



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

ÚSPORY VODNÍCH ZDROJŮ V PAVILONU PLAZŮ ZOO BRNO

SAVINGS OF WATER SOURCES IN REPTILE'S PAVILION ZOO BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. KATEŘINA MAIDLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JOSEF KOTLÍK, CSc.

BRNO 2013



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

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce:	FCH-DIP0690/2012	Akademický rok: 2012/2013
Ústav:	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka):	Bc. Kateřina Maidlová	
Studijní program:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (N2805)	
Studijní obor:	Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805T002)	
Vedoucí práce	Ing. Josef Kotlík, CSc.	
Konzultanti:		

Název diplomové práce:

Úspory vodních zdrojů v pavilonu plazů ZOO Brno

Zadání diplomové práce:

Navrhnout možné úspory vodních zdrojů a energií v pavilonu plazů ZOO Brno.

1. Provést analýzu možných vodních zdrojů pro pavilon plazů v ZOO Brno.
2. Navrhnout modelové řešení pro použití vody z místních zdrojů s nejnižší možnou ekonomickou náročností.
3. Navrhnout a ekonomickým výpočtem doložit environmentálně šetrná opatření pro úsporu primárních energií v pavilonu.
4. Zhodnotit a diskutovat navržená úsporná řešení

Termín odevzdání diplomové práce: 3.5.2013

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

Bc. Kateřina Maidlová
Student(ka)

Ing. Josef Kotlík, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2013

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je návrh úspor vodních zdrojů a energií v pavilonu plazů ZOO Brno. Teoretická část popisuje aktuální stav vodního hospodářství zoologické zahrady. Praktická část se věnuje možným zdrojům vody, jejich analýze dle platné legislativy a posouzení vhodnosti zdroje. Část je věnována také opatřením pro úsporu energií.

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is the proposal of savings of water sources and energy in the reptile pavilion at ZOO Brno. The theoretical part describes the current state of water management at the Zoo Brno. The practical part deals with potential water sources, analyzing them according to current legislation and assessing the suitability of resources. Part is devoted to measures to conserve energy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní hospodářství, pavilon plazů, pitná voda, analýza

KEYWORDS

Water management, pavillion of reptiles, drinking water, analysis

MAIDLOVÁ, K. *Úspory vodních zdrojů v pavilonu plazů ZOO Brno*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013. 42 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Kotlík, CSc..

PROHLÁŠENÍ

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

OBSAH

Obsah	5
1. Úvod	6
2. Zoologická zahrada města Brna	8
2.1. Historie zoologické zahrady v Brně	8
2.2. Mniší hora.....	8
3. Zvířata chovaná v Zoo Brno.....	8
3.1. Historie pavilonu plazů v Zoo Brno	9
3.1.1. První vivária v Zoo Brno	9
3.1.2. Tropické království.....	9
3.1.3. Zvířata chovaná v Tropickém království.....	10
4. Vodní hospodářství.....	14
4.1. Zdroj pitné vody v síti města Brna	14
4.1.1. Voda podzemní.....	14
4.1.2. Voda povrchová.....	14
4.2. Vodní hospodářství Zoo Brno	15
4.2.1. Vodovodní síť pitné vody.....	15
4.2.2. Vodovodní síť užitkové vody	16
4.2.3. Požární vodovod.....	17
4.3. Spotřeba vody v Zoo Brno	17
4.4. Vlastní zdroj vody Zoo Brno	17
5. Experimentální část	18
5.1. Alternativní zdroj vody.....	18
5.2. Odběrná místa.....	18
5.3. Prováděné rozbory.....	20
5.3.1. Parametry dle legislativy	20
5.3.2. Metody stanovení jednotlivých parametrů	21
6. Výsledky a diskuse	26
6.1. Výsledky rozboru podzemní vody.....	26
6.2. Výsledky rozboru povrchové vody.....	30
6.3. Použití podzemní vody jako zdroje pitné vody	30
6.3.1. Legislativní požadavky.....	31
6.3.2. Úspora ve srovnání s veřejným vodovodem	32
6.4. Návrh na úsporu energie v pavilonu plazů	33
7. Závěr.....	35
8. Seznam použitých zdrojů	36
9. Seznam použitých zkratk a symbolů	38
10. Seznam příloh.....	39
11. Přílohy	40

1. ÚVOD

Zoologická zahrada města Brna byla otevřena 30. srpna 1953. Za 60 let své existence prošla mnoha úpravami a modernizacemi. V posledních letech vznikaly v Zoo Brno pavilony a výběhy vyhovující nejnáročnějším zásadám chovu zvířat, jako jsou např. expozice Tropické království, Tygří skály, Beringia, Dětská zoo a pro zvýšení pohodlí návštěvníků Centrum služeb s restaurací. [1]

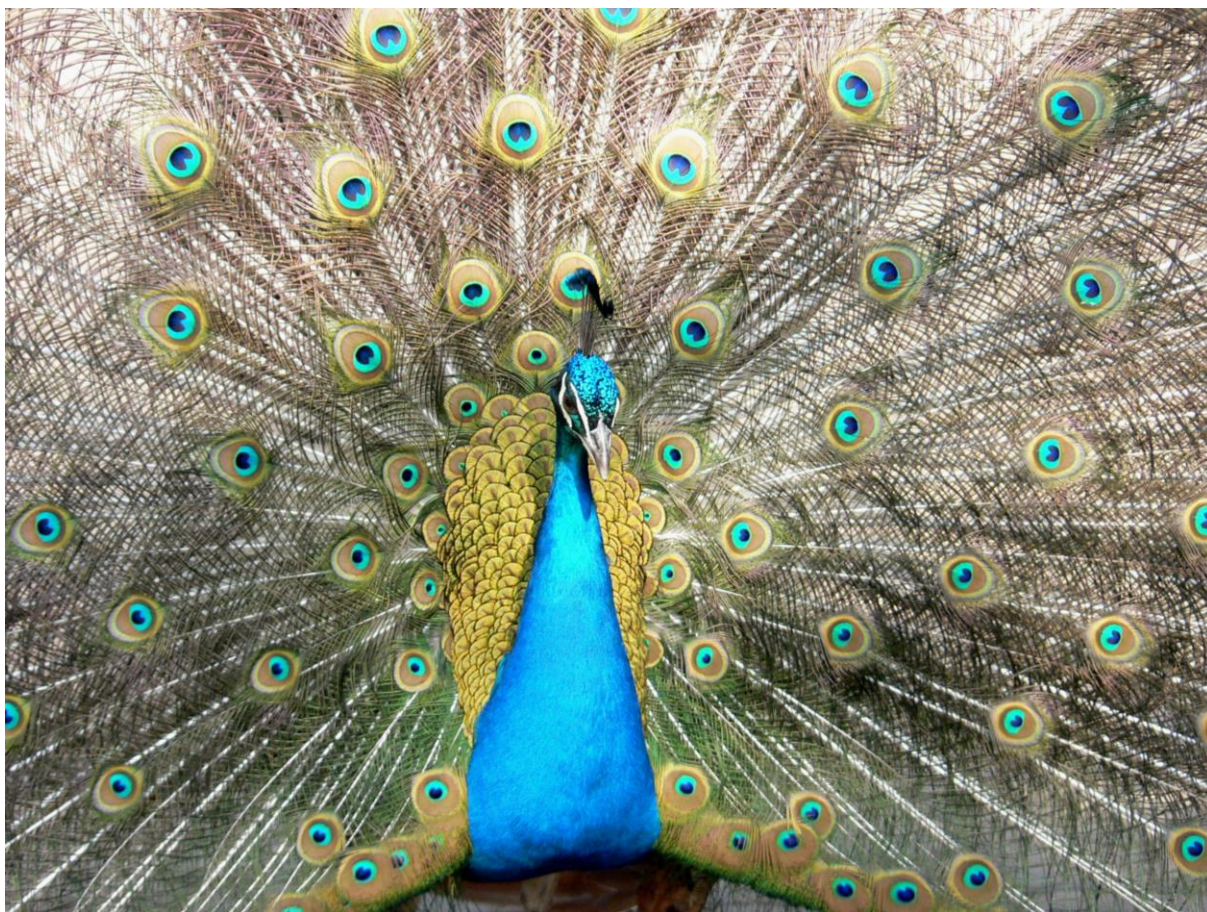
Podle formulace světové organizace zoologických zahrad a akvárií (WAZA) směřuje poslání zoo k poskytování odpočinku a relaxaci návštěvníků, k získávání informací o přírodě a vzdělávání v oblasti její ochrany.

V rámci ekologického vzdělávání byly v Zoo Brno vypracovány vzdělávací programy pro mateřské, základní i střední školy. Pro nejmenší děti jsou to exkurze do zoo, jízda vláčkem a dětská zoo umožňující fyzický kontakt se zvířaty. Pro základní a střední školy jsou nabízeny výukové programy zaměřené vždy na určité téma. Část probíhá formou teoretického výkladu s použitím videoukázek, část formou praktické ukázky. Zoo Brno spolupracuje i s vysokými školami, především s Veterinární a farmaceutickou univerzitou v Brně a Mendelovou zemědělskou a lesnickou univerzitou. [1]

K široké nabídce akcí pro veřejnost patří jednodenní akce, jako např. Maškarní bál, Velikonoční prázdniny, Ptačí den, Den Země, Den dětí a další. V posledních letech zaznamenávají zvýšený zájem i tzv. příměstské tábory v období jarních a letních prázdnin. Děti tráví vždy v týdenních turnusech celý den v Zoo Brno. Zajištěn mají bohatý program v zoo a jejím okolí. Pro dospělé je připraven program Ošetřovatel šelem nebo Ošetřovatel kopytníků. V rámci tohoto programu se návštěvník dozví vše o konkrétních zvířatech a vyzkouší si, co obnáší práce s nimi. Podílí se na přípravě krmiva, udržení čistoty výběhu, v případě kopytníků i na jejich krmení. [1]

Zoo Brno zajišťuje také setkávání mentálně či tělesně postižených dětí se zvířaty a spolupracuje s několika domovy pro seniory a s oddělením dětské onkologie v Brně. [3]

Zoo připravuje také propagační materiály a tiskoviny, provozuje webové stránky a vydává čtvrtletník Zooreport. Návštěvnost se v posledních letech pohybuje kolem 230 000 osob za rok. [1,2]



Obrázek č.1: Páv korunkatý

Zoo Brno je od roku 1999 záchytným centrem CITES pro zadržená a zabavená zvířata. Od téhož roku provozuje i Záchranou stanici pro handicapované živočichy v rámci Národní sítě pro handicapované živočichy.

Je také členem mnoha významných mezinárodních odborných uskupení, jako jsou Unie českých a slovenských zoologických zahrad (IZE), Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií (EAZA), Světová asociace zoologických zahrad a akvárií (WAZA) a další. V kolekci Zoo Brno se také nachází 20 druhů živočichů, jejichž chov řídí Evropské záchovné programy pro ohrožené druhy (EEP) a několik druhů uvedených v Evropské plemenné knize (ESB) a v Mezinárodní plemenné knize (ISB). [3]

2. ZOOLOGICKÁ ZAHRADA MĚSTA BRNA

2.1. Historie zoologické zahrady v Brně

24.11.1935 byl ustanoven Spolek pro zřízení zoologické zahrady v Brně a po dvou letech byl otevřen Zoologický koutek v Tyršově sadu na ulici Kounicova. První kolekci tvořili straka, albinotická forma kavky obecné, příslušníci pěti druhů cizokrajných bažantů a párek srnčí a daňčí zvěře. Zvířata se do koutku dostala jako dar od občanů či firem a postupně jejich počet dosáhl ke dvěma stům. Provoz zookoutku se hradil z dobrovolného vstupného a darů. V roce 1941 rozhodla protektorátní správa města o likvidaci tohoto zařízení. [4]

Po válce obnovil spolek svoji činnost a z rozhodnutí odboru školství a kultury Krajského národního výboru v Brně byla dne 6.5.1950 zřízena příspěvková organizace s názvem Zoologická zahrada města Brna, příspěvková organizace. [5]

30.8.1953 byla zoologická zahrada slavnostně otevřena na Mniší hoře v Brně-Bystrci.

