



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE

INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

KRITÉRIA PITNÉ VODY PRO CHOV PIJAVICE LÉKAŘSKÉ

CRITERIA FOR DRINKING WATER FOR BREEDING MEDICAL LEECHES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jana Krýslová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Mgr. Renata Komendová, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1647/2020 Akademický rok: 2020/21
Ústav: Ústav fyzikální a spotřební chemie
Studentka: **Jana Krýslová**
Studijní program: Chemie a chemické technologie
Studijní obor: Chemie pro medicínské aplikace
Vedoucí práce: **doc. Mgr. Renata Komendová, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Kritéria pitné vody pro chov pijavice lékařské

Zadání bakalářské práce:

1. Vypracování literární rešerše na téma problematiky chovu pijavice lékařské, zejména z hlediska kvality používané vody.
2. Výběr ukazatelů stanovení kvality pitné vody, vzorkování a analýza vybraných parametrů.
3. Zhodnocení získaných výsledků.

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.7.2021:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Jana Krýslová
student(ka)

doc. Mgr. Renata Komendová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Miloslav Pekař, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2021

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT:

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou chovu pijavice lékařské s ohledem na kvalitu vody, v níž je chována. Zaměřuje se na porovnání jednotlivých kritérií pitné vody odebraných z různých zdrojů pitné vody (Letovice, Brno a okolí Brna). Zdroje těchto vod jsou z Víru a Březové, popřípadě jsou v určitém poměru míchány.

V jednotlivých vzorcích vod byly proměřeny vybrané ukazatele kvality pitných vod pomocí metod UV-VIS spektrometrie, plamenové fotometrie, turbidimetrie a volumetrických metod. Jako porovnávací vzorek byla vybrána kojenecká voda Rajec, zakoupená v obchodní síti.

Ze získaných dat bylo zjištěno, že hodnoty tvrdosti vody mají největší vliv na úspěšnost chovu pijavice. Je obecně známo, že příliš tvrdá voda pijavici neprospívá, a proto dochází k jejímu úhynu. U ostatních stanovovaných parametrů nebylo možné prokázat, zda mají na chov pijavice a její úhyn zásadní vliv.

ABSTRACT:

This bachelor thesis deals with the issue of breeding leeches with regard to the quality of the water in which it is bred. It focuses on the comparison of individual criteria of drinking water taken from different sources of drinking water (Letovice, Brno and the surroundings of Brno). The sources of these waters are from Vír and Březová, or they are mixed in a certain ratio.

Selected indicators of drinking water quality were measured in individual water samples using UV-VIS spectrometry, flame photometry, turbidimetry and volumetric methods. Rajec baby water, purchased from the retail network, was selected as a comparative sample.

From the obtained data it was found that the values of water hardness have the greatest influence on the success of leech breeding. It is generally known that too hard water does not benefit the leech, and therefore it dies. For the other determined parameters, it was not possible to prove whether they have a significant influence on the breeding of leeches and its death.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Pijavice lékařská, *Hirudo medicinalis*, pitná voda, limity pitné vody

KEYWORDS:

Medical leech, *Hirudo medicinalis*, drinking water, drinking water limits

KRÝSLOVÁ, Jana. *Kritéria pitné vody pro chov pijavice lékařské*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131935>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav fyzikální a spotřební chemie. Vedoucí práce Renata Komendová.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. 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.

.....

Jana Krýslová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce doc. Mgr. Renatě Komendové, PhD. Dále bych chtěla poděkovat Marii Štemberové, DiS a majiteli chovné stanice pijavic Radku Legátovi za doplňující informace k této problematice. Poděkování také patří mé rodině a přátelům za podporu.

OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Teoretická část	8
2.1	Pijavice lékařská	8
2.1.1	Využití pijavice lékařské v medicíně	9
2.1.2	Anatomie pijavice lékařské	11
2.1.3	Potrava pijavice lékařské.....	12
2.1.4	Chov pijavice lékařské	13
2.1.5	Oblasti použití pijavice lékařské	14
2.2	Pitná voda – médium pro chov pijavice lékařské	15
2.2.1	Požadavky na jakost pitné vody	16
2.3	Fyzikální a chemické ukazatele	16
2.3.1	Význam chemického, mikrobiologického a biologického rozboru pitné vody:	17
2.4	Metody analýzy vody	20
2.4.1	UV-VIS spektrometrie	20
2.4.2	Turbidimetrie.....	21
2.4.3	Stanovení pH	22
2.4.4	Konduktometrie.....	22
2.4.5	Plamenová fotometrie	23
2.4.6	Volumetrická analýza.....	23
3	Cíl práce	25
4	Experimentální část.....	26
4.1	Použité přístroje, chemikálie a pomůcky.....	26
4.2	Odběry vzorků	27
4.3	Analýza vod.....	28
4.3.1	Stanovení manganu pomocí formaldoximu	28
4.3.2	Stanovení železa pomocí 1,10-fenantrolinu	29
4.3.3	Stanovení dusičnanů 2,6-dimethylfenolem	29
4.3.4	Stanovení dusitanů kyselinou sulfanilovou.....	29
4.3.5	Stanovení amonných iontů indofenolem.....	29
4.3.6	Stanovení chloridů thiokyanatem rtuťnatým.....	29

4.3.7	Stanovení síranů turbidimetricky	30
4.3.8	Stanovení alkalických kovů emisní plamenovou spektrometrií.....	30
4.3.9	Analýza pH a vodivosti	30
4.3.10	Analýza tvrdosti vody	30
5	Výsledky a diskuze	31
6	Závěr	39
7	Seznam použitých zdrojů	40
8	Seznam použitých zkratk a symbolů	43
9	Seznam obrázků	44
10	Seznam tabulek	45

1 ÚVOD

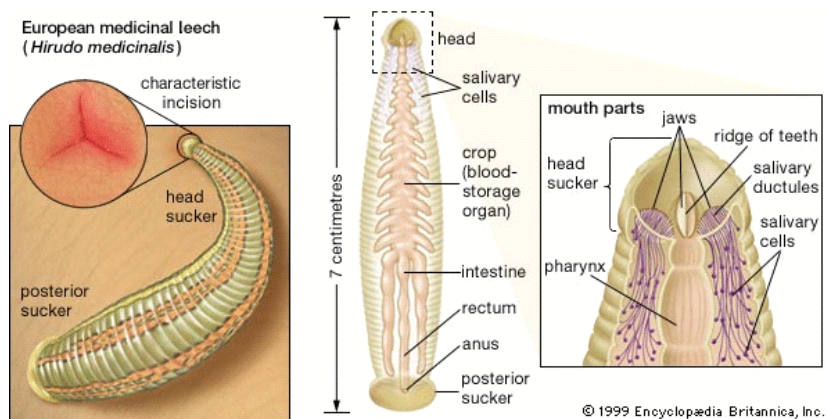
Pijavice lékařská (*Hirudo medicinalis*) se používá v alternativní medicíně a ve fyzioterapii. I přes určité komplikace má jistý potenciál uplatnit se v moderní medicíně, díky schopnosti svých látek upevňovat lidské zdraví. Pijavice lékařská se uchovává v pitné vodě, avšak zjistilo se, že nepřežije v jakékoliv pitné vodě. Některá kritéria/parametry pitné vody, která nejsou pro lidské zdraví škodlivá, mohou způsobit uhynutí tohoto jedince. Na některé prvky a sloučeniny je velice citlivá při jejich zvýšené koncentraci i v případě, že hodnota spadá pod přípustnou hodnotu v legislativě na požadavky pitné vody.

Tato práce se zabývá problematikou fyzikálně – chemických parametrů pitné vody pro chov pijavice lékařské. Cílem práce je porovnat vybrané parametry pitné vody z různých oblastí ČR, kde je tato pitná voda používána pro chov pijavice lékařské. Cílem je dále zjistit, které parametry, chemické ukazatele, jsou optimální právě pro trvale udržitelný chov tohoto kroužkovce.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Pijavice lékařská

Pijavice lékařská (*Hirudo medicinalis*) je živočich, který se řadí do kmene kroužkovci.



