dostupné z WWW: <[http://rybicky.net/atlasryb/pirana\\_nattererova](http://rybicky.net/atlasryb/pirana_nattererova)>.
37. *Žraloci a ostatní predátoři hlubin : Obávání vládců oceánů*. 1.vyd. Praha : International Masters Publishers, 2008. 192 s. ISBN 978-80-87208-55-7.
38. ŠEBÍK, J. *Živá země : Váš mořský svět* [online]. 21.01.2011 [cit. 2011-04-22]. Žralok černoploutvý. Dostupné z WWW: <<http://zivazeme.cz/atlas-paryb/zralok-cernoploutvy>>.
39. *Kámen zeolit* [online]. 2010 [cit. 2011-04-24]. Zeolit - filtrace do akvárií. Dostupné z WWW: <<http://kamenzeolit.cz/zeolit-filtrace-do-akvarii>>.
40. *Kámen zeolit* [online]. 2010 [cit. 2011-04-24]. Zeolit – prvohorní kámen. Dostupné z WWW: <<http://zeolit.ic.cz/index.html>>.
41. SUCHOMELOVÁ, L. *Aquapage* [online]. 03. 04. 2009 [cit. 2011-04-17]. Biologická filtrace vody. Dostupné z WWW: <<http://www.aquapage.cz/clanky/37-biologicka-filtrace-vody.html>>.
42. VALA, J. *Profesionální mořská akvaristika AQUAVALA* [online]. 8.12.2008 [cit. 2011-04-22]. Mořské akvárium. Dostupné z WWW: <<http://www.akvaristika-morska.cz/clanky-a-novinky/morske-akvarium-92.html>>.
43. HORÁKOVÁ, M., a kol., *Analytika vody*. Praha : VŠCHT, 2003. 335 s. ISBN 80-7080-520-X.
44. ČSN ISO 10523: 1994. *Jakost vod : Stanovení pH*. Praha : Český normalizační institut, 1995. 16 s.
45. ČSN EN 27888: 1993. *Jakost vod : Stanovení elektrické vodivosti*. Praha : Český normalizační institut, 1996. 12 s.
46. ČSN EN ISO 9963 - 1: 1995. *Jakost vod : Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK)*. Praha : Český normalizační institut, 1996. 12 s.
47. ČSN EN ISO 8467: 1993. *Jakost vod : Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK<sub>Mn</sub>)*. Praha : Český normalizační institut, 1996. 10 s.
48. ČSN ISO 7150 - 1: 1984. *Jakost vod : Stanovení amonných iontů*. Praha : Český normalizační institut, 1994. 12 s.

49. ČSN EN 26777: 1993. *Jakost vod : Stanovení dusitanů*. Praha : Český normalizační institut, 1995. 12 s.
50. ČSN ISO 7890 -3: 1988. *Jakost vod : Stanovení dusičnanů*. Praha : Český normalizační institut, 1994. 8 s.

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<i>EPP</i> .....	Evropský záchranný program
<i>ESB</i> .....	Evropské chovné knihy
<i>EAZA</i> .....	Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií
<i>WAZA</i> .....	Mezinárodní asociace zoologických zahrad a akvárií
<i>IUCN</i> .....	Světový svaz ochrany přírody
<i>UCSZOO</i> .....	Unie českých a slovenských zoologických zahrad
<i>CITES</i> .....	Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin
<i>VUT</i> .....	Vysoké učení technické
<i>DN</i> .....	Nominální průměr (mm)
<i>UV</i> .....	Ultrafialové záření
<i>UVA</i> .....	Ultrafialové záření o vlnové délce 315 – 400 nm
<i>UVB</i> .....	Ultrafialové záření o vlnové délce 280 – 315 nm
<i>KNK</i> .....	Kyselinová neutralizační kapacita (mg/l)
<i>CHSK</i> .....	Chemická spotřeba kyslíku (mmol/l)