V roce 1990 se zřizovatelem Zoo Brno stává Magistrát města Brna.

Zoo Brno byla jedním ze základajících členů Unie českých a slovenských zoologických zahrad. Od roku 1993 je členem Evropské asociace zoologických zahrad a akvárií (EAZA) a v roce 2000 se stává členem Světové asociace zoologických zahrad a akvárií (WAZA).

2.2. Mniší hora

Mniší hora je zalesněný vrch s nejvyšším bodem 333 m.n.m. Porost tvoří lesní společenstva dubohabrového lesa s výrazným zastoupením lípy malolisté a druhově bohatým bylinným podrostem. Zoologická zahrada je umístěna na 65 hektarech jejího jižního svahu.

Ve 13. století patřila Mniší hora panskému hradu Veverčí, roku 1373 ji markrabě Jan daroval klášteru u kostela sv. Tomáše. Dříve se nazývala Mnišská hora, teprve od konce 18. století je uváděna jako Mniší hora. V roce 1948 byla převedena z původního majetku agustiánského kláštera na Starém Brně do vlastnictví státu a poté byla předána do správy Masarykově univerzity v Brně, aby na ní zřídila botanickou zahradu. Po dohodě Spolku pro zřízení zoo s představiteli univerzity bylo navrženo, aby vedle botanické zahrady byla vybudována také zahrada zoologická. V roce 1957 bylo rozhodnuto, že botanická zahrada bude vybudována na jiném místě a celá Mniší hora byla předána zoologické zahradě. [4]

3. ZVÍŘATA CHOVANÁ V ZOO BRNO

První kolekce zvířat se skládala pouze ze savců a ptáků, tvořilo ji 151 zvířat 51 druhů převážně domácího původu.

Mezi nejvýznamnější stavby v počátcích zoo na Mniší hoře v padesátých letech patřilo akvaterárium, voliéry pro dravé ptáky a sovy a medvědinec. Plocha zoologické zahrady byla postupně rozšiřována o další výběhy a pavilony až do roku 1989. K dalšímu rozvoji zoo začalo docházet až na konci devadesátých let a jednalo se o pavilon Tropické království, expozici Tygří skály, dětskou zoo, restauraci U Tygra, rekonstrukci pavilonu opic a soubor expozic Beringie. [4, 6]

Ke konci roku 2012 bylo chováno v zoo na Mniší hoře 1 306 zvířat 250 druhů, a to 69 druhů savců, 47 druhů ptáků, 39 druhů plazů, 4 druhy obojživelníků, 56 druhů ryb a 35 druhů bezobratlých. [3]

3.1. Historie pavilonu plazů v Zoo Brno

3.1.1. První vivária v Zoo Brno

První pavilon si pracovníci zoo spolu s dobrovolníky z řad akvaristů a teraristů postavili v roce 1956. Byla to dřevěná přízemní budova na místě dnešní správní budovy. Objekt obsahoval 26 osvětlených nádrží, mezi kterými se návštěvníci pohybovali ve ztemnělé chodbě. V době otevření zde bylo chováno asi 18 druhů obojživelníků a plazů o 50 jedincích. V roce 1960 došlo k rozšíření o další trakt s nádržemi pro krokodýly, velké ještěry a hady. [4, 6, 7]

Nové vivárium bylo realizováno na jižním vrcholu Mniší hory v letech 1966 až 1970. Vznikla hala s prosklenou sedlovitou střechou navazující na přízemní trakt, který byl z velké části také prosklený. Brzy se objevily problémy s vytápěním objektu v zimním období, proto byla střecha zateplena a hala rozdělena na jednotlivé skleněné kóje, které byly příznivější pro chov zvířat. Ze starého akvaterária byla přestěhována všechna zvířata a postupně přibývaly nové druhy. V těchto prostorách bylo dosaženo opakovaných odchovů krokodýlů nilských a snůšek vajec kajmanů paraguayských. [4, 6, 7]

3.1.2. Tropické království

V roce 1998 byla otevřena nová expozice Tropické království. Snahou projektu bylo vytvořit prostor, kde se budou návštěvníci cítit příjemně a expozice podá co nejvěrnější představu přirozeného prostředí zvířete. Neméně důležité bylo i zajištění základních životních podmínek živočichů, jako jsou teplota a vlhkost prostředí, optimální velikost ubikace a snadné udržení čistoty.

Celá expozice byla vybudována jako ukázka zvířat ze tří oblastí subtropického a tropického pásma, a to z Afriky, jihovýchodní Asie a Jižní Ameriky. Při výstavbě byl kladen důraz na tři podmínky: expozice musí působit jednoduše, každý celek musí mít myšlenku využitelnou pro vzdělávací funkci zoo a vystavovaná zvířata musí být pro návštěvníky přitažlivá a známá. Pro zajištění dobré zoologické pověsti expozice je vhodné umístění i několika vzácných ohrožených nebo chovatelsky významných druhů zvířat.

Tropické království je složeno z dvou hal. V první hale se nachází nové expozice s akvárii a terárii, v druhé hale jsou expozice určené pro velké plazy. V roce 2000 získala Zoo Brno titul Odchovek roku za odchov chameleonů třírohých a expozice Tropické království získala titul Expozice roku v soutěži pořádané nadací Česká zoo. [4, 6, 7, 8]



Obrázek č.2: Výběh psouna prériového před pavilonem Tropicke království



Obrázek č.3: Interiér pavilonu Tropicke království

3.1.3. Zvířata chovaná v Tropicke království

V expozici tropické království je v současné době chováno 12 druhů ryb, 1 druh obojživelníka, 26 druhů plazů a 7 druhů savců.

3.1.3.1. Ryby

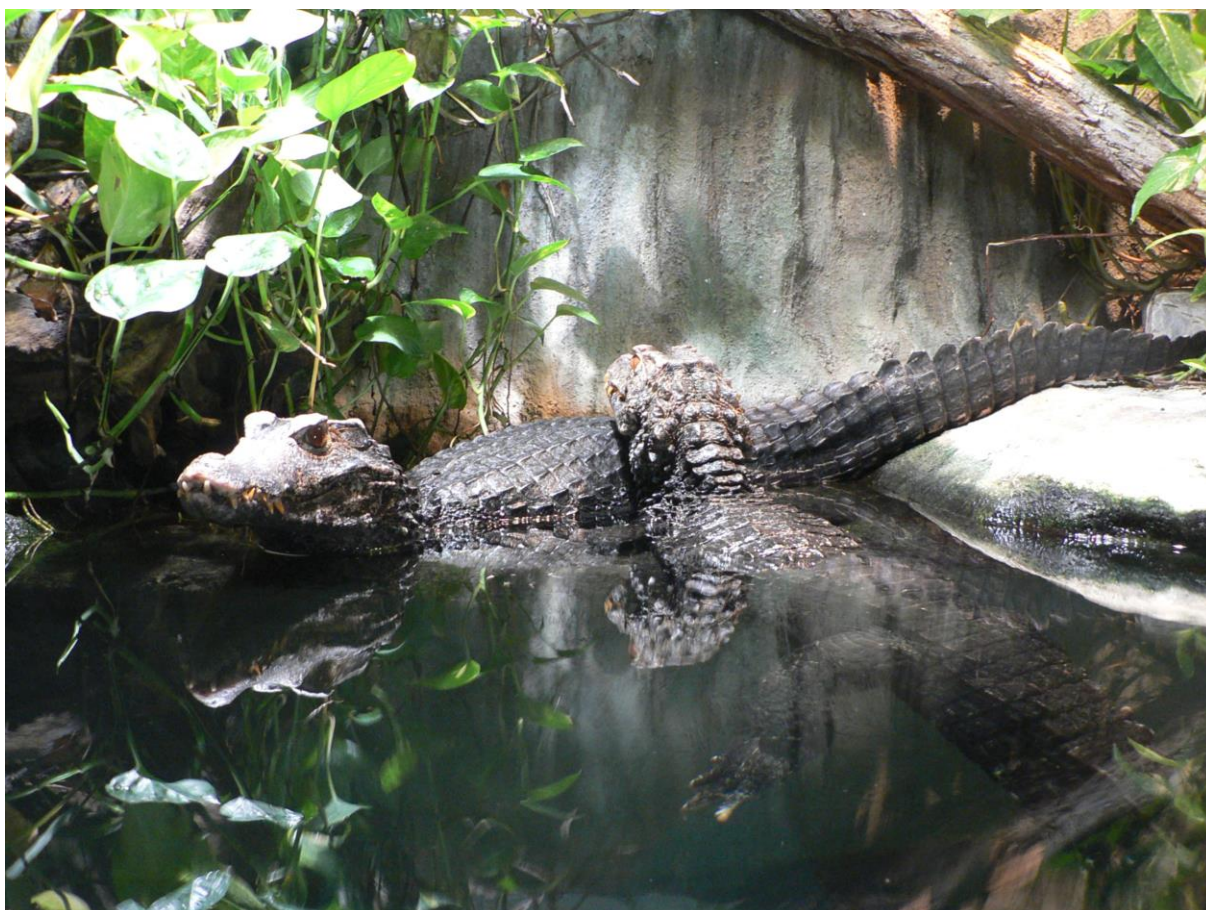
Gurama velká, piraña, arowana dvojevousá, bichir pruhoploutvý, vrubozubec paví, krunýřovec velkoploutvý, pangas dolnooký, akara modrá, klaun očkatý, bodlok žlutý, králíčkovec liščí, netopýrník velký.

3.1.3.2. Obojživelníci

Rosnice siná.

3.1.3.3. Plazi

Kajmánek trpasličí, orlicie bornejská, leguán madagaskarský, čukvala zavalitá, leguánek ostnitý, leguán zelený, korálovka sedlatá campbellova, hroznýšovec duhový, krajta královská, hroznýšovec kubánský, dvojjazyčník haitský, želva uhlířská, chameleon obrovský, anakonda velká, anolis rytířský, hroznýš královský, korovec mexický, želva amboinská, tnorep severoafrický, želva pardálí, dracéna guayanská, karetko novoguinejská, vousivka pestrá, varan komodský, želva paprsčitá, leguán kubánský.