Obrázek 1 Anatomie pijavice lékařské [1]

Tabulka 1 Klasifikace živočicha v biologii [2]

Vědecká klasifikace	
Říše	živočichové
Kmen	kroužkovci
Třída	pijavice
Řád	<i>Arhynchobdellida</i>
Podřád	čelistnatky
Čeleď	pijavkovití
Rod	pijavka

Kroužkovci (*Annelida*) jsou oboustranní (bilaterální) živočichové [2]. Kroužkovci, též segmentovaný červ, jsou členy z kmene bezobratlých zvířat, který je charakterizován vlastnictvím tělesné dutiny (nebo coelomu), pohyblivých štětín a těla, které je rozděleno na segmenty příčnými kroužky, z nichž je odvozeno jejich jméno [3]. Kroužkovci mají zadní přísavku a stálý počet somitů (somit = primitivní segment) [4]. Tělo kroužkovců je pokryté vnější kutikulou, které se nikdy nezbavují. Epidermální mikroklky vylučují síť vláken, která jsou částečně kolagenní a obsahují skleroprotein. Kruhová svalová vrstva tvoří téměř souvislý obal kolem těla, kromě mnohoštětin s dobře vyvinutou paropodií (paropodie = nespojené segmentové prodloužení stěny těla). Pod kruhovou vrstvou leží silné podélné svaly, u mnoha

kroužkovců jsou podélné svaly přítomny ve čtyřech odlišných pásech [2]. U pijavic je coelom redukován, u štětinatců a pijavic chybí několik specializovaných forem [3]. U kroužkovců existuje 6 typů smyslových struktur. Jedná se o palpy, antény, oči, statocysty, šíjové orgány a boční orgány. Palpy a antény jsou lokalizovány na hlavě, u některých druhů jsou oba orgány smyslové, u některých jsou palpy využity ke krmení. Šíjové orgány jsou řasinkové, inervované ze zadní části mozku a jsou přítomny u všech druhů. Boční orgány jsou typem smyslové buňky, které mohou reagovat na světlo nebo na dotek. Téměř všichni kroužkovci mají dutinu naplněnou tekutinou mezi střevem a vnější stěnou těla, kterou pojmenováváme jako coelom. Coelom slouží jako úložný prostor pro gamety a funguje jako hydrostatický skelet pro pohyb. Je uspořádán jako řada oddílů, které jsou od sebe odděleny přepážkami. Díky tomuto členění může být zachována lokomoce v případě poškození kroužkovce na určitém místě. U některých kroužkovců je coelom rozdělen pouze několika septy, v tomto případě dochází k větším ztrátám coelomické tekutiny a kroužkovec může být výrazně zasažen, pijavice a mnohoštětinatci mají buď malý nebo žádný coelomický prostor [2].

Kroužkovci se vyskytují po celém světě na všech typech stanovišť, zejména v oceánech, slaných vodách a vlhkých půdách. Některé druhy mohou produkovat světlo. Pijavice, kterých je na světě asi 600 druhů, obývají sladkovodní nebo vlhké prostředí a jsou masožravé nebo parazitické na jiných organismech (např. mořské parazitují na rybách) [3].

2.1.1 Využití pijavice lékařské v medicíně

Hirudoterapie je metoda, kdy je aplikována pijavice lékařská. Jedná se o doplňkovou medicínu, která má dlouhou historii a moderní medicína se teprve nedávno zaměřila na jejich možné způsoby využití. Pijavice lékařská má největší využití ze všech pijavic, i když bylo testováno více druhů. Během 20. století se pozornost lékařů na tuto pijavici snížila, ale v současnosti opět narůstá na oblibě zejména v alternativní medicíně a fyzioterapii. Principem léčby je, že jedna nebo i více pijavic je přiloženo na tělo pacienta dle typu léčby a podle konkrétních zón při daném typu léčby. Účel je využití slin pijavice, které vylučuje během krmení [5]. Ve slinách pijavice je více jak 100 různých bioaktivních látek jako např. hirudin, saratin a látky podobné histaminu. Tyto bioaktivní látky mají několik výhodných účinků, např. analgetické, protizánětlivé, bakteriostatické a antikoagulační účinky. Nejběžnější je hirudin, látka potlačující proces srážení krve. Eliminují poruchy mikrocirkulace a obnovují poškozenou vaskulární propustnost tkání a orgánů, eliminují hypoxii, snižují krevní tlak, zvyšují imunitu, zvyšují bioenergetický stav organismu [6].

Pijavice byla kdysi testována a široce využívána nejen po plastických a mikrochirurgických operacích, ale i v dalších oblastech medicíny jako třeba při léčbě kardiovaskulárních onemocnění, trombóze hlubokých žil atd. [5].

Při krmení je pro pijavici nežádoucí jev koagulace krve, proto využívá antikoagulačních účinků ve svých slinách. Hirudin a gelin fungují jako inhibitory pro trombin a destabiláza má fibrinolytický účinek. Hirudin je typ proteinu, který se nevratně váže na trombin, tato vazba vede k spotřebě aktivního trombinu a tím dojde k antitrombinové aktivitě. Gelin je další látka a je to silný inhibitor trombinu [5].

Velká část studií *in vitro* ukázala i protirakovinné účinky látek ze slin pijavice. Vychází se z předpokladu, že koagulace souvisí s metastázemi a progresi nádoru. Zjistilo se, že extrakt

ze slin indukuje apoptózu a diferenciaci buněk a způsobují, že zastavují buněčný cyklus. Hlavní mechanismy účinku závisí na potlačení exprese onkogenních genů [5].

Pijavice dokáže detekovat člověka podle kosmetických produktů na kůži, krve, tepla, ale i oxidu uhličitého, který vydechujeme do ovzduší. V současnosti se zkoumají právě sliny od pijavice kvůli detekci konkrétních léčivých látek a sloučenin, které mohou být vyvinuty ke zvýšení antikoagulačních a štěpných vlastností krve za účelem vývoje léků pro zaměření na léčbu kardiovaskulárních onemocnění, zejména infarktu a mrtvice. V minulosti se sliny pijavice používaly k podpoření normální cirkulaci krve do poškozené nebo infikované tkáně, aby se zabránilo vzniku gangrény [6].

Pijavice získávají krev z hostitele pomocí *proboscis* (prodloužené trubicovité ústní ústrojí), který využívají k propíchnutí kůže nebo kousnutí. Toto kousnutí není bolestivé, protože pijavice uvolňuje látky podobné histaminu. Kromě toho její sliny obsahují i anestetikum, aby pacient necítil kousnutí a její sliny dále obsahují látky, které zabraňují srážení krve. Pacienti, kteří mají studenou kůži, kouří nebo jsou už ve starším věku, se mohou setkat s problémem, že pijavice se nebude chtít přisát ke svému hostiteli. Tento problém lze vyřešit zahřátím a očištěním pokožky [6].

Mechanismus útlu trombinu blokuje působení trombinu a přechod fibrinogenu na fibrin. Sekrece ze slinných žláz pijavice léčivé také blokuje připojení trombocytů, což zcela potlačuje jejich agregaci na povrchu kolagenu. Sekrece slin léčivých pijavic má tedy přímý vliv na buněčné a plazmatické faktory spojené se srážením krve. V současnosti má hirudoterapie uplatnění v chirurgii při léčbě znovu připojených končetin. V ranách se hromadí krev, která může vést ke zvýšení žilního tlaku. To může vést k tomu, že dojde k zabránění průtoku okysličené krve a zásobení rány kyslíkem a živinami. Díky snížení tlaku v krvi dojde k šetření končetin a chlopní. Díky svým látkám jsou pijavice pro tento úkon při pooperačních stavech vhodné. Po léčbě, která trvala mezi 3 až 7 dny došlo k tomu, že poškozené žíly se dostatečně zahojily a došlo k minimalizaci hromadění krve. Výsledkem je obnovení zdravé barvy kůže, obnovení žilního tlaku a urychlení hojení ran [6].

Kognitivní medicína se zaměřila na souvislost mezi doplňkovou terapií a změnami, které byly na pacientech pozorovány. V rámci doplňkové terapie došlo u pacienta k výraznému snížení bolesti [6].

V roce 1995 byl proveden výzkum u pacientů s žilními poruchami. U 8 pacientů se objevily problémy s venózní obstrukcí a vědělo se, že konvenční chirurgie ani trombolytická terapie nepomůže. U všech 8 pacientů byla provedena hirudoterapie, přičemž bylo na pacienta použito 215 pijavic a průměrná doba trvání na jednotce intenzivní péče trvala 9,6 dne [6].