## **8. SEZNAM PŘÍLOH**

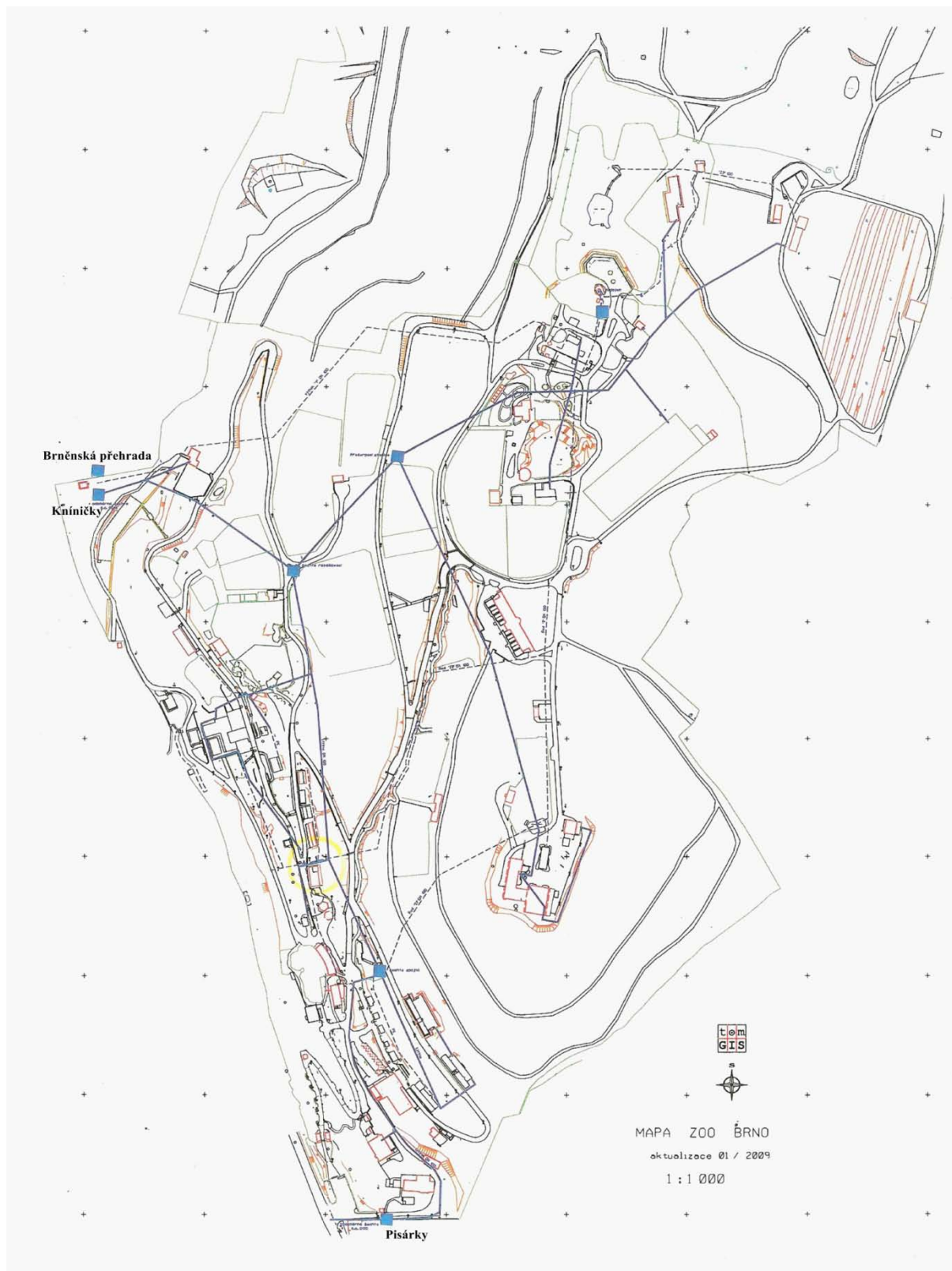
Příloha č. 1: Mapa rozvodů pitné a užitkové vody v Zoologické zahradě Brno.