Obrázek č.4: *Kajmánek trpasličí*

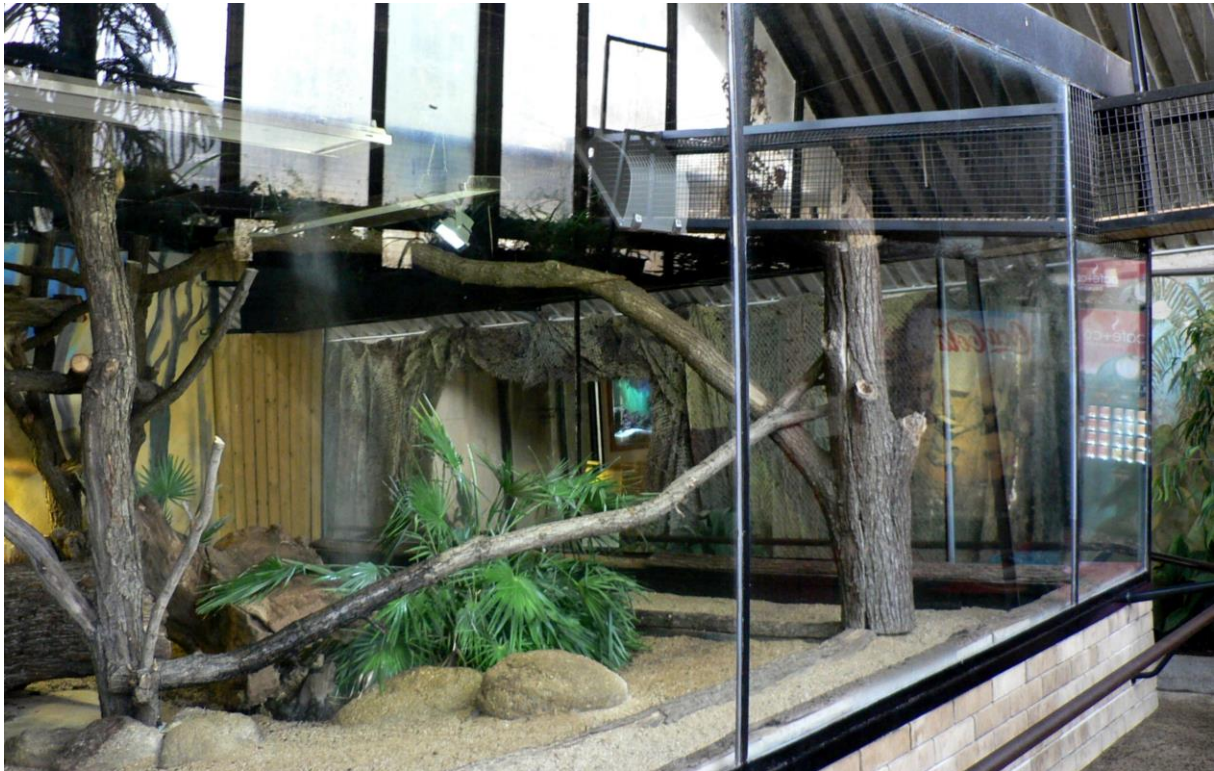
3.1.3.4. Savci

Aguti Azarův, osmák degu, tamarín žlutoruký, kosman zakrslý, kosman bělovousý, kočka pouštní a hutie stromová, což je středně velký hlodavec.

V kolekci Zoo Brno se k poslednímu dni roku 2012 nacházelo dvacet druhů či poddruhů savců, ptáků a plazů o 52 jedincích, jejichž chov řídí Evropské záchovné programy pro ohrožené druhy (EEP). V pavilonu Tropicke království to jsou 3 jedinci kočky pouštní, hroznýšovec kubánský a varan komodský. [3]

Mimořádnou událostí roku 2012 byl dovoz samce varana komodského ze Zoo Praha. Nejmohutnější ještěř patří k nejvzácnějším druhům chovaným v zoo. Jeho původním místem výskytu je pouze malá oblast indonéskeho ostrova Komodo. Varan dostal upravenou ubikaci ve starší budově terária. Její součástí je vyhříváný bazén, vyhřevné panely ve stropě i podlaze, krmicí zařízení a systém rosení. [3]

Dále bylo dovezeno deset jedinců chameleona obrovského. [3]



Obrázek č.5: Ubikace varana komodského, v horní části lávka do venkovního výběhu pro kosmany

V minulém roce se podařilo i několik chovatelských úspěchů. Jihoameričtí hlodavci aguti Azarovi, kteří jsou chováni v pavilonu Tropicke království od roku 2009, se poprvé rozmnožili. V červenci a prosinci se narodila dvě mláďata. [3]

Kosmani zakrslí, kteří jsou chováni v sousedství expozice varana komodského a v pavilonu Tropicke království, měli přírůstek osmi mláďat. Během roku 2012 se narodila troje dvojčata od dvou samic a letos v dubnu jedna dvojčata. [3]



Obrázek č.6: Samice kosmana zakrslého s mláďaty

Z plazů se rozmnožili leguáni kubánští (2 mláďata) a dvojjazyčníci haitští (8 mláďat).

Kočka pouštní, která je ohroženým druhem a je vedena v Mezinárodní plemenné knize (ISB), porodila v dubnu 2012 jedno kotě - samečka. [3]



Obrázek č.7: Ubikace kočky pouštní v Tropickém království

4. VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

4.1. Zdroj pitné vody v síti města Brna

V současné době je do téměř celého Brna přiváděna pitná voda z vodojemu Čebín, kde dochází k míchání vody podzemní a vody z povrchového zdroje v poměru 9:1. Severní část Brna (Lesná, Obřany a část Maloměřic) je zásobována vodou z podzemního zdroje, z I. březovského přivaděče. [9]

4.1.1. Voda podzemní

Prameniště Březová využívá velkých zásob puklinových podzemních vod v komplexu křídových vrstev v okolí Březové nad Svitavou, doplňovaných především infiltrací atmosférických srážek do horninového prostředí. Voda z jímacích celků obou březovských vodovodů je svedena do společného vodojemu v Březové nad Svitavou o objemu 5 000 m³. Uvedený způsob provozování trvá od roku 1975, kdy byl v rámci výstavby II. březovského vodovodu vodojem v Březové dostavěn a uveden do provozu. [9]

4.1.2. Voda povrchová

Zdrojem povrchové vody je údolní přehradní nádrž Vír I a následně úpravná vody Švařec. Přehradní nádrž má vyhlášena pásma hygienické ochrany, je zde zakázáno koupání a rybolov. Riziko kontaminace surové vody ropnými látkami a jinými průmyslovými haváriemi je nízké. [9]

V souvislosti s budováním Vírského oblastního vodovodu bylo provedeno propojení II. březovského přivaděče a přivaděče Vírského oblastního vodovodu v uzlu Čebín, což umožňuje míchání vod z obou rozdílných vodních zdrojů ve vodojemu Čebín, kde je voda hygienicky zabezpečována chlórdioxidem. Od roku 2002 je část míchané vody z vodojemu Čebín vedena potrubím DN 1 000 zpětně do potrubí přivaděče II. březovského vodovodu a přes vodojem Palackého vrch do brněnské vodovodní sítě. [9]

Úpravna vody Pisárky

Úpravna vody v Brně Pisárkách slouží od roku 2002 pouze jako záložní zdroj pitné vody. Surová voda pro tuto úpravnu se jímala z řeky Svratky nad jezem v Kamenném mlýně. Kvalita vody byla dlouhodobě se zhoršující, zároveň bylo vysoké riziko kontaminace řeky ropnými i jinými látkami z dopravně exponovaných okolních komunikací. [9]

4.2. Vodní hospodářství Zoo Brno

K základním vodním dílům v zoo Brno patří kanalizace dešťová a splašková a vodovody pro zásobování pitnou a užitkovou vodou.

Kanalizace dešťová a splašková pochází z první poloviny 70. let minulého století, v letech 1994 – 1995 byla vybudována nová dešťová kanalizace. K vodním dílům patří také odlučovač ropných látek umístěný pod restaurací U Tygra a vodní díla areálu bývalého VUT na ulici Rekreační 1 včetně přivaděče surové vody z přehrady DN 600, který byl v roce 2003 svěřen do hospodaření zoologické zahrady. [10]

4.2.1. Vodovodní síť pitné vody

Při svém vzniku byla Zoo Brno napojena vodovodní přípojkou na vodovodní řad na ulici Ondrova. Pro tento vodovod se vžilo označení Kníničský, protože se jednalo o samostatný obecní vodovod v Kníničkách s vlastním prameništěm a vodojemem o obsahu 60 m³. Toto prameniště bylo zrušeno v 90. tých letech a byl vybudován nový vodojem o obsahu 400 m³, který byl zásobován brněnskou vodou. Celková délka vodovodních řadů v areálu zoo je 3 275 m a jsou zhotoveny z ocelových a litinových trub DN 80 až DN 150.

V roce 1984 byla Zoo Brno napojena na druhý zdroj vody, na tzv. Pisárecký vodovod. Přípojka se nachází na ulici U Zoologické zahrady, její délka je 110 m a zdrojem vody byla úpravna vody v Pisárkách, proto označení Pisárecký vodovod. [10]

Oba tyto vodovody jsou propojeny v šachtě nad restaurací U Tygra. Jako hlavní vodovod je využíván Kníničský, Pisárecký funguje pouze jako záložní v případě havárie nebo odstávky. [10]

Tlaková pásma

Zoologická zahrada je dělena na dvě tlaková pásma kótou 280 m n. m., na které se nachází zesilovací čerpací stanice. Pisárecký vodovod má dosah 275 m n.m. Dosah Kníničského vodovodu je asi 285 m n.m., ale při vyšších odběrech pitné vody v Kníničkách (letní měsíce) nedosahuje ani kóty čerpací stanice a dochází k výpadkům plynulosti dodávky pitné vody pro výše položené objekty. [10]

Tento problém je řešen výstavbou nové čerpací stanice na kótě 255 m n.m. v místě rozdělovací šachty nad výběhem vlka arktického. Termín dokončení prací je rok 2013.

4.2.2. Vodovodní síť užitkové vody

V letech 1971 až 1975 byl vybudován v Zoo Brno provozní vodovod.

Zdrojem vody byl přivaděč z přehradní nádrže Brno. Ten byl zbudován ve 40.tých letech. Začíná na dně přehradní nádrže v jímacím objektu, dále pokračuje betonovým potrubím DN 1 000 a po průchodu hrází litinovým potrubím DN 600 do bývalého areálu VUT na ulici Rekreační. Na tomto místě byl na něj napojen provozní vodovod zoo. [11]

Vodovod odváděl surovou vodu do přečerpávací stanice v areálu zoo a následně do věžového vodojemu o objemu 200 m³ umístěného na nejvyšším místě zoo, na kótě 309,11 m.n.m. Odtud se voda dostávala vodovodními řady Z, Z1, Z2 a Z3 k jednotlivým odběrným místům. Řad označený 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 expozici Beringia a k bazénu lachtanů. Řad Z3 je veden z vodojemu do vodárny a odtud k jezírku v safari a druhá větev ke skleníku. Celková délka provozního vodovodu je 1 490 m. [10]



Obrázek č.8: Vodojem na užitkovou vodu

V současné době dochází k opravám potrubní sítě na užitkovou vodu vyvločkováním stávajícího potrubí. V provozu je pouze řad Z3 k jezírkům Safari a expozici koně Převalského.

Cílem budování provozního vodovodu bylo zajistit bezproblémové zásobování vodou celého areálu zoo a ušetřit náklady na pitnou vodu tam, kde lze nahradit užitkovou. Kvůli zhoršující se kvalitě vody v přehradní nádrži však tento cíl nebyl zcela naplněn. Provozní

voda byla využívána pouze k technickým účelům jako je závlaha rostlin nebo očista techniky. Velké množství organického znečištění a sinic nedovolovalo její použití k chovatelským účelům. [10, 11]

Od roku 2009 není přivaděč DN 600 z brněnské přehrady používán a je potřeba uvést ho do neškodného stavu, aby nedošlo k poklesu nadloží. [11]

4.2.3. Požární vodovod

Zoologická zahrada nemá samostatný požární vodovod. K případnému odběru požární vody slouží hydranty umístěné na síti pitné vody a lze také využít zásoby vody v jezírkách a bazénech jednotlivých expozic. [10]

4.3. Spotřeba vody v Zoo Brno

V posledních letech spotřeba vody stále stoupá. Hlavním důvodem je budování nových expozic s vodními prvky. V současné době se pohybuje denní spotřeba vody okolo 110 m³, což je roční spotřeba vody asi 40 000 m³.