Výzkumy byly provedeny i na jiných typech onemocnění např. u pacientů trpících sialoadenitidou, neboli zánět slinných žláz a u pacientech trpících osteoartrózou. U těchto výzkumů se potvrdilo zlepšení zdravotního stavu pacienta [6].

Pijavice byla zkoumána i u rozsáhlého jazykového otoku (makroglosie). Jedná se o akutní stav dýchacích cest a může dojít k tvorbě hematomu. Pokud dojde k silnému nafouknutí jazyka, nastane překrvení otok a se zhorší. Zvednutí hlavy, manuální zmenšení jazyka a podání kortikosteroidů je možné řešení. Klinický výzkum ukázal uspokojivé výsledky použití pijavice při masivním otoku jazyka. Po odpojení pijavice od pacienta zůstala malá ranka [7].

V roce 2004 byl proveden výzkum na všech plastických chirurgických jednotkách ve Velké Británii a Irské republice. Pijavice byly porovnávány oproti antibiotikům. Ve výzkumu bylo použito 6 různých typů antibiotik jednotlivě i kombinovaně. Antibiotika v tomto případě nebyla tolik účinná jako použití pijavic [8].

Velmi důležitým faktem je to, že použité pijavice by neměly být opakovaně použity. Jenevhodné aplikovat stejnou pijavici na více pacientech. Pijavice by v tomto případě mohla přenést infekci z jednoho pacienta na druhého, např. přenos hepatitidy nebo HIV [8].

Na základě zkoumání používání pijavic v různých nemocnicích, bylo vypracován doporučený postup pro zacházení s pijavicemi. Pijavice by měly být pro zvýšení výkonu uchovávané v chladném prostředí. Pokožka pacienta by měla být očištěna zahřátým heparinizovaným solným roztokem kvůli zesílení vazodilatace a odstranit z pokožky maz, jód nebo alkohol, které mohou bránit přichycení pijavice. Součástí postupu bylo i použití gázy, u které byl uprostřed vytvořený otvor, která sloužila jako bariéra a zároveň gáza bránila migraci pijavice. Pijavice se přiloží na kůži pacienta a její hlava je nasměrována na bod, kde má dojít k zakousnutí. Po připojení pijavice zůstane na svém místě a počká se na úplné roztažení, zhruba 45 minut. Důležitá je její kontrola, zda nemigruje nebo se neodpojila od pacienta dříve, protože to by mohlo vést ke komplikacím. Čerstvé a použité pijavice musí být zcela odděleny a řádně označeny. Použité pijavice se řadí do biologického odpadu, neměly by se vracet do lékárny. Pijavice je uložena do nádoby se šroubovacím víkem, kde je 70% methyalkohol a nádobka je bezpečně uzavřena. Nádoba je následně poslána na spálení [8].

2.1.2 Anatomie pijavice lékařské

Pijavice mají 34 segmentů a k prodloužení těla dochází při dělení těchto segmentů [3]. Jejich nápadným znakem jsou 2 přísavky, každá na opačném konci jejich těla a tyto přísavky slouží pro plíživost a přilnavost [5]. Přední malá přísavka má ústní otvor se 3 čelistmi a obsahuje několik zubů, zadní velká přísavka slouží k uchycení a pohybu. V případě, že pijavice nepřijímá potravu, přední přísavka slouží též k pohybu jako zadní přísavka. Tělo je zploštěné zejména na břišní straně a vyznačuje se značnou elasticitou [9]. Opasek (*clitellum*) se nachází ve střední oblasti během reprodukčního období. Vepředu jsou špatně vyvinuté oči jako spárované struktury [3].

Velikost těla se pohybuje v rozmezí od 1 do 25 cm. Pijavice jsou dravé, živí se lovením drobných živočichů nebo žijí tzv. ektoparazitickým způsobem, tzn. že pijí krev větším živočichům. Většina pijavic žije ve sladké vodě (v tropech najdeme i druhy suchozemské a existuje i pár druhů mořských) [9].

Povrch těla je pokrytý pevnou a zároveň pružnou kutikulou, kterou během svého života svlékají. V pokožce se dá najít početné množství jednobuněčných žláz, které vylučují na povrch těla hlen. Charakteristickým znakem jsou segmentální papily uložené v pokožce v pravidelných řadách. Jedná se o smyslové orgány uložené v prvním kroužku každého článku. Svalovina pijavic je mohutně vyvinutá a podílí se na redukci coelomu (coelom = pravá tělní dutina, jedná se o dutinu, která vzniká při vývoji mnohých živočichů). Nejlépe vyvinutá je svalovina přísavek [9].

Tvar trávicí soustavy je závislý na způsobu přijímání potravy. Podle toho, zda se živí krví savců, nebo se živí drobnými živočichy se liší jejich trávicí systém adaptací na daný typ stravy [9].

Dýchají celým povrchem těla. Některé druhy pijavic mají po stranách těla dýchací žábry v podobě měchýřků nebo rozvětvených přívěšků. V klidu pijavice vykonávají mírně vlnivé pohyby, díky kterým zjednodušují přísun kyslíku [9].

Pijavice jsou segmentovaní hermafroditi a k oplození je potřeby spojení dvou partnerů. Oplozená vajíčka jsou umístěna do kokonu (jedná se o vakovité ploché nebo mírně zahnuté pouzdro), který je pak následně umístěn do vlhké země [9].

2.1.3 Potrava pijavice lékařské

Pijavice se nejčastěji živí z krve savců, převážně dobytek a jiná větší zvířata, někdy i domácí zvířata jako psi a kočky. I přesto, že pijavice upřednostňuje savce, je schopná se adaptovat na jiný způsob potravy/ hostitele (např. žáby, ryby, mloci nebo vodní ptáci) [9].

Se způsobem potravy a podmínkami, ve kterých žijí, souvisí jejich hmotnost a je i odlišná doba pohlavní zralosti pijavice. Pijavice krmená v chovu má větší hmotnost než pijavice žijící v přírodě. Je i rozdíl mezi tím, zda se pijavice živí krví studenokrevného a teplotně závislého hostitele [9].

Pijavice lékařská využívá stimulů z okolního prostředí pro hledání hostitele a místa zakousnutí na hostiteli. K identifikaci využívá svých chemo-/mechanoreceptorů [9].

Čelisti pijavice jsou lesklé, pevné a strmě se zužují k jejich ostří. Počet zubů se pohybuje mezi 40–100. Jednotlivé zuby mají kónický tvar a jsou ostré a uspořádané těsně v řadě. Na boční straně každého zubu v blízkosti hrotu se nachází otvor, kterým se uvolňují sliny [9].

Hladové pijavice reagují na chemické, mechanické a teplotní podněty zahájením příjmu potravy. Teplotní stimuly samotné dovedou spustit úvodní fázi krmení pijavice. Iniciační fáze krmení (kousnutí do pokožky těla) je také evokováno chemicky [9]. Vyhovuje jim, když se mohou zakousnout do teplého hostitele a jeho krev sají rytmickými kontrakcemi [5]. Pro nasycené pijavice je typické, že nemají potřebu kousnutí a na tepelný podnět reaguje odvrácením hlavy a únikem od zdroje tepla. Při zahájení krmení se pijavice uchytí přední přísavkou k tělu hostitele a pohybem tří půlkruhovitých čelistí přehryzne do pokožky. Po kousnutí vylučuje pijavice do rány přes otvory ostří čelistí sliny, které obsahují silný antikoagulační hirudin [9].

Tělo se postupně při krmení dorzoventrálně roztahuje. Dorzoventrální pohyb je pohyb probíhající od zad/hřbetu k břichu. Podle velikosti pijavice se odvíjí množství přijaté krve pijavice [9].

Pijavice vypije poměrně malý objem krve (zhruba 15 ml), k jejímu nasycení stačí zhruba 45 minut, následně se odpojí od hostitele a nějakou dobu nebude mít potřebu dalšího krmení. V případě, že se pijavice nechce oddělit od svého hostitele, je pijavice vystavena parám alkoholu, který ji paralyzuje, nesmí být odtrhnuta od hostitele násilně, protože je svými zuby velmi pevně chycena [7].