Příloha č. 2: Plánek nového expozičního komplexu Beringie

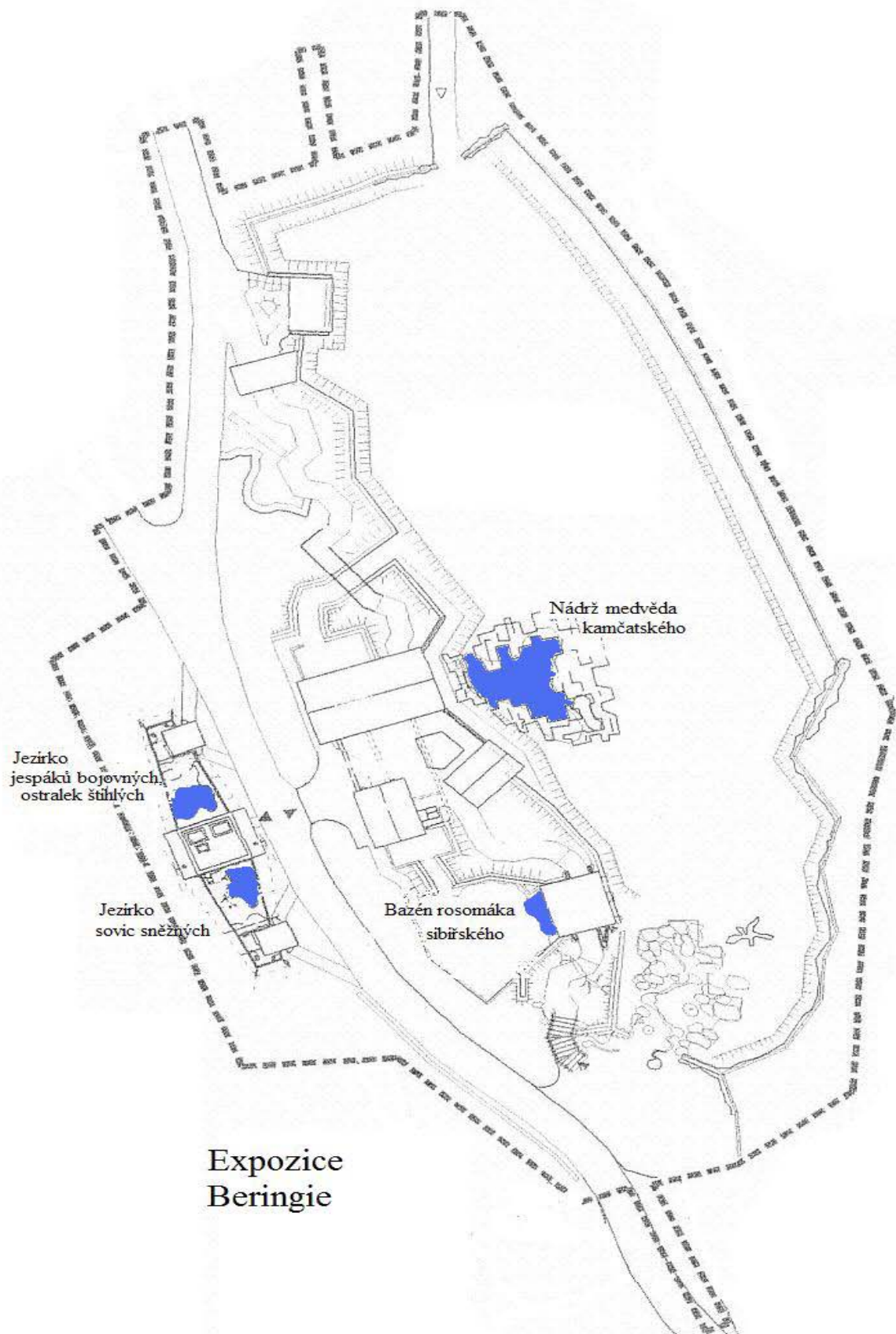
Příloha č. 3: Schéma čistící nádrže v Tropickém království

## 9. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Mapa rozvodů pitné a užitkové vody v Zoologické zahradě Brno.



Příloha č. 2: Plánek nového expozičního komplexu Beringie



Příloha č. 3: Schéma čistící nádrže v Tropicckém království