Nejnáročnější expozice na spotřebu vody se nachází ve spodní části zahrady, v I.tlakovém pásmu. Jedná se o Tygří skály, jezírka ve výběžích medvědů kamčatských a ledních, vlka arktického, bobra kanadského a bazén lachtana. Průměrná denní spotřeba v této části se pohybuje okolo 80 m³ (30 000 m³ ročně), což je 75 % celkové spotřeby vody. Od května 2009 je malá část tohoto množství čerpána z vrtů užitkové vody, asi 2 200 m³ ročně.

V druhém tlakovém pásmu je nejnáročnější expozicí na spotřebu vody pavilon Tropické království a Safari. [10]

Tabulka 1: Objem vody v bazénech a jezírkách vybraných expozic [10]

Expozice	Objem vody v m ³
Tygr a levhart	50
Vlk arktický a bobr kanadský	260
Lachtan jihoafrický	125
Liška polární	25
Safari	500
Tropické království	30
Jihoamerický výběh	150
Lední medvědi	50
Okrasná jezírka	50
Beringie	150

4.4. Vlastní zdroj vody Zoo Brno

V červnu 2006 rada města Brna schválila Zoo Brno technicko-ekonomické zadání projektu k využití podzemní vody. Projekt předpokládal vybudování dvou vrtů v údolní nivě řeky Svratky. Z prameniště bude voda odváděna do stávající čerpací stanice a následně vodojemu

provozního vodovodu. Projekt předpokládal i stavbu úpravní vody k jejímu případnému odželezování. [12]

V září 2008 začalo hloubení vrtů a 30.července 2009 proběhla jejich kolaudace. Jako primární jímací objekt je využíván 75 m hluboký vrt HV1z, nacházející se v nivě řeky Svratky v katastru městské části Kníničky na pozemku Zoo Brno. Druhý vrt, 14 m hluboký s označením HV2z, se nachází nedaleko na pozemcích patřících městu Brnu. Tento vrt leží v kvartérních sedimentech řeky Svratky a měl by být využíván pouze jako záložní při havárii nebo údržbě vrtu HV1z. [13]

Dle vodoprávního povolení je maximální povolené čerpané množství vody pro vrt HV1z 7,0 l/s a pro vrt HV2z 2,5 l/s, což odpovídá 604,8 m³/den respektive 216 m³/den. [13]

5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5.1. Alternativní zdroj vody

Jako možné zdroje vody byly posuzovány vrty HV1z a HV2z. Pro zajímavost je uvedena i kvalita vody v řece Svratce.

5.2. Odběrná místa

U vrtu HV1z i HV2z byl odběrným místem kohout umístěný na výtlačném potrubí v šachtě vrtu.



Obrázek č.9: Umístění vrtu HV1z



Obrázek č.10: Umístění vrtu HV2z

V řece Svatce bylo zvoleno odběrné místo pod hrází na levé straně po směru toku. Pro odběr byla použita skleněná vzorkovnice na teleskopické tyči.



Obrázek č.11: Řeka Svatka pod hrází vodní nádrže Brno

5.3. Prováděné rozbory

U podzemní vody z vrtů jsou dvakrát ročně prováděny kontrolní rozbory na základní chemické a mikrobiologické parametry.

V dubnu 2013 byly provedeny rozbory dle vyhlášky 252/2004 Sb. v platném znění, příloha č.5 Krácený rozbor. [14]

Ve vodě z řeky Svatky byly stanoveny vybrané parametry, především dusík, fosfor a organické znečištění.

Vhodnost vody pro napájení zvířat se posuzuje podle legislativních požadavků na vodu pitnou. Kvalita vody pro plnění bazénů pro zvířata není českou legislativou dána. Nejcitlivější na kvalitu vody jsou ryby, plazi a obojživelníci. Příliš kyselá voda může poškozovat jejich kůži, velké výkyvy ve změně teplot narušují jejich metabolismus. Důležité je i množství rozpuštěného kyslíku. [31]

5.3.1. Parametry dle legislativy

Pro získání pravidelných informací o stabilitě vodního zdroje a účinnosti úpravy vody se provádí krácený rozbor podle přílohy č.5 k vyhlášce č. 252/2004 Sb. K parametrům daným touto přílohou byly přidány ještě následující: chloridy, sírany, hydrogenuhličitan, vápník, hořčík, sodík, draslík, měď, nikl a olovo.

Parametry kráceného rozboru jsou uvedeny v příloze č.1.

5.3.2. Metody stanovení jednotlivých parametrů

5.3.2.1. Amonné ionty

Jednoduché amonné soli se v přírodě nevyskytují jako minerály, nejsou proto součástí ve vodách přírodního původu. Pochází primárně z rozkladu dusíkatých organických látek a jejich přítomnost ve vodách indikuje vnější znečištění (průsak odpadních vod, hnojiv, dezinfekce chloraminem). [15]

Mezní hodnota jejich koncentrace v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 0,5 mg/l. [14]

Amonné ionty byly stanoveny dle ČSN ISO 7150-1 Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Manuální spektrometrická metoda.

Reakcí amonných iontů se salicylanem a chlornanovými ionty v přítomnosti nitroprussidu sodného vzniká modrá sloučenina vhodná ke spektrometrickému měření. Pro maskování rušivého vlivu kationtů se přidává citronan sodný. Měření probíhalo při vlnové délce 665 nm a výsledek byl získán metodou kalibrační křivky. [16]

5.3.2.2. Barva

Barva patří mezi organoleptické vlastnosti vody spolu s teplotou, zákalem, pachem a chutí. Je potřeba rozlišovat skutečnou a zdánlivou barvu vody. Barva zdánlivá je způsobena nerozpuštěnými látkami jako jsou např. jílovité částice nebo fytoplankton. Skutečné zbarvení přírodních vod je způsobeno především huminovými látkami. Pro získání skutečné barvy vody se vzorek upravuje filtrací přes filtr o velikosti póru 0,45 µm. [15]

Mezní hodnota koncentrace barvy v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 20 mg/l Pt. [14]

Barva byla stanovena podle ČSN EN ISO 7887 Jakost vod. Stanovení barvy, metoda B: Stanovení skutečné barvy optickými přístroji. Vzorek byl zfiltrován membránovým filtrem a byla měřena absorbance při vlnové délce 455 nm. Výsledek byl získán metodou kalibrační křivky na standardní roztok (směs hexachloroplaticitanu draselného a chloridu kobaltnatého). [17]

5.3.2.3. Anionty

Chloridy, sírany, dusičnany, dusitany

Chloridy v podzemních vodách pochází ze zvětrávání a vyluhování hornin. Antropogenní zdroj chloridů může být z odpadních vod a v zimním období z posypu komunikací. Jejich vyšší obsah ovlivňuje nepříznivě chuť a korozivní účinky vody. [15]

Sírany jsou důležitou součástí přírodních vod, jejich původ je hlavně z vyluhování podloží. [15]

Dusičnany jsou konečným produktem oxidace dusíkatých organických látek. Jejich dalším významným zdrojem je hnojení půdy. Obsah dusičnanů v podzemních vodách je proměnlivý v závislosti na vegetačním období. [15]

Dusitany vznikají biochemickými procesy jako jsou oxidace amoniakálního dusíku nebo redukce dusičnanů. Jsou velmi nestálé. Jejich vyšší koncentrace může indikovat fekální znečištění. [15]

Anionty byly stanoveny metodou kapalinové chromatografie podle ČSN EN ISO 10304 Jakost vod – Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů.

Aby se zamezilo adsorpci aniontů na nerozpuštěné látky, upravuje se vzorek filtrací přes membránový filtr o velikosti pórů 0,45 μm. Dle charakteru vzorku se vzorek naředí a zpracovává na iontovém chromatografu Dionex ICS-5000 s vodivostní detekcí. [18]

Podle vyhlášky 252/2004 Sb. jsou mezní hodnoty 100 mg/l pro obsah chloridů, 250 mg/l pro obsah síranů a nejvyšší mezní hodnoty 0,5 mg/l pro obsah dusitanů a 50 mg/l pro obsah dusičnanů. [14]

5.3.2.4. CHSK Mn

Jedná se o metodu pro sumární stanovení organických látek. Využívá se u pitných a málo znečištěných vzorků vod. Její výhodou je snadné a rychlé provedení nenáročné na instrumentaci. Nevýhodou je malý stupeň oxidace většiny organických látek, proto bývá někdy nahrazována stanovením TOC. [15]

Mezní hodnota koncentrace chemické spotřeby kyslíku manganistanem v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 3,0 mg/l. [14]

Chemická spotřeba kyslíku manganistanem byla stanovena podle ČSN EN ISO 8467 Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK Mn). [19]

Metoda spočívá v oxidaci organických látek manganistanem draselným v prostředí kyseliny sírové. Po přidání ekvivalentního množství šťavelanu sodného se retitrací zjistí zreagované množství manganistanu. Výpočet probíhá podle rovnice:

$$c_{\text{mg/l}} = \frac{V_1 - V_0}{V_2} \cdot f$$

kde $c_{\text{mg/l}}$	je	koncentrace CHSK _{Mn} v mg/l
V_1		spotřeba roztoku manganistanu draselného k titraci vzorku v ml
V_0		spotřeba roztoku manganistanu draselného k titraci slepého vzorku v ml
V_2		spotřeba roztoku manganistanu draselného k titraci při kalibraci v ml
f		přepočítávací faktor k přepočtu na kyslík, v mg/l

5.3.2.5. Pach a chuť

Pach a chuť jsou organoleptické vlastnosti vody, které mohou nepříznivě ovlivnit její kvalitu. Pach může nejčastěji způsobovat např. sulfan, látky vznikající činností mikroorganismů, chlor a jeho deriváty při hygienickém zabezpečení vody nebo látky odpadního charakteru, které se do vody dostanou splachy či průsaky podloží. [15]

Chuť vody bývá ovlivněna látkami, které způsobují současně její pach a nebo nejčastěji nevhodným minerálním složením, které se však na pachu neprojeví. [15]

Posouzení pachu vzorku probíhá na místě odběru a poté v laboratoři. Posouzení chuti vzorku se provádí až po mikrobiologickém rozboru s vyhovujícím výsledkem. K hodnocení vzorku se používá šestibodová stupnice (stupeň 0 až stupeň 5). [20]

Podle vyhlášky 252/2004 Sb. je mezní hodnotou přijatelnost pro spotřebitele. Při stanovení prahového čísla pachu (TON) a prahového čísla chuti (TFN) podle ČSN EN 1622 se považují za přijatelné stupeň 1 a 2.