Pijavice lékařská je velmi odolná vůči hladovění a při velmi nízkém metabolismu dokáže přežít několik měsíců bez příjmu potravy. Při vhodné příležitosti však dokáže přijmout velké množství krve. Anatomickým předpokladem pro přijetí tak velkého množství tekuté stravy je extrémně rozvinutá přední část trávicího traktu, které okupují velkou část těla a mají velmi pružnou a pevnou stěnu [9].

2.1.4 Chov pijavice lékařské

Pijavice určené pro terapeutické účely se uchovávají v čistém prostředí pitné vody a pro tento účel byly nejlépe osvědčeny čiré skleněné nádoby. Skleněné nádoby se dobře čistí a umožňují pohled dovnitř nádoby. Není doporučeno používat barevné sklo. Nejlepší varianta je použít zavařeninovou nádobu o objemu 3 až 5 litrů se širokým otvorem. Otvor musí být dostatečně široký, aby manipulace s pijavicí byla jednoduchá a pohodlná. Otvor je třeba uzavřít hustou látkou (nedoporučuje se gáza, protože pijavice je schopná se pohybovat po skle a dostat se přes několik vrstev gázy). Vhodná alternativa může být umělohmotný vršek s jemnými dírkami. Pijavice je však schopná měnit tvar těla a dokáže se dostat i přes úzký otvor. Do takto velkých nádob je možno dát maximálně 50 jedinců pijavic. Větší množství může mít za následek zhoršení zdravotního stavu a kondice pijavic. Vodu v nádobě je ideální měnit cca 4x za týden. Výška hladiny by měla být do poloviny (nebo 2/3) dané nádoby [9].

Voda, ve které se pijavice uchovává, musí splnit hygienické limity pro pitnou vodu. Není dobré používat destilovanou nebo vodu z přírodního zdroje, u které není známo a garantováno chemické složení. Vodovodní vodu lze použít po několikahodinovém odstátí (cca 12 hodin), abychom měli jistotu, že voda neobsahuje chlor (je pro pijavici stejně jako pro mnohé vodní živočichy TOXICKÝ) [9].

Nádoby s pijavicemi by se měly skladovat na dobře větraném místě. Důležité je, aby nebyly skladovány v místnosti s chemikáliemi, a to včetně dezinfekce a osvěžovačů vzduchu, s potravinami a jinými organickými materiály. Ideální teplota prostředí bez kolísání se pohybuje v rozmezí 14–21 °C. Krátkodobě lehké změny teplot pijavice snese, ale je citlivá na prudké a dlouhodobé změny teplot. Platí také, že místnost by měla být slabě osvětlená, v případě, že nebude žádné světlo, hrozí, že se pijavice přepne do režimu hibernace [9].

2.1.5 Oblasti použití pijavice lékařské

Z obrázku (Obrázek 2) můžeme vidět, že pijavice lékařská má široké uplatnění v různých oblastech medicíny.

Gynekologie	chronický zánět dělohy a výrůstků		poklesové procesy v pávni		zánět vaječníků					
	vznik nezhoubných nádorů a výrůstků		bolestivá menstruace		narušení menstruačního cyklu					
	děložní krvácení		nedokrvení v aortě fetální (AF8)		pooperační období					
	premenstruační syndrom		hyperplazie děložní sliznice		algodismenoria					
	amenoreja		neplodnost		dysfunkce vaječniku		klimakterický syndrom			
	varikózní zvětšení cév v malé pávni		cysta na vaječniku		endometrióza					
	adenomyom		virové a bakteriální onemocnění malé pánve		mastopatie					
	kapavka		zánět pochvy							
Neurologie	zánět nervů ucha		encefalopatie		migréna		radikulitida		zánět nervů	
	nitrolební hypertenze		polyneuropatie		epilepsie		vegetativní narušení			
	nespavost		závratě		neuralgie		neuróza		mozková obrna	
	bolesti temene									
Chirurgie	předoperační období		akutní zánět mléčných žláz, laktostáza		pooperační potíže					
	zánětlivá onemocnění		zlomeniny kostí		křečové žíly					
	akutní a chronický zánět žil		radikulit, ischias, lumbago		rekonstrukční chirurgie					
	chronické nehojící se rány		odřeniny, modřiny, následky traumat		mikrochirurgie					
	akutní a chronické hemoroidy a trhliny na střevech									
Nejčastější nemoci	kardialgia	alergie	hypertenze		stenokardie	srdeční nedostatečnost		dušnost		
	gastritis	cukrovka	cholesterol		chronický záněť jater, jaterní cirhóza		křečové žíly			
	chronický zápor		záněť průdušek		javové onemocnění žaludku a střev		štítná žláza - cysta			
	chronická pankreatitida									
Jiné	záněť žlučníku		zápal plic	plicní embolie		chronická bronchitida		astma		
	různé krvácení z nosu/plic/hemoroidů									
Nemoci očí	zelený zákal				Stomatologie		paradentóza		neuralgie trigeminy	
	zánětlivá onemocnění oka									
Revmatoidní choroby		revma		sklerodermie		kolagenové onemocnění				
		Revmatoidní artritida								
ORL	vazomotorický tonus, onemocnění dutiny nosu				bolesti uší		záněť nosních kostí			
Látková přeměna	obezita		DNA		náchylnost					
Urologie	onemocnění výhonků		záněty močového měchýře		adenomy prostaty					
	onemocnění prostaty		záněť ledvin, cysty							
Gastroenterologické onemocnění	cholecistit		gepatóza		záněť slinivky		zápor - odmítání			
	dyskineze žluči		žlučové kameny		akutní pankreatitida					
Pohybový aparát	post-traumatické onemocnění kostí a kloubů				mízní podlitiny po odřeninách					
	zvětšený rozsah pohybu po úrazech				natažení, vymknutí a natržení svalů a šlach					
	artróza		osteochondróza		celková regenerace		bolesti svalů/kloubů			
Kožní choroby	psoriáza	ekzémy	furunkly	jizvy	herpes	strupovitost		opar lysivý		
	dermatitidy		rezavé skvrny							
Kardiologie	kardioskleróza		hemoroidy		porucha tlustého střeva - IBS		ateoskleróza			
	hypertenze		onemocnění periferních arterií		tromboflebitida		infarkt myokardu			
	vyrovnání arteriálního tlaku		varikózní zvětšení cév							

Obrázek 2 Oblasti použití pijavice lékařské v medicíně [10]

2.2 Pitná voda – médium pro chov pijavice lékařské

Pijavice lékařská se uchovává v pitné vodě. Je nutné, aby voda splňovala určitá kritéria, protože pijavice není schopná přežít kdekoliv. Zjistilo se, že i přes dodržení postupu s pitnou vodou došlo k úhynu tohoto živočicha. Proto je třeba zjistit, co všechno může stát za úhynem tohoto živočicha.

Pitná voda patří k základním životním potřebám a je zodpovědná za správné fungování všech procesů v lidském těle. Pitná voda musí být zdravotně nezávadná, neboť přichází do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání. Vyhláška 70/2018 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu, četnost a rozsah kontroly pitné vody, pak doplňuje, že „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“ [11].

Vyhláška 70/2018 Sb. nahradila vyhlášku č. 252/2004 Sb., která více upřesňovala, že pitná voda „je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a jakost nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob“ [11].

Požadavky na pitnou vodu pro kojence a balené vody se zabývá vyhláška 275/2004 Sb. Hodnoty ukazatelů se řadí do nejvyšší mezní hodnoty (NMH), mezní hodnoty (MH) a doporučené hodnoty (DH). Mimo to by voda neměla působit agresivně na materiály rozvodného systému [11].

Za pitnou vodu se nepovažuje přírodní léčivý zdroj a přírodní minerální voda. Podle zdroje vody dělíme na podzemní a povrchové. Nej kvalitnějším zdrojem pitné vody jsou vody podzemní. Povrchové vody slouží jako doplňující zdroj k podzemním vodám, protože zásoba podzemních vod je malá. Pokud kvalita pitné vody neodpovídá hygienickým požadavkům, může způsobit různé zdravotní problémy akutního či chronického rázu. Nevhodnou kvalitu může mít jakákoliv voda, bez ohledu na to, zda se jedná o vodu z vodovodu, studny, vodu upravenou nějakým zařízením nebo o vodu balenou [11].

Jakost pitné vody nám ukazují ukazatele. Ukazatelů máme několik druhů:

- chemické,
- fyzikální,
- biologické,
- mikrobiologické
- organoleptické.

S ukazateli souvisí i mezní hodnoty, kterých je víc druhů:

- NMH = nejvyšší mezní hodnota. Jde o maximální hranici, kde voda spadá pod kategorii pitné vody. Pokud dojde k překročení NMH je voda vyřazena z kategorie pitné vody.
- MH = mezní hodnota je horní hranice přípustných hodnot. Pokud dojde k jejímu překročení, ztrácí svoji jakost, ale nepředstavuje akutní zdravotní riziko.
- DH = doporučená hodnota je minimální hranice na optimální koncentraci dané látky.

Voda ke spotřebiteli je přiváděna potrubím. V potrubí může docházet k chemickým a biochemickým procesům a tyto procesy mohou mít na kvalitu pitné vody vliv. Mohou se tvořit biofilmy na stěnách potrubí, může docházet ke korozi a k dalším procesům. Kvůli těmto procesům není voda často tak kvalitní jako v úpravně [11].

2.2.1 Požadavky na jakost pitné vody

Dříve se řešily problémy zejména s fekálním znečištěním. V současnosti hrozí převážně znečištění toxickými látkami (anorganické, organické, radionuklidy). Kvalitní pitná voda by měla obsahovat látky, které jsou prospěšné pro život. Asi čtvrtina minerálních látek, kterou člověk využije, je z vody. Voda musí být zdravotně nezávadná. I dnes řeší otázka znečištění vody, protože zárodky parazitů se můžou dostat do vody s živočišnými odpady. Hůře se určují patogenní bakterie. Proto se musíme zaměřit na konkrétní skupiny bakterií. Fekální znečištění lze poznat podle nálezu mikrobů střevního traktu, organických a anorganických látek ve vodě. V mikrobiologickém rozboru se provádí kultivace a jednotkou je KTJ = kolonie tvořící jednotku. Ukazateli jsou psychofilní bakterie, mezofilní bakterie a jako indikátor sem patří koliformní bakterie (*Escherichia coli* a enterokoky – bakterie žijící ve střevním traktu). Mezi biologické ukazatele se řadí prvoci, řasy, viřníci, mikromycety, červi atd. Urochrom, steroidy a močová kyselina patří do chemických indikátorů [11].

Fekální znečištění i po dezinfekci vody lze zjistit pomocí chemických ukazatelů. Amonný dusík se oxiduje na dusitany a dusičnany (nitrifikace). V moči je koncentrace amoniakálního dusíku 380 mg/l. Srážkové vody mohou být zdrojem amoniakálního dusíku. V případě, že v podzemních vodách najdeme stopu po tomto dusíku, může to znamenat, že voda není dostatečně zabezpečena (významně se zadržují v půdě). To stejné platí i pro fosforečnany, v moči je jejich koncentrace asi 800 mg/l. Místním ohledáním zdroje musí být vyloučen vliv splachů z polí hnojených dusíkatými a fosforečnými hnojivy [11].

U organického znečištění se provádí tato stanovení: chemická spotřeba kyslíku manganistanem (CHSK_{Mn}), celkový organický uhlík (TOC), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), trihalogenmethan (THM), polychlorované bifenyly (PCB), pesticidy, ale také stanovení organických látek (benzen, vybrané chlorované uhlovodíky atd.). Pokud dojde k překročení limitu, musí se provést podrobnější chemický rozbor. Např. CHSK_{Mn} není dostačující, proto se provádí CHSK_{Cr}, ale pro toto stanovení není přesně vymezená hranice [11].

2.3 Fyzikální a chemické ukazatele

Tyto ukazatele řadíme do třech typů. V prvním typu se nachází zdravotně významné anorganické ukazatele. Sem patří antimon, arsen, beryllium, bromičnany, dusičnany, dusitany, fluoridy, chloritany, chrom, kadmium, kyanidy, měď, nikl, olovo, rtuť, selen, stříbro. Další skupinou jsou zdravotně významné organické ukazatele. Do této skupiny se řadí 1,2-dichlorethan, benzen, chlorethen, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), trihalogenmethan (THM) atd. Posledním typem jsou ukazatele, které při přítomnosti ve zvýšeném množství negativně ovlivní jakost pitné vody. Řadíme sem amonné ionty, barvu vody, bor, hliník, hořčík, volný aktivní chlor, chloridy, pach, pH, zákal, železo atd.

Ukazatele, které jsou ve vodě žádoucí – vápenaté a hořečnaté ionty a jejich suma [11].

Za poslední desetiletí vzrostl počet mutagenních látek v pitné vodě. První zmínka o mutagenních vlastnostech pitné vody pochází z roku 1976. Pro stanovení používáme Amesův test – jsou používány kmeny bakterie *Salmonella typhimurium*, které obsahují defektní gen, který narušuje histidin. Tento gen může být transformován, pokud je přítomna mutagenní sloučenina, bakterie jsou schopny tuto aminokyselinu syntetizovat. Mutagenní látka se projeví tak, že bakterie rostou na médiu neobsahujícím histidin [11].

2.3.1 Význam chemického, mikrobiologického a biologického rozboru pitné vody:

Pitná voda je hodnocena podle různých kritérií, protože musí být zhodnocena komplexně. Místní ohledání zdroje je jedno z kritérií, je důležité kvůli možnému znečištění (kanalizace, chlěvy, hnojiště, záchody, ...), technice jímání vody, zabezpečení a jímání vody a dopravě ke spotřebiteli. Maximální pozornost by měla být věnována i jakým způsobem je vzorek vody odebírán. Dalším kritériem je mikrobiologický a biologický rozbor. Mikrobiologický rozbor určuje momentální stav vody a je velmi citlivý na fekální znečištění, nepostihuje agresivitu vody a toxické látky. Konkrétní ukazatele v mikrobiologickém rozboru viz Tabulka 2. V biologickém rozboru se zkoumají živé i mrtvé mikroorganismy (prvoci, červy aj.). Zde může nastat problém s jejich odstraněním nebo možností snadného proniknutí do vodovodního potrubí. Provádí se i chemický rozbor. Základní výsledky fekálního znečištění zjistíme rychle, protože indikátory znečištění se do podzemních vod mohou dostat rychleji než bakterie. V případě pozitivního nálezu fekálního znečištění je voda vážně znečištěna [11]. Konkrétní fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele jsou uvedeny v Tabulka 3.

Negativní nálezy potvrzují nezávadnost vody. Pokud je rozbor pozitivní, je potřeba udělat důkladnější rozbor vody. V případě, že jsou nalezeny nesrovnalosti chemického a mikrobiologického hlediska, je potřeba důkladně prošetřit testovanou vodu. Může se jednat o náhodné znečištění, které má nepodstatný význam. V tomto případě se rozbor vody po určité době opakuje [11].

Rozbor vody se dělí na krácený a úplný. Krácený rozbor má 23 ukazatelů. Zjišťují se průběžné informace o kvalitě vody a zjišťují se, zda jsou splněny hygienické limity. Různé typy vod mají různé ukazatele (např. *Clostridium perfringens* se stanovuje v pitných vodách upravovaných přímo z vod povrchových nebo podzemních, *Pseudomonas aeruginosa* se stanovuje u balené vody atd.). U úplného rozboru se testují všechny ukazatele, které najdeme v legislativě ČR, pokud orgán veřejného zdraví nestanoví jinak. Úplný rozbor se provádí i u nového zdroje, ještě před uvedením do jeho provozu jako zdroje pitné vody [11].