5.3.2.6. Konduktivita

Konduktivita je nepřímým ukazatelem obsahu rozpuštěných látek. Konduktivita je schopnost iontů přítomných ve vodě vést elektrický proud a závisí na koncentraci iontů,

náboji iontů, teplotě roztoku a viskozitě roztoku. Konduktivita je převrácená hodnota odporu roztoku měřeného mezi dvěma elektrodami o ploše 1 m^2 , které jsou od sebe vzdáleny 1 m. [15]

Mezní hodnota konduktivity v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 125 mS/m. [14]

Konduktivita vodných roztoků se měří přímo pomocí vhodného přístroje při teplotě 25 °C. Její měření ve všech druzích vod specifikuje norma ČSN EN 27888 - Jakost vod. Stanovení elektrické konduktivity. [21]

5.3.2.7. pH

pH je nezbytnou součástí každého chemického rozboru vod. Nižší hodnota pH bývá u vod málo mineralizovaných nebo u vod s vyšším obsahem přírodního CO_2 . Je velmi důležitým provozním parametrem, protože ovlivňuje funkci mnoha procesů úpravy vody včetně dezinfekce a má vliv na korozivitu vody. [15]

pH je záporná hodnota dekadického logaritmu číselné hodnoty aktivity vodíkových iontů vyjádřené v molech na liter. V důsledku interakce iontů je aktivita vodíkových iontů poněkud menší než jejich koncentrace. Elektrometrická metoda je založena na měření rozdílu potenciálu elektrochemického článku, v němž je jedním z poločlánků měřicí elektroda a druhým referenční elektroda. Potenciál měřicí elektrody je funkcí aktivity vodíkových iontů měřeného roztoku. [15]

Mezní hodnota pH v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 6,5 až 9,5. [14]

pH se měří přímo v homogenizovaném vzorku, postup dle ČSN ISO 10523 Jakost vod - Stanovení pH. [22]

5.3.2.8. Zákal

Zákal vod je způsoben nerozpuštěnými látkami anorganického nebo organického původu. U přírodních podzemních vod se jedná hlavně o látky anorganické. Měří se buď útlum záření procházejícího kapalinou (turbidimetrie) nebo intenzita záření kapalinou rozptýleného (nefelometrie). Hodnota zákalu se vyjadřuje ve formazinových jednotkách ZF (standard je suspenze formazinu). [15]

Mezní hodnota koncentrace zákalu v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 5 ZF(t,n). [14]

Zákal byl stanoven podle normy ČSN EN ISO 7027 Jakost vod - Stanovení zákalu. Měření důkladně promíchaného vzorku proběhlo při vlnové délce 860 nm metodou měření útlumu záření (turbidimetrické stanovení). [23]

5.3.2.9. Hydrogenuhlíčitany

Hydrogenuhlíčitany jsou běžnou makrokomponentou přírodních vod, příznivě ovlivňují chuť vody, proto jsou v pitné vodě žádoucí. Jejich přítomnost pozitivně ovlivňuje i agresivní a inkrustační účinky vody na potrubí a zařízení. [15]

Výpočet forem výskytu oxidu uhličitého se řídí podle normy ČSN 75 7373 Jakost vod – Výpočet forem výskytu oxidu uhličitého. Při výpočtu koncentrace volného oxidu uhličitého, hydrogenuhlíčanů a uhličitánů se vychází ze stanovených hodnot neutralizačních kapacit ($\text{KNK}_{8,3}$, $\text{KNK}_{4,5}$ a $\text{ZNK}_{8,3}$), o kterých pojednává ČSN EN ISO 9963-1 Jakost vod - Stanovení kyselinové neutralizační kapacity a ČSN 75 7372 Jakost vod - Stanovení zásadové neutralizační kapacity. [24, 25, 26]

Oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě se označuje jako volný oxid uhličitý. Je rozpuštěn ve vodě převážně v molekulární formě jako volně hydratované molekuly $[\text{CO}_2(\text{aq})]$, na nedisociované molekuly H_2CO_3 připadá méně než 1% rozpuštěného oxidu uhličitého.

Látkovou koncentraci volného oxidu uhličitého lze vyjádřit rovnicí:

$$c(\text{H}_2\text{CO}_3^*) = c[\text{CO}_2(\text{aq})] + c(\text{H}_2\text{CO}_3)$$

Další dvě formy uhličitanového systému ve vodě tvoří hydrogenuhličitaný (HCO_3^-) a uhličitaný (CO_3^{2-}). Součet obou těchto forem se označuje jako vázaný oxid uhličitý. Součet všech tří forem oxidu uhličitého udává tzv. veškerý (celkový) oxid uhličitý $(\text{CO}_2)_T$, jehož látková koncentrace je vyjádřena rovnicí:

$$c(\text{CO}_2)_T = c(\text{H}_2\text{CO}_3^*) + c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{TIC})$$

Maximální koncentrace hydrogenuhličitanů je dosaženo při hodnotě pH 8,3, kdy jsou současně potlačeny ostatní formy výskytu oxidu uhličitého. Obdobně při pH 4,5 převládá volný oxid uhličitý, zatímco koncentrace hydrogenuhličitanů je prakticky zanedbatelná. [15]

Hydrogenuhličitaný byly stanoveny titrací vzorku 0,1 mol/l kyselinou chlorovodíkovou na směsný indikátor z modrého do žlutého zbarvení. Výpočet kyselinové neutralizační kapacity a následně koncentrace hydrogenuhličitanů proběhl podle rovnic:

$$\text{KNK}_{4,5} = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_1 \cdot 1000}{V_0} \quad \text{HCO}_3^- = \text{KNK}_{4,5} \cdot 61 \quad [25]$$

KNK _{4,5}	je	kyselinová neutralizační kapacita do pH 4,5 v mmol/l
c_{HCl}		skutečná koncentrace roztoku kyseliny chlorovodíkové v mol/l
V_1		spotřeba roztoku kyseliny chlorovodíkové při titraci v ml
V_2		objem zkoušeného vzorku v ml
HCO_3^-		koncentrace hydrogenuhličitanů v mg/l
61		konstanta pro přepočítání KNK _{4,5} na hydrogenuhličitaný

5.3.2.10. TOC, TN

Stanovení celkového organického uhlíku a celkového dusíku bylo prováděno pouze ve vzorcích povrchové vody.

TOC postihuje znečištění vod organickými látkami bez rozdílu zda jde o látky biologicky rozložitelné či nikoliv. Filtrací vzorku přes filtr o velikosti pórů 0,45 μm lze stanovit rozpuštěný organický uhlík. Srovnání těchto dvou parametrů je výhodné u vzorků povrchové vody obsahujících větší množství biomasy.

Parametry byly stanoveny na analyzátoru IL 550 TOC-TN postupy podle ČSN EN 1484 Jakost vod – Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a ČSN EN 12260 Jakost vod – Stanovení dusíku – Stanovení vázaného dusíku (TNb) po oxidaci na oxidy dusíku. [27, 28, 29]

Organický uhlík ve vzorku se oxiduje na oxid uhličitý tepelným rozkladem při 800 °C v přítomnosti kyslíku a působením kyseliny fosforečné. Stanovení CO_2 se provádí v infračervené oblasti světla na NDIR detektoru (nondispersive infrared absorption detektor). [27]

Stanovení celkového dusíku probíhá na principu oxidační pyrolýzy. Vzorke vod obsahující dusík se katalyticky spalují v atmosféře kyslíku při teplotě 800 °C na oxidy dusíku. Kvantitativní stanovení koncentrace dusíku (po reakci s ozonem) se provádí chemiluminiscenční detekcí. Touto metodou se nestanoví rozpuštěný elementární dusík. [28]

Mezní hodnota koncentrace celkového organického uhlíku v pitné vodě daná vyhláškou 252/2004 Sb. je 5 mg/l. [14]

5.3.2.11. Fosfor celkový

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění minerálů a hornin, antropogenním zdrojem je aplikace hnojiv a odpadní vody. [15]

Celkový fosfor lze dělit na rozpuštěný a nerozpuštěný, podle způsobu úpravy vzorku před stanovením, většinou filtrací přes filtr o velikosti póru 0,45 µm.

Vyhláška 252/2004 Sb. nespécifikuje přijatelné hodnoty pro fosfor ani fosforečnany v pitné vodě. Proto byl stanovován pouze v povrchové vodě a to jako hlavní prvek způsobující eutrofizaci vod. [14]

Stanovení celkového fosforu probíhalo podle normy ČSN EN 6878 Jakost vod - Stanovení fosforu - Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. Organické sloučeniny fosforu ve vodných vzorcích se za horka rozloží oxidací peroxodisíranem draselným na rozpustné anorganické fosforečnany. Fosforečnany reagují v kyselém prostředí v přítomnosti iontů molybdenanu a antimonu za vzniku antimon - fosfomolybdenanového komplexu, který po redukci kyselinou askorbovou vytváří intenzivně zbarvený komplex molybdenové modře. Měření probíhalo při vlnové délce 709 nm a výsledek byl získán metodou kalibrační křivky. [30]

5.3.2.12. Ostatní parametry

Stanovení mikrobiologických ukazatelů a kovů bylo zadáno v akreditovaných laboratořích.

6. VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1. Výsledky rozboru podzemní vody

Voda z vrtů byla odebírána 8. dubna 2013, za jasného počasí, teplota asi 3 °C. Analýza vzorků byla provedena v týdnu od 8. dubna do 12. dubna 2013.

Z mikrobiologického hlediska vyhověl vrt HV1z požadavkům legislativy na kvalitu pitné vody. Ve vodě se vyskytovaly pouze bakterie psychrofilní (počty kolonií při 22 °C) a bakterie mezofilní (počty kolonií při 36 °C), oboje v množství 2 KTJ/ml.

U vody z vrtu HV2z byly nalezeny tyto bakterie ve větším množství, které ale nepřekračuje mezní hodnoty dané vyhláškou. Ve vodě byly nalezeny i koliformní bakterie v množství 6 KTJ/100ml, což nesplňuje požadavky vyhlášky na kvalitu pitné vody.

Hodnoty abiosestonu splňovaly limit daný vyhláškou, u vrtu HV1z to bylo 1 % a u vrtu HV2z 3 %.

Organoleptické vlastnosti sledovaných vod vyhověly legislativním požadavkům.

U vrtu HV1z byly zjištěny hodnoty pro barvu 2 mg/l Pt a pro zákal 1,3 ZFt. Pach a chuť byly hodnoceny stupněm nula.

U vrtu HV2z byly hodnoty pro barvu a zákal zvýšené, stále však vyhovující požadavkům legislativy a to, barva 16 mg/l Pt a zákal 4,6 ZFt. Hodnocení pachu bylo bez negativních vjemů, stanovení chuti nebylo provedeno kvůli pozitivnímu mikrobiologickému nálezu.

Konduktivita ve vzorku podzemní vody z vrtu HV1z byla naměřena 72,3 mS/m a z vrtu HV2z 87,6 mS/m. Hodnoty pH byly zjištěny 7,5 a 7,3. Oba parametry vyhovují mezním hodnotám vyhlášky.

U vzorků z obou vrtů byla zjištěna vyšší tvrdost vody než stanovuje doporučená hodnota vyhlášky 252/2004 Sb. U vrtu HV1z to bylo 106 mg/l vápníku, koncentrace hořčíku splňovala rozmezí doporučené hodnoty, a u vrtu HV2z 133 mg/l vápníku a 31,4 mg/l hořčíku. Hodnota tvrdosti vody tedy byla 3,7 mmol/l pro HV1z a 4,6 mmol/l pro HV2z.

Zvýšený obsah vápníku a hořčíku je přírodního původu ve vazbě na geologické podloží. Pro tyto parametry jsou legislativou dány doporučené hodnoty, které jsou stanoveny ze zdravotního hlediska. Mírné zvýšení hodnot těchto parametrů nebrání v požívání vody.

Z hlediska tvorby nánosů v potrubí je potřeba koncentrace vápníku a hořčíku posuzovat současně s uhličitánovými rovnováhami ve vodě.

Ve všech ostatních sledovaných ukazatelích vyhověly vzorky podzemních vod legislativním požadavkům pro pitnou vodu.

Závěr

Podzemní voda čerpaná z vrtu HV1z vyhověla ve všech sledovaných ukazatelích požadavkům vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou vodu. Jediný parametr, který překračoval danou doporučenou hodnotu byl vápník.

Podzemní voda čerpaná z vrtu HV2z nesplnila požadavky legislativy v oblasti mikrobiologického rozboru. Voda obsahovala nepřijatelné množství koliformních bakterií. Vzhledem ke zvýšeným hodnotám barvy a zákalu se může jednat o průsak podzemních vod z obytné zástavby. Parametry, které překračovaly dané doporučené hodnoty, byly u tohoto zdroje vápník a hořčík.