Tabulka 2 Seznam mikrobiologických a biologických ukazatelů [12]

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ
				limitu
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	0	MH
2	intestinální enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH
		KTJ/250 ml	0	NMH
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ (MPN)/100 ml	0	NMH
		KTJ (MPN)/250 ml	0	NMH

4	koliformní bakterie	KTJ (MPN)/100 ml	0	MH
		KTJ (MPN)/250 ml	0	MH
5	mikroskopický obraz – abioseston	%	5	MH
6	mikroskopický obraz – počet organismů	jedinci/ml	50	MH
7	mikroskopický obraz – živé organismy	jedinci/ml	0	MH
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH
		KTJ/ml	200	DH
		KTJ/ml	100	NMH
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	Bez abnormálních změn	MH
		KTJ/ml	40	DH
		KTJ/ml	20	NMH
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH

Tabulka 3 Seznam fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů [12]

č.	ukazatel	zkratka	jednotka	limit	typ limitu
11	1,2-dichlorethan		µg/l	3	NMH
12	akrylamid		µg/l	0,1	NMH
13	amonné ionty	NH ₄ ⁺	mg/l	0,5	MH
14	antimon	Sb	µg/l	5	NMH
15	arsen	As	µg/l	10	NMH
16	barva		mg/l Pt	20	MH
17	benzen		µg/l	1	NMH
18	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,01	NMH
19	beryllium	Be	µg/l	2	NMH
20	bor	B	mg/l	1	NMH
21	bromičnany	BrO ₃ ⁻	µg/l	10	NMH
22	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	5	MH
23	dusičnany	NO ₃ ⁻	mg/l	50	NMH
24	dusitany	NO ₂ ⁻	mg/l	0,5	NMH
25	epichlorhydrin		µg/l	0,1	NMH
26	fluoridy	F ⁻	mg/l	1,5	NMH
27	hliník	Al	mg/l	0,2	MH
28	hořčík	Mg	mg/l	10	MH
				20-30	DH

29	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK -Mn	mg/l	3	MH
30	chlor volný	Cl ₂	mg/l	0,3	MH
31	chlореčnany	ClO ₃ ⁻	μg/l	200	NMH
32	chlorethen (vinylchlorid)		μg/l	0,5	NMH
33	chloridy	Cl ⁻	mg/l	100	MH
34	chloritany	ClO ₂ ⁻	μg/l	200	NMH
35	chrom	Cr	μg/l	50	NMH
36	chut'			přijatelná pro odběratele	MH
37	kadmium	Cd	μg/l	5	NMH
38	konduktivita	k	mS/m	125	MH
39	kyanidy celkové	CN ⁻	mg/l	0,05	NMH
40	mangan	Mn	mg/l	0,05	MH
41	měď	Cu	μg/l	1000	NMH
42	microcystin-LR		μg/l	1	NMH
43	nikl	Ni	μg/l	20	NMH
44	olovo	Pb	μg/l	10	NMH
45	ozon	O ₃	μg/l	50	NMH
46	pach			přijatelný pro odběratele	MH
47	pesticidní látky	PL	μg/l	0,1	NMH
48	pesticidní látky celkem	PLC	μg/l	0,5	NMH
49	PH	pH		6,5-9,5	MH
50	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	μg/l	0,1	NMH
51	rtuť	Hg	μg/l	1	NMH
52	selen	Se	Hg/l	10	NMH
53	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH
54	sodík	Na	mg/l	200	MH
55	stříbro	Ag	μg/l	25	NMH
56	teplota		°C	8-12	DH
57	tetrachlorethen	PCE	μg/l	10	NMH
58	trihalomethany	THM	μg/l	100	NMH
59	trichlorethen	TCE	μg/l	10	NMH
60	trichlormethan (chloroform)		μg/l	30	NMH
61	uran	U	μg/l	15	NMH
62	vápník	Ca	mg/l	30	MH
				40-80	DH
63	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	2-3,5	DH
64	zákal		ZF (n)	5	MH
65	železo	Fe	mg/l	0,2	MH

2.4 Metody analýzy vody

Existuje několik způsobů, jak stanovit kvalitu pitné vody. V této bakalářské práci byly využity metody UV-VIS spektrometrie, turbidimetrie, plamenové fotometrie a volumetrické titrace. Z oblasti fyzikálně-chemických metod byly využity metody měření pH a konduktometrie.

2.4.1 UV-VIS spektrometrie

Spektrometrie je optická spektrální metoda v analytické chemii. Principem metody je pohlcení energie elektromagnetického záření a následné excitaci elektronů. Při pohlcení fotonu přejde molekula do excitovaného stavu s vyšší energií, po určité době dojde k deexcitaci a molekula přejde na svoji základní hladinu [13].

Při UV-VIS se pohybujeme v rozmezí vlnových délek od 200 do 900 nm. Jedná se o metodu kvalitativní i kvantitativní. Pomocí absorbance a změřené vlnové délky lze změřit kvalitu, podle míry absorpce kvantitu [14].

Molekulová absorpční spektrofotometrie je založena na principu pohlcení záření s přechodem elektronu mezi dvěma nebo i více energetickými hladinami v molekule. Molekula v excitovaném stavu přejde zpět do základního stavu bez radiace. V některých případech dojde k fluorescenci nebo fosforescenci. K tomuto jevu dojde při emitaci záření o nižší energii a tento děj nastává při přechodu elektronu ze singletové vzbuzené hladiny nebo tripletové hladiny [15]. Absorbance je definována jako záporný logaritmus transmitance T a transmitance je definována jako podíl prošlého zářivého toku I vůči dopadajícímu zářivému toku I_0 .

$$A = -\log T = -\log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Základní výpočet ve spektrometrii je Lambert-Beerův zákon:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad (2)$$

kde ε je molární extinkční koeficient, který je pro každou látku tabelovaný, c je koncentrace vzorku a l optická dráha kyvety, obvykle 1 cm.

Schéma měření popisuje obrázek (Obrázek 3). Existuje několik zdrojů záření. Lze použít wolframovou žárovku, halogenovou žárovku, deuteriovou nebo vodíkovou výbojku.

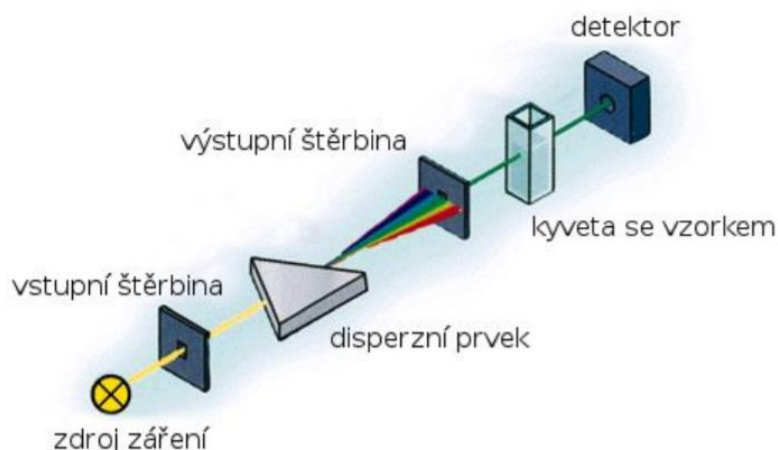
Monochromátor slouží pro výběr konkrétní vlnové délky měření. Monochromátor se skládá ze 4 částí. Nejprve je vstupní štěrbinu. Paprsek projde štěrbinou a dopadne na čočku nebo zrcadlo a tvoří rovnoběžný paprsek. Paprsek dále pokračuje na disperzní prvek. Disperzním prvkem může být mřížka nebo hranol. Hranol se používá pro rozklad záření na základě různého indexu lomu o různých vlnových délkách. Mřížka se používá k difrakci (ohybu) záření a interferenci odražených paprsků. Za disperzním prvkem se nachází fokusující prvek na výstupní štěrbinu, jedná se opět o zrcadlo nebo čočku. A jako poslední část je výstupní štěrbinu. Výstupní paprsek prochází pak vzorkem a do detektoru [14].

K detekci můžeme použít různé detektory. Jedná se o fotonásobič, fotodiodu nebo DAD detektor (DAD = diode array detector = detektor diodového pole). Fotonásobič má dobrý poměr signál/šum, hodí se pro nízké intenzity světla díky jeho vysoké citlivosti, ale je citlivý na nárazy.

Fotodioda má široký lineární rozsah, při vyšších intenzitách má dobrý poměr signál/šum, je kompaktní a odolná [14].

Fotonásobič má fotocitlivou katodu. Principem fotonásobiče je vyražení elektronů z katody, který směřuje k anodě. Napětí mezi diodami je obvykle kolem 90 V [14].

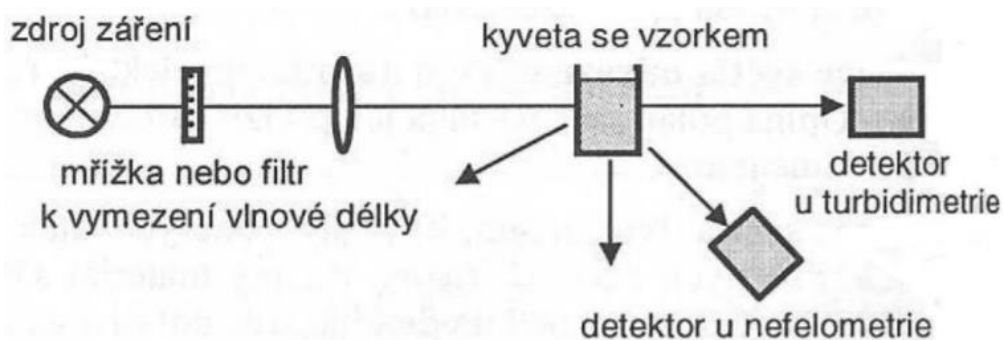
Výběr vhodné kyvety je jedním z důležitých kroků pro měření. Plastové a skleněné kyvety nejsou vhodně pro měření v UV oblasti, pouze pro viditelné části spektra. Plast i sklo pohlcuje UV světlo. Proto se v UV oblasti používají křemenné kyvety [13].



Obrázek 3 Schéma měření v UV-VIS spektrometrii

2.4.2 Turbidimetrie

Turbidimetrie se řadí do optických nespektrálních metod v analytické chemii. Nespektrální znamená, že výstupem není spektrum. Je zde interakce hmoty se zářením, ale nevyměňuje se energie mezi hmotou a zářením, ale dochází zde ke změně fyzikálních vlastností (např. změna polarizace, změna rychlosti záření). K turbidimetrii se řadí i nefelometrie. Obě metody jsou založené na principu rozptylu světla u zakalených roztoků (např. sraženiny, koloidní roztoky). Obě metody fungují na principu Tyndallova jevu. Tyndallův jev je stav, kdy dochází k rozptylu světla na částicích rozptýlených v tekutině a je zviditelněn v podobě světelného kužele. Rozdíl mezi metodami je ten, že u turbidimetrie se měří intenzita záření prošlého vzorkem, u nefelometrie se měří intenzita záření rozptýleného částicemi a měří se kolmo na původní směr záření. Obě metody slouží k určování koncentrací látek, turbidimetrie se využívá pro vzorky s velkou koncentrací suspendovaných látek. Tvar a velikost částic mají vliv na rozptyl světla [16].



Obrázek 4 Schéma měření turbidimetrie a nefelometrie [17]

2.4.3 Stanovení pH

Hodnota pH umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých látek ve vodách a je jedním z parametrů k posouzení agresivity vody. Hodnota pH se dá měřit u všech typů vod a je klíčovým faktorem pro další posouzení vlastností zkoumané vody. Hodnotu pH lze zjistit různými metodami, nejjednodušší je použití pH papírků a metoda kolorimetrie (barevné indikátory) a nejpřesnější výsledky poskytují elektrometrické metody. Nejčastěji je pro určení hodnoty využita potenciometrie [18].

V praxi jsou v potenciometrii nejčastěji využívány membránové elektrody. Tyto elektrody tvoří iontově selektivní membránu, vnitřního elektrolytu a vnitřní referentní elektrody nebo iontově selektivní membrány a pevného kontaktu tzv. solid-state elektrody. Referentní elektroda má konstantní potenciál a její hodnotu lze zjistit z tabulek [19].

Skleněná elektroda patří mezi membránové elektrody a tento typ je v praxi nejvíce využíván. Hlavní částí elektrody je membrána, na které vzniká potenciál úměrný aktivitě iontů. Na membráně se tvoří Donnanův membránový potenciál. Tyto elektrody poskytují dobře reprodukovatelné výsledky. Skleněná elektroda obsahuje jako referentní elektrodu argentochloridovou, která je ponořena do roztoku KCl. Potenciál elektrody vzniká mezi vodíkovými ionty obsaženými v roztoku a sodíkovými ionty, které jsou na povrchu skla [14]. V praxi se nejčastěji používá kombinovaná skleněná elektroda.

Nejčastější výpočet pro určování potenciálů je Nernst-Petersonova rovnice:

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{red}}{a_{ox}} \quad (3)$$

Kde E^0 je standardní elektrodový potenciál, R je univerzální plynová konstanta ($8,314 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$), z je počet vyměňovaných elektronů, F je Faradayova konstanta (96485 C/mol), a je aktivita redukované/oxidované formy, T je teplota v Kelvinech.

2.4.4 Konduktometrie

Konduktometrie je analytická metoda, která slouží k měření vodivosti roztoků. Konduktivita se v rozboru pitné vody stanovuje běžně. Používá se k určení čistoty destilované vody, k odhadu koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace vody. Konduktivita je závislá na koncentraci iontů, náboji iontů, pohyblivosti a na teplotě. Temperování vzorku zde má velký význam, protože při změně teploty o $1 \text{ }^\circ\text{C}$ se změní konduktivita nejméně o 2 %. Vodivost G je převrácenou hodnotou odporu a jednotka vodivosti je převrácenou hodnotou jednotky odporu.

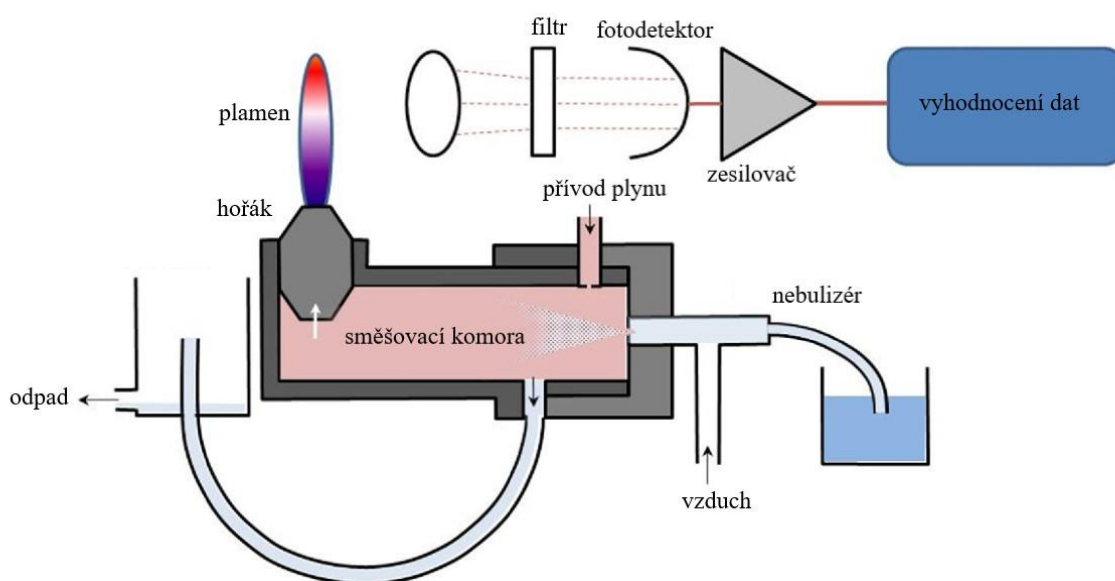
$$G = \frac{1}{R} \quad (4)$$

Velikost vodivosti je ovlivněna i vlastnostmi vodiče, např. průřez plochy kolmé na dráhu vedení proudu S , Konduktivitou κ a délkou mezi elektrodami l .

$$G = \kappa \cdot \frac{S}{l} \quad (5)$$

2.4.5 Plamenová fotometrie

Plamenová fotometrie se řadí mezi emisní spektrální metody. Tato metoda slouží nejčastěji ke stanovení alkalických kovů a kovů alkalických zemin, hlavně Na^+ , K^+ , Li^+ , ale taky Ca^{2+} , Mg^{2+} . Optický spektrometr se skládá ze tří základních částí: budící zdroj, monochromátor a detektor. Vzorek je do plamene dopraven ve formě aerosolu. Nejčastěji jde o plamen acetylen-oxid dusný nebo acetylen-vzduch, popřípadě směs zemní plyn-vzduch. V plameni dojde k vysušení rozpouštědla a dojde k atomizaci, excitaci a následně deexcitaci vzorku, při kterém se vyžáří foton a ten putuje dál do monochromátoru a poté do detektoru. Zaznamenává se intenzita záření [20]. Tato intenzita je v oblasti linearitní kalibrační závislosti přímo úměrná koncentraci analytu v analyzovaném roztoku. Vlnová délka emitovaného záření je charakteristická pro každý prvek.