Konkrétní výsledky rozborů jsou uvedeny v následujících tabulkách.
Význam některých parametrů je uveden v příloze č.2.

Tabulka 2: Výsledky rozboru vody z vrtu HV1z

Ukazatel	Měrná jednotka	Výsledek	Limitní hodnota	Vyhovuje
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0 (NMH)	Ano
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	0	0 (MH)	Ano
Clostridium perfringens	KJT/100ml	0	0 (MH)	Ano
Počty kolonií při 22°C	KTJ/ml	2	200 (MH)	Ano
Počty kolonií při 36°C	KTJ/ml	2	100 (MH)	Ano
Počet organismů	jedinci/ml	0	50 (MH)	Ano
Živé organismy	jedinci/ml	0	0 (MH)	Ano
Abioseston	%	1	10 (MH)	Ano
Elektrická vodivost	mS/m	72,3	125 (MH)	Ano
Pach	přijatelný	0	(MH)	Ano
Chuť	přijatelná	0	(MH)	Ano
pH		7,5	6,5-9,5 (MH)	Ano
Barva	mg/l Pt	2	20 (MH)	Ano
Zákal	ZFt	1,3	5 (MH)	Ano
Dusitany	mg/l	<0,01	0,5 (NHM)	Ano
Amonné ionty	mg/l	<0,004	0,5 (MH)	Ano
Dusičnany	mg/l	28,9	50 (NMH)	Ano
CHSK Mn	mg/l	<0,32	3,0 (MH)	Ano
Chloridy	mg/l	27,3	100 (MH)	Ano
Sírany	mg/l	33,8	250 (MH)	Ano
Hydrogenuhlčitany	mg/l	370	-	-
Železo	mg/l	<0,05	0,20 (MH)	Ano
Mangan	mg/l	<0,002	0,05 (MH)	Ano
Hliník	mg/l	0,026	0,2 (MH)	Ano
Vápník	mg/l	106	40-80 (DH)	Ne
Hořčík	mg/l	27,5	20-30 (DH)	Ano
Tvrdość vody	mmol/l	3,7	2,0-3,5 (DH)	Ne
Sodík	mg/l	11,4	200 (MH)	Ano
Draslík	mg/l	1,2	-	-
Kadmium	µg/l	<0,05	5,0 (NMH)	Ano
Měď	µg/l	2,0	1000 (NMH)	Ano
Olovo	µg/l	1,0	10 (NMH)	Ano

Tabulka 3: Výsledky rozboru vody z vrtu HV2z

Ukazatel	Měrná jednotka	Výsledek	Limitní hodnota	Vyhovuje
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0 (NMH)	Ano
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	6	0 (MH)	Ne
Clostridium perfringens	KJT/100ml	0	0 (MH)	Ano
Počty kolonií při 22°C	KTJ/ml	58	200 (MH)	Ano
Počty kolonií při 36°C	KTJ/ml	4	100 (MH)	Ano
Počet organismů	jedinci/ml	0	50 (MH)	Ano
Živé organismy	jedinci/ml	0	0 (MH)	Ano
Abioseston	%	3	10 (MH)	Ano
Elektrická vodivost	mS/m	87,6	125 (MH)	Ano
Pach	přijatelný	0	(MH)	Ano
Chuť	přijatelná	-	(MH)	-
pH		7,3	6,5-9,5 (MH)	Ano
Barva	mg/l Pt	16	20 (MH)	Ano
Zákal	ZFt	4,6	5 (MH)	Ano
Dusitany	mg/l	<0,01	0,5 (NHM)	Ano
Amonné ionty	mg/l	0,005	0,5 (MH)	Ano
Dusičnany	mg/l	38,0	50 (NMH)	Ano
CHSK Mn	mg/l	0,67	3,0 (MH)	Ano
Chloridy	mg/l	47,3	100 (MH)	Ano
Sírany	mg/l	71,7	250 (MH)	Ano
Hydrogenuhlčitany	mg/l	390	-	-
Železo	mg/l	0,05	0,20 (MH)	Ano
Mangan	mg/l	0,004	0,05 (MH)	Ano
Hliník	mg/l	0,086	0,2 (MH)	Ano
Vápník	mg/l	133	40-80 (DH)	Ne
Hořčík	mg/l	31,4	20-30 (DH)	Ne
Tvrdość vody	mmol/l	4,6	2,0-3,5 (DH)	Ne
Sodík	mg/l	14,8	200 (MH)	Ano
Draslík	mg/l	1,08	-	-
Kadmium	μg/l	<0,05	5,0 (NMH)	Ano
Měď	μg/l	4,0	1000 (NMH)	Ano
Olovo	μg/l	1,0	10 (NMH)	Ano

6.2. Výsledky rozboru povrchové vody

Voda z řeky Svratky byla odebírána a analyzována celkem čtyřikrát. Dva vzorky spadají do letní sezóny roku 2012, vzorek ze 3. února 2013 postihuje tání ledu a zvýšený odtok vody z přehrady. Vzorek ze 7. dubna 2013 byl pořízen za normálního stavu hladiny.

Tabulka 4: Výsledky rozboru povrchové vody z řeky Svratky

Datum odběru	Zákal [ZFt]	pH	κ [mS/m]	TOC [mg/l]	DOC [mg/l]	N _{celk} [mg/l]	N-NO ₃ [mg/l]	P _{celk} [mg/l]	Cl ⁻ [mg/l]	SO ₄ ²⁻ [mg/l]
24.6.2012	2,5	8,4	29,6	5,61	5,40	3,43	2,33	0,090	19	49
26.8.2012	8,3	8,7	28,1	6,74	5,58	1,36	1,35	0,074	17	48
3.2.2013	12,4	7,7	35,9	5,69	5,42	6,40	6,30	0,068	32	51
7.4.2013	9,1	7,9	31,2	5,85	5,70	5,50	5,45	0,066	25	50

U vzorku ze 3. února 2013 byl proveden i mikrobiologický rozbor. Ve vodě byly zjištěny koliformní termotolerantní bakterie a enterokoky řádově ve stech KTJ/100 ml a koliformní bakterie v množství více než 1 000 KTJ/100 ml.

Od roku 2009 provádí státní podnik Povodí Moravy na brněnské přehradní nádrži opatření pro zlepšení kvality vody. Opatření se začala realizovat snížením hladiny vody a vápněním obnažených břehů. Byla provedena výměna bílých ryb za ryby dravé a byla provedena instalace aeračních věží, které mají za úkol rovnoměrně provzdušnit vodní sloupec. Posledním opatřením bylo dávkování síranu železitého ke srážení fosforu na přítoku do nádrže. Fosforu přiteče ročně do nádrže 34 tun, z čehož více než 70 % na posledních 13 km řeky. V roce 2012 byla realizace opatření ukončena. [32]

Od roku 2010 došlo k poklesu koncentrace chlorofylu *a*, který indikuje biologické oživení nádrže. V roce 2009 dosahovala maximální koncentrace chlorofylu *a* ke 150 µg/l, v roce 2010 a 2011 se maximální koncentrace pohybovala okolo 50 µg/l chlorofylu *a* a dominantním organismem byly rozsivky. [33]

Závěr

Voda z přehradní nádrže Brno vykazuje v chemických parametrech téměř stálou kvalitu vody. Výraznější znečištění bylo zaznamenáno u odběru č.3, které bylo způsobeno táním sněhu a splachy znečištění z okolí nádrže.

Množství sinic v nádrži v letním období se podařilo realizací opatření výrazně snížit.

Voda by se pravděpodobně dala využívat jako užitková, otázkou však zůstává, jak dlouho po ukončení opatření bude zachována podobná kvalita vody.

6.3. Použití podzemní vody jako zdroje pitné vody

Vrty, zkolaudované v červenci 2009 jsou dvakrát ročně podrobovány analýze v oblasti základního chemického a mikrobiologického rozboru. Voda z vrtu HV1z vyhovuje požadavkům na pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 Sb. v platném znění. Vrt HV2z vykazuje

občas mírné bakteriální znečištění, způsobené pravděpodobně průsaky podloží, ale jeho využití je plánované pouze jako záložní zdroj.

Maximální povolené čerpané množství vodoprávním úřadem je u vrtu HV1z 7 l/s, což je 600 m³ za den. Při současné spotřebě pitné vody v Zoo Brno okolo 110 m³ denně je vydatnost zdroje naprosto dostačující.

Voda z vrtu HV1z by mohla být čerpána do úpravny vody a dále do čerpací stanice v areálu zoo na kótě 255 m.n.m., která je ve výstavbě (termínem dokončení prací je rok 2013). Odtud by voda pokračovala stávajícím rozvodem pitné vody do areálu celé zoo.

Úpravnu vody by bylo potřeba zbudovat na trase mezi čerpáním surové vody z vrtu a čerpací stanicí. Jako ideální prostor se nabízí areál VUT. Funkce úpravny vody by spočívala v hygienickém zabezpečení surové vody a v možnosti, předřadit v případě potřeby další stupeň úpravy surové vody (např. filtrace v případě zvýšeného množství nerozpuštěných látek).

Tímto by Zoo Brno získala vlastní kvalitní zdroj pitné vody. Vodovodní přípojka brněnské vody by fungovala pouze jako záložní zdroj v případě havárie nebo odstávky podzemního zdroje.

6.3.1. Legislativní požadavky

6.3.1.1. Poplatky za čerpání podzemní vody

Poplatky za odebrání podzemní vody stanoví § 88 zákona 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Oprávněný, který má povolení k odběru podzemní vody, je za podmínek stanovených tímto zákonem povinen platit za skutečné množství odebrané podzemní vody podle účelu odběru vody. Poplatek se platí za kalendářní rok a jeho sazby v Kč/m³ jsou uvedeny v příloze č. 2 k tomuto zákonu. [34]

Roční výši zálohy poplatku v poplatkovém hlášení vypočte odběratel vynásobením příslušné sazby poplatku povoleným ročním odběrem podzemní vody v m³. [34]

Roční výši poplatku v poplatkovém přiznání vypočte odběratel vynásobením příslušné sazby poplatku skutečně odebraným objemem podzemní vody za uplynulý kalendářní rok v m³. [34]

Tabulka 5: Sazby poplatku pro výpočet plateb za skutečně odebrané množství podzemní vody [34]

Účel užití odebrané podzemní vody	Sazba v Kč/m ³
Pro zásobování pitnou vodou	2,00
Pro ostatní užití	3,00

Poplatek se neplatí za skutečný odběr podzemní vody z jednoho vodního zdroje menší nebo rovný 6 000 m³ za kalendářní rok. [34]

6.3.1.2. Požadované rozborů

Podle legislativy spadá vrt HV1z objemem vyrobené vody do kategorie 101 – 1 000 m³ za den. Podle této kategorie, typu zdroje vody a technologie úpravy se odvíjí množství požadovaných rozborů za rok.

V případě, že jedinou úpravou bude pouze hygienické zabezpečení, tak podle vyhlášky 428/2001 Sb. bude potřeba provádět ročně:

2 monitorovací rozbory surové vody podle tabulky č. 3 vyhlášky 428/2001 Sb.

4 monitorovací rozbory vyrobené vody podle tabulky č. 3 vyhlášky 428/2001 Sb.

1 úplný rozbor vyrobené vody podle tabulky č. 2 vyhlášky 428/2001 Sb. [35]

Podle vyhlášky 252/2004 Sb. pak jednou ročně:

4 krácené rozbory vyrobené vody podle přílohy č. 5 vyhlášky 252/2004 Sb.

2 úplné rozbory upravené vody podle přílohy č. 1 vyhlášky 252/2004 Sb.

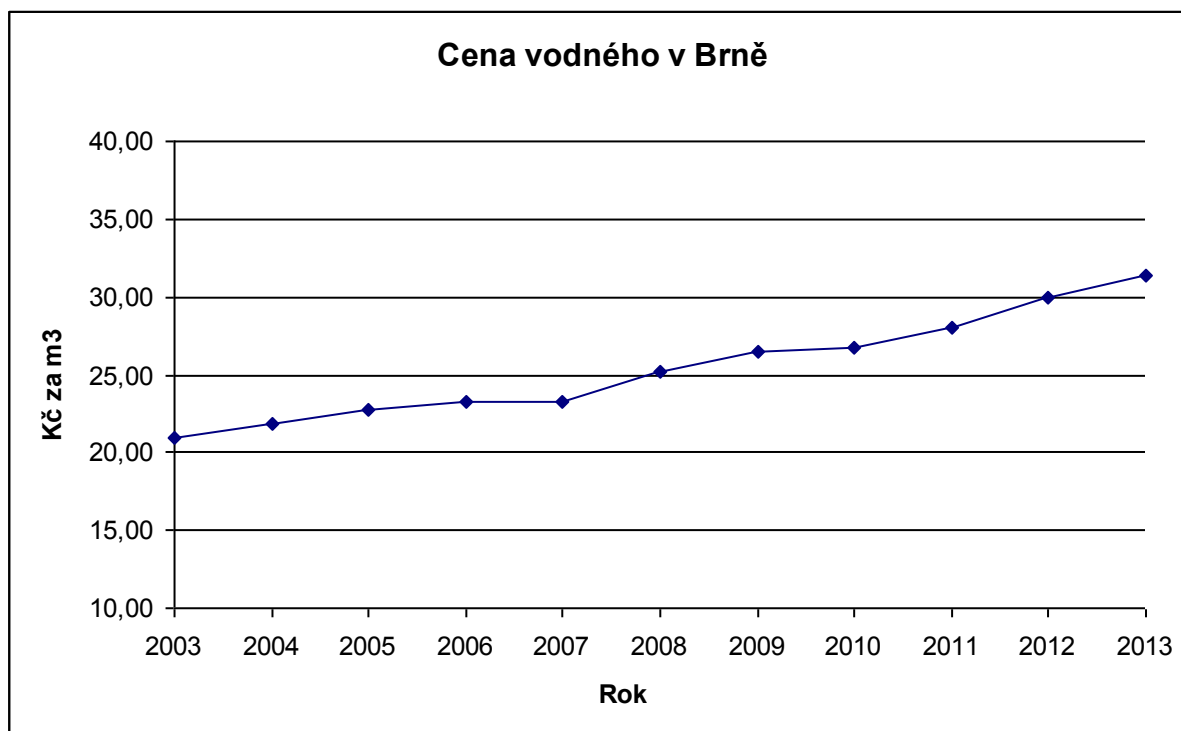
Vzorky surové vody se odebírají před prvním technologickým zásahem.

Vzorky vyrobené vody se odebírají na odtoku z konečného stupně úpravy vody během ustáleného provozu. V případě přerušovaného provozu úpravy vody lze provést odběr z nejbližší akumulární nádrže vyrobené vody. [35]

Při využití vrtu podzemní vody jako zdroje pitné vody je potřeba vytvořit provozní řád vodovodu podle §4 odst. 3 zákona 258/2000 Sb., ve kterém jsou uvedeny místa odběru surové vody, základní údaje o technologii úpravy vody, používaných chemických přípravcích, podmínky údržby, plán kontrol provozu a technického stavu vodovodu, způsob stanovení míst odběru vzorků pitné vody, rozsah a četnost kontrol a počet zásobovaných osob. [36]

6.3.2. Úspora ve srovnání s veřejným vodovodem

Následující graf uvádí růst cen vodného pro město Brno v posledních deseti letech. V posledních třech letech byl meziroční nárůst ceny průměrně o 5,6 %. Cena je uvedena včetně DPH.



Graf č.1: Vývoj cen vodného v Brně

vydatnost zdroje 600 m^3 vody za den odpovídá $219\,000 \text{ m}^3$ vody za rok, což značně převyšuje současnou spotřebu pitné vody v Zoo Brno, která je asi $40\,000 \text{ m}^3$ ročně.

Současná cena vody dodávané Brněnskými vodárnami a kanalizacemi, a.s. je 31,4 Kč.

Po odečtení poplatku za odběr surové vody a započtení režijních nákladů na monitorovací a úplné rozbory vody by Zoo Brno při současné spotřebě ušetřila asi 1 100 000 Kč ročně. Cena pitné vody by klesla asi o 90 %.

Pavilon Tropické království má spotřebu pitné vody asi 10 m^3 denně, což je $3\,650 \text{ m}^3$ za rok. Roční úspora v tomto objektu by byla 100 000 Kč.

6.4. Návrh na úsporu energie v pavilonu plazů

V Tropickém království jsou instalována dvě kalová čerpadla, na přečerpávání vody z čistící nádrže do jednotlivých akvaterárií. Výtlačná výška je asi 3 m. Každé z čerpadel má příkon $1\,000 \text{ W}$, bylo plánováno nahradit je oběhovými čerpadly Grundfos UPS 25-40 o příkonu 35 W . Použitím čerpadla WILO-Stratos ECO-BMS by byly úspory energie ještě výraznější. [36]

Spotřeba energie čerpadel

Stávající čerpadla:	$2\,000 \text{ W} \cdot 365 \text{ dní} \cdot 24 \text{ hodin} = 17\,520 \text{ kWh}$
Čerpadlo Grundfos UPS 25-40:	$70 \text{ W} \cdot 365 \text{ dní} \cdot 24 \text{ hodin} = 613,2 \text{ kWh}$
Čerpadlo WILO-Stratos ECO-BMS:	$58 \text{ W} \cdot 365 \text{ dní} \cdot 24 \text{ hodin} = 508 \text{ kWh}$

Úspora energie použitím oběhových čerpadel WILO-Stratos ECO-BMS oproti stávajícím kalovým čerpadlům je 97 %, záměna oběhových čerpadel Grundfos UPS 24-40 čerpadly WILO-stratos ECO-BMS přinese úsporu 17 %.

WILO-Stratos ECO-BMS je mokroběžné oběhové čerpadlo s připojením na závit, EC motorem a řízeným přizpůsobením výkonu. Jeho použití je vhodné k teplovodnímu vytápění všech systémů, ale také jako průmyslové cirkulační zařízení. V porovnání s neregulovanými oběhovými čerpadly je schopno uspořit až 80 % energie. Má vysokou účinnost a velmi vysoký rozběhový moment. Jeho příkon je $5,8 \text{ W}$ až 59 W . Optimální příkon je 29 W , ale za příznivých podmínek může být i nižší. [37]

Technická data:

Maximální průtok média $2,5 \text{ m}^3$ za hodinu

Maximální pracovní výška 5 m

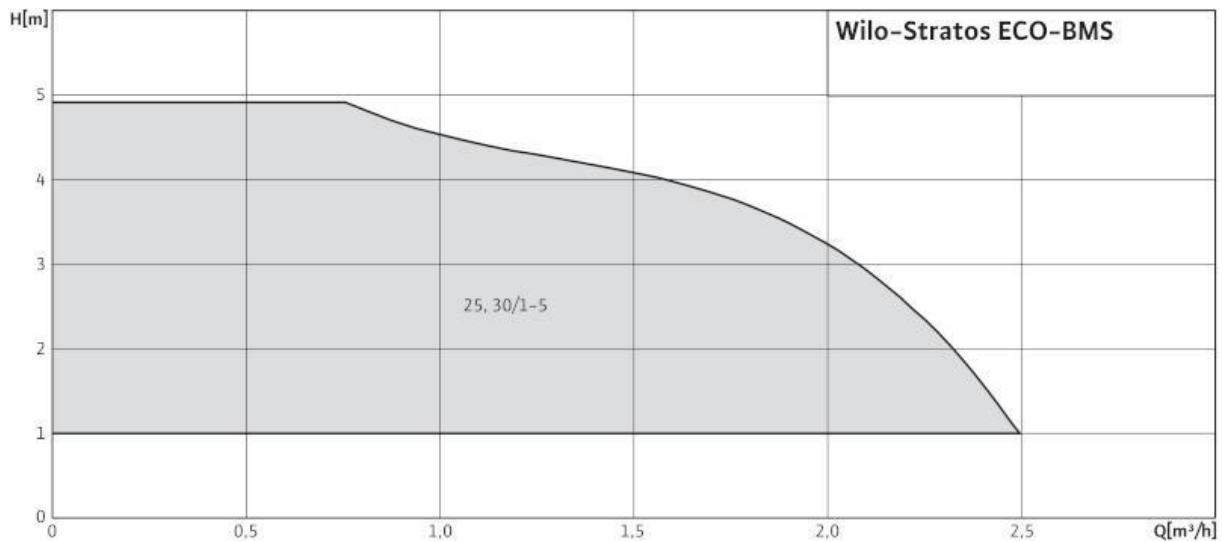
Teplota čerpaného média $15 \text{ }^\circ\text{C}$ až $110 \text{ }^\circ\text{C}$ (při maximální okolní teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$)

Síťová přípojka 1~230 V, 50 Hz

Způsob ochrany IP 44

Připojení na závit Rp 1 a Rp $1\frac{1}{4}$

Max. provozní tlak 10 bar



Obrázek č.12: Pracovní oblast čerpadla WILO-Stratos ECO-BMS [37]

Z výše uvedených údajů je zřejmé, že využitím odběru vody z vrtu HV1z a výměnou čerpadel by se dosáhlo v objektu Tropickeho království roční úspory přesahující 200 000,-Kč. Efekt by byl jak environmentální, tak by snížená spotřeba pitné vody v oblasti Kníničského vodovodu měla zároveň velice pozitivní vliv na tuto větev Brněnské vodovodní sítě.

7. ZÁVĚR

Teoretická část práce se zabývá historií zoologické zahrady v Brně a vývojem pavilonu pro plazy až do současného stavu. Část je věnována popisu vodního hospodářství Zoo Brno.

Experimentální část byla zaměřena na zhodnocení využitelnosti jiných zdrojů vody a energetických úspor v pavilonu Tropicke království.

Zoo Brno má od roku 2009 k dispozici zkolaudované vrty užitkové vody. Jímací vrt HV1z se nachází v nivě řeky Svratky a je hluboký 75 m. Záložní vrt HV2z, hluboký 14 m, leží v kvartérních sedimentech řeky Svratky. V dubnu 2013 byl proveden odběr vzorků podzemních vod a výsledky rozboru prokázaly vhodnost zdroje HV1z jako zdroje pitné vody. Všechny sledované parametry vyhovují požadavkům vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu. Vrt HV2z nevyhověl v oblasti mikrobiologického rozboru, hrozí u něj riziko průsaku kontaminovaných podzemních vod z obytné zástavby a jeví se proto i jako záložní zdroj pro tento účel nevhodný.

Vrt HV1z má maximální povolené čerpané množství 600 m^3 za den a v případě potřeby bude možné v budoucnu prameniště rozšířit. Po vybudování malé úpravní vody, kde by docházelo k jejímu hygienickému zabezpečení, by bylo možné tímto zdrojem úplně nahradit stávající zdroj pitné vody. Tím by cena vody klesla asi o 90 % a při současné spotřebě by Zoo Brno ušetřila 1 100 000 Kč ročně. Pro samotný pavilon plazů by úspora za cenu vody činila asi 100 000 Kč za rok.

V pavilonu plazů byla řešena také úspora energie výměnou stávajících čerpadel na přečerpávání vody z čistící nádrže do jednotlivých akvaterárií. Množství energie na provoz těchto čerpadel by bylo sníženo o 97 % a úspora představuje až 17 000 kWh ušetřené energie za rok.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Regionální rozvojová agentura jižní Moravy. Strategie rozvoje Zoologické zahrady města Brna. 2003. Dostupné z: <<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/strategie/>>
- [2] Zoo Brno [online]. [citováno 9. března 2013]. Dostupné z:<
<http://www.zoobrno.cz/cs/alibest/>
- [3] Zoologická zahrada města Brna. Výroční zpráva 2012. Dostupné z: <
<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/vyrocní-zpravy/>>
- [4] Zoo Brno [online]. O nás, Historie. [citováno 2. března 2013]. Dostupné z:<
<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/historie/>>
- [5] Zoo Brno [online]. O nás, Povinně zveřejňované informace, Zřizovací listina Zoologické zahrady města Brna. [citováno 2. března 2013]. Dostupné z < <http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/povinne-zverejnovane-informace/>>
- [6] ZOO report – mimořádné vydání k 50. výročí Zoo. Zoo Brno. 2003. Dostupné z <
<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>>
- [7] KRÁL, Bohumil. Vývoj kolekcí obojživelníků a plazů v Zoo Brno. ZOO report Profi 2/02. s.1-3. Zoo Brno. 2002. Dostupné z < <http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>>
- [8] KRÁL, Bohumil. Tropicke království – počátek nové koncepce. ZOO report 1/99. s.2-3. Zoo Brno. 1999. Dostupné z < <http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>>
- [9] Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. [online], [citováno 15. dubna 2013] Dostupné z: < <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/>>
- [10] KUNDERA, Josef. Voda v zoologické zahradě Brno. Brno, leden 2006. 20 s.
- [11] KUNDERA, Josef. Zoo chce rozumně hospodařit s vodou. ZOO report 3/04. s.9-10. Zoo Brno. 2004. Dostupné z <http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>
- [12] KUNDERA, Josef. Vrty v údolí Svratky ušetří pitnou vodu. ZOO report 4/06. s.9-10. Zoo Brno. 2006. Dostupné z <<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>>
- [13] KUNDERA, Josef. Zahrada čerpá vodu z vlastního zdroje. ZOO report 3/09. s.11. Zoo Brno. 2009. Dostupné z <<http://www.zoobrno.cz/cs/o-nas/zoo-report/>>
- [14] Vyhláška 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. *Sbírka zákonů*. Č. 82. s. 5402.
- [15] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT Praha, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.
- [16] ČSN ISO 7150-1, *Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Manuální spektrometrická metoda*. ČNI 1994
- [17] ČSN EN ISO 7887, *Jakost vod. Stanovení barvy, metoda B: Stanovení skutečné barvy optickými přístroji*. ČNI 2012.
- [18] ČSN EN ISO 10304-1, *Jakost vod – Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů*. ČNI 2009.
- [19] ČSN EN ISO 8467, *Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSK Mn)*. ČNI 1997.
- [20] ČSN EN 1622, *Stanovení prahového čísla pachu (TON) a prahového čísla chuti (TFN)*. ČNI 2007.
- [21] ČSN EN 27888, *Jakost vod. Stanovení elektrické konduktivity*. ČNI 1996.
- [22] ČSN ISO 10523, *Jakost vod - Stanovení pH*. ČNI 2010.
- [23] ČSN EN ISO 7027, *Jakost vod - Stanovení zákalu*. ČNI 2001.
- [24] ČSN 75 7373, *Jakost vod – Výpočet forem výskytu oxidu uhličitého*. ČNI 2001.

- [25] ČSN EN ISO 9963-1, *Jakost vod. Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK). Část 1: Stanovení KNK 4,5 a KNK 8,3*. ČNI 1997.
- [26] ČSN 75 7372, *Jakost vod - Stanovení zásadové (neutralizační) kapacity (ZNK)*. ČNI 2001.
- [27] ČSN EN 1484, *Jakost vod – Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a rozpuštěného organického uhlíku (DOC)*. ČNI 1998.
- [28] ČSN EN 12260, *Jakost vod – Stanovení dusíku – Stanovení vázaného dusíku (TNb) po oxidaci na oxidy dusíku*. ČNI 2004.
- [29] Catalog Number DOC022.53.00728. *IL550 TOC-TN and IL530 TOC-TN Analysis Systems. USER MANUAL*. August 2006, Edition 2. Hach Company, 2005, 2006.
- [30] ČSN EN 6878, *Jakost vod - Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným*. ČNI 2005.
- [31] Smithsonian National Zoological Park. [online]. [citováno 20. dubna 2013]. Dostupné z <http://nationalzoo.si.edu/Animals/ReptilesAmphibians/Exhibit/Topics/water_quality.cfm>
- [32] Povodí Moravy. [online]. Z brněnské nádrže zmizelo od roku 2008 devadesát procent sinic. [citováno 9. března 2013]. Dostupné z <<http://www.moravabasin.eu/cz/media/tiskove-zpravy/z-brnenske-nadrze-zmizelo-od-roku-2008-devadesat-procent-sinic/>>
- [33] Povodí Moravy. Souhrnná zpráva o vývoji jakosti povrchových vod v povodí Moravy ve dvouletí 2010 – 2011. Brno, květen 2012. Dostupné z <<http://www.pmo.cz/download/zprava-2010-2011.pdf>>
- [34] Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). *Sbírka zákonů*. Č. 98. s.5617.
- [35] Vyhláška 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). *Sbírka zákonů*. Č. 161.
- [36] Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. *Sbírka zákonů*.
- [37] Osobní sdělení Ing. Josefa Kotlíka, CSc. Duben 2013.
- [38] WILO [online]. [citováno 20. dubna. 2013]. Dostupné z<http://productfinder.wilo.com/en/DE/productrange/0000000700034d9100020023/fc_range_description>
- [39] KOŽÍŠEK, František. KOS, Jiří. PUMANN, Petr. *Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství*. Praha. 2007.

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

WAZA	Mezinárodní asociace zoologických zahrad a akvárií
CITES	Úmluva o mezinárodním obchodu ohroženými druhy divoké flóry a fauny
IZE	Mezinárodní asociace vzdělávacích pracovníků zoologických zahrad
EAZA	Evropská asociace zoologických zahrad a akvárií
EEP	Evropský záchovný program pro ohrožené druhy
ESB	Evropská plemenná kniha
ISB	Mezinárodní plemenná kniha
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
TOC	Celkový organický uhlík
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
TN	Celkový dusík
ČNI	Český normalizační institut
KTJ	Kolonie tvořící jednotka
MH	Mezní hodnota
NMH	Nejvyšší mezní hodnota
DH	Doporučená hodnota

10. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Příloha č.5 k vyhlášce č.252/2004 Sb. [14]

Příloha č.2: Význam vybraných parametrů v rozboru pitných vod. [38]

11. PŘÍLOHY

Příloha č.1: Příloha č.5 k vyhlášce č.252/2004 Sb. [14]

Číslo	Ukazatel	Vysvětlivky
1	Escherichia coli	
2	Koliformní bakterie	
3	Clostridium perfringens	1
4	Počty kolonií při 22 °C	
5	Počty kolonií při 36 °C	
6	Pseudomonas aeruginosa	2
7	Mikroskopický obraz – abioseston	3
8	Mikroskopický obraz – počet organismů	3
9	Mikroskopický obraz – živé organismy	3
10	Amonné ionty	
11	Barva	
12	Dusičnany	
13	Dusitany	
14	Hliník	4
15	Chlor volný	5
16	Chemická spotřeba kyslíku manganistanem (nebo celkový organický uhlík)	
17	Chuť	
18	Konduktivita	
19	Mangan	6
20	Pach	
21	pH	
22	Zákal	
23	Železo	

Vysvětlivky k tabulce:

1. Stanovuje se pouze u pitných vod upravovaných přímo z vod povrchových nebo u podzemních vod ovlivněných povrchovými vodami.
2. Stanovuje se pouze u balené pitné vody.
3. Stanovuje se v případě, je-li zdrojem povrchová voda. Je-li zdrojem podzemní voda, stanovuje se pouze v případě ovlivnění podzemního zdroje povrchovou vodou a indikace pomnožování organismů v síti.
4. Stanovuje se pouze při použití vložkovacího činidla na bázi hliníku.
5. Stanovuje se pouze v případě použití prostředků obsahujících chlor. V případě využití vázaného aktivního chloru (např. ve formě chloraminů) pro dezinfekci, se stanovuje celkový aktivní chlor. Při použití jiného chemického dezinfekčního prostředku se stanoví zbytkové množství příslušné aktivní látky.
6. Stanovuje se pouze v případě, kdy je mangan z vody při úpravě odstraňován.

Příloha č.2: Význam vybraných parametrů v rozboru pitných vod [38]

Escherichia coli

Zdrojem jsou odpadní vody a fekálie člověka a teplotokrevných živočichů. Vzhledem ke své citlivosti k okolním vlivům indikuje čerstvé znečištění.

Koliformní bakterie

Jsou neškodné saprofytické bakterie osidlující střevní trakt, ale žijící běžně i v půdě. Mohou se mezi nimi vyskytnout i patogenní kmeny. Jsou považovány za indikátor účinnosti úpravy a dezinfekce vody, sekundární kontaminace či vysokého obsahu živin v upravené vodě.

Clostridium perfringens

Bakterie běžně přítomná ve střevní flóře teplotokrevných živočichů. Tvoří velmi odolné spory, které byly navrženy jako indikátor účinnosti filtrace a indikátor přítomnosti virů a prvků v upravené vodě. Slouží také jako indikátor staršího fekálního znečištění.

Enterokoky

Zdrojem jsou odpadní vody a fekálie člověka a teplotokrevných živočichů. Slouží jako indikátor fekálního znečištění vody. Jsou více odolné vlivům prostředí než *E. coli*.

Počty kolonií při 22 °C a 36 °C

Jedná se o všudypřítomné bakterie, které se za vhodných podmínek ve vodě množí. Na jejich počet má vliv mnoho faktorů jako např. doba zdržení vody v síti, její teplota a rychlost proudění, přítomnost biofilmu, přítomnost nutrientů.

Mikroskopický obraz – abioseston

Abioseston tvoří částice organického i anorganického původu, jako např. části rostlinných a živočišných tkání, částice půdy, prach, pylová zrna, prázdné schránky vodních organismů, produkty koroze.

Mikroskopický obraz – počet organismů

Mikroorganismy se do pitné vody dostávají buď ze surové vody nebo se mohou pomnožovat v rozvodné síti. Jejich přítomnost může indikovat špatnou účinnost úpravy vody nebo kontaminaci zdroje.

Mikroskopický obraz – živé organismy

Jedná se o organismy neusmrcené dezinfekčním činidlem. Indikuje špatnou účinnost dezinfekce.

Železo, mangan, hliník

Jsou přírodního původu. Zvýšené množství hliníku může být po úpravě vody s použitím hlinitých koagulantů. Mohou zhoršovat organoleptické vlastnosti vody.

Kadmium

Jeho zdrojem jsou odpadní vody z kovohutí, galvanizoven a chemického průmyslu. Způsobuje poškození ledvin.

Měď

Do vody se dostává korozí měděného potrubí, vzácně z geologického podloží. Při koncentraci nad 1 mg/l vyvolává nevolnost. Při chronickém užívání poškozuje játra, ledviny.

Olovo

Do vody se může dostávat z olověných vodovodních přípojek a domovních rozvodů. Riziko kontaminace zdrojů pitných vod průmyslovými vodami nebo průsaky ze skládek je v ČR nízké. U dětí poškozuje vyvíjející se nervovou tkáň. Narušuje metabolismus vápníku, zvyšuje krevní tlak, poškozuje ledviny.