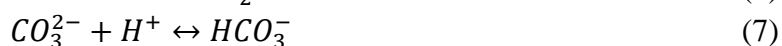
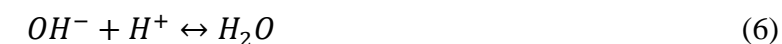
Obrázek 5 Detail instrumentace plamenového fotometru [21]

2.4.6 Volumetrická analýza

Ke stanovení neutralizačních kapacit a stanovení tvrdosti vody se využívá titračních metod. U stanovení alkality se využívá titrace HCl na směsný indikátor, který má barevnou změnu z modré do světle žluté barvy [22]. Směsný indikátor je směs indikátoru a inertního barviva. Směsný indikátor je kombinace bromkresolová zeleň a methylová červeně [23].

Neutralizační kapacita (NK) je látkové množství silné jednosytné kyseliny/zásady v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení určité hodnoty pH. Podle zvyšování nebo snižování hodnoty pH se rozlišuje kyselinová a zásadová neutralizační kapacita. Hodnota pH se označuje pomocí indexu u zkratky na $\text{KNK}_{4,5}$ a $\text{KNK}_{8,3}$. KNK se stanovuje v pitných, přírodních i užitkových vodách a stanovují se volumetrickou metodou [23].

Rovnice stanovení KNK :



3 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zpracování rešerše na téma pijavice lékařská, její původ a možné uplatnění v medicíně jak v minulosti, tak i v dnešní moderní době a podmínky pitné vody jako médium, ve kterém žijí. Experimentální část je věnována rozboru pitné vody ze dvou měst, Brno a Letovice. Tyto dvě města byly vybrány záměrně. V Brně docházelo k úhynu pijavic i přes dodržení postupů ohledně chovu a péči o pijavice, naopak v Letovicích problém s úhynem nebyl. Letovice mají pouze jeden zdroj pitné vody, Brno má dva zdroje pitné vody, a to z Březové a z Víru. Cílem této bakalářské práce je změřit vybrané parametry (ukazatele) kvality pitných vod a vzájemně je porovnat. Z naměřených hodnot pak vyvodit závěry a zjistit, s ohledem na výsledky analýz, v jakých parametrech je rozdíl mezi jednotlivými vzorky vod a které jsou použitelné a vhodné pro chov pijavice lékařské.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Použité přístroje, chemikálie a pomůcky

Přístroje a pomůcky

Spektrofotometr Spectroquant® NOVA 60 (Merck)

Plamenový fotometr PFP7 (Jenway)

pH Testr 20 (Oakton)

Konduktometr EC Testr 11+ multirange (Oakton)

Sušárna (Memmert)

Zkumavky s víčkem, pipety, mikropipety, spektrofotometr, kyvety, laboratorní sklo pro volumetrii.

Chemikálie (Merck)

HCl, Chelaton 3, NH₄OH, NaCl, KCl, NH₄Cl, indikátory, (vše čistota p.a.).

Sady mobilní analytiky pro stanovení vybraných ukazatelů (Merck)

- Stanovení amonných iontů (1.14752.0001), rozsah 0,05-3,00 mg/l NH₄⁺-N
- Stanovení dusičnanů (1.14773.0001), rozsah 0,5-20,0 mg/l NO₃⁻-N
- Stanovení dusitanů (1.14776.0001), rozsah 0,02-1,00 mg/l NO₂⁻-N
- Stanovení síranů (1.02357.0001), rozsah 5-300 mg/l SO₄²⁻
- Stanovení chloridů (1.14897.0001), rozsah 2,5-25 mg/l Cl⁻
- Stanovení manganu (1.14770.0001), rozsah 0,50-10,00 mg/l Mn
- Stanovení železa (1.00796.0001), rozsah 0,10-5,00 mg/l Fe

Příprava roztoků použitých ve volumetrii [23]

Odměrný roztok HCl o koncentraci 0,1 mol/l = 8,6 ml koncentrované HCl je doplněn destilovanou vodou na objem 1 l.

Chelaton 3 o koncentraci 0,05 mol/l = 18,6 g Chelatonu 3 je rozpuštěno v destilované vodě a poté doplněn na 1 l.

Tlumivý roztok = tlumivý roztok se připraví smícháním 54,0 g NH₄Cl v 630 ml vody a roztoku 350 ml koncentrovaného amoniaku.

Směsný indikátor = 0,2 g bromkresolové zeleně je rozpuštěn ve 100 ml ethanolu (96 %), následně je přidáno 0,015 g methylové červeně. Indikátor je uchován v tmavé lahvi.

Eriochromová čern T = 0,5 g erichromové černi T je přidán ke 100 g NaCl a směs je důkladně rozetřena v třecí misce.

4.2 Odběry vzorků

Pro analýzu bylo odebráno celkem 6 vzorků vod. Brno má dva vodovody, proto jsme odebrali vodu ze třech různých míst. Protože v jednom místě dochází k mísení březovského a vírského vodovodu a k měření bylo potřeba i samostatný zdroj, bylo rozhodnuto, že pro Brno budou odebrány tři vody z různých míst. Jednotlivé vzorky a jejich označení číslem jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4 Odebrané vzorky a jejich označení

Místo odběru	číslo vzorku	datum odběru
Brno - laboratoř	1	25.04.2021
Letovice 1	2	25.05.2021
Letovice 2	3	21.05.2021
Kojenecká	4	25.05.2021
Brno - směs	5	25.05.2021
Brno - Vír - studna	6	16.06.2021

Následující obrázek (Obrázek 7) znázorňuje jednotlivé vodovody přivádějící pitnou vodu do Brna a okolní města. Letovice mají vodovod označené červenou křivkou.

Jednotlivé vody byly odebrány do plastových vzorkovnic z vodovodního kohoutku v jednotlivých místech. Výjimku tvoří kojenecká voda, která byla zakoupena v obchodní síti. V tabulce (Tabulka 5) jsou zjištěné informace ohledně vybrané kojenecké vody. Na obalu byl uveden i datum rozboru, který byl proveden dne 10. 3. 2021. Rozbor provedl Ingeo-Envilab s.r.o., Žilina, Slovenská republika [25].

Tabulka 5 Informace uvedené na obalu kojenecké vody značky Rajec

Zdroj	Rajecká Lesná, Slovensko
Ca ²⁺ [mg/l]	88,6
Mg ²⁺ [mg/l]	17,8
Na ⁺ [mg/l]	3,1
K ⁺ [mg/l]	1,0
NH ₄ ⁺ [mg/l]	<0,02
SO ₄ ²⁻ [mg/l]	16,0
NO ₃ ⁻ [mg/l]	4,18
NO ₂ ⁻ [mg/l]	<0,01
Cl ⁻ [mg/l]	4,96

Všechny odebrané vzorky byly před měřením uchovány ve tmě, v lednici při teplotě 5 °C.



Obrázek 7 Mapa znázornění jednotlivých vodovodů pitné vody pro Brno [26]

4.3 Analýza vod

4.3.1 Stanovení manganu pomocí formaldoximu

Stanovení odpovídá normě ČSN ISO 6333 (757447) [27] a reakce probíhá v alkalickém prostředí za vzniku oranžově červeného komplexu manganu a formaldoximu. S ohledem na oxidaci vzdušným kyslíkem se stanovuje celkový Mn. Stanovení se měří do koncentrace 5 mg/l Mn. Toto stanovení ruší Fe^{2+} , Co, PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} a zákal vzorku. Vzorek se měří při vlnové délce 450 nm [23].

4.3.2 Stanovení železa pomocí 1,10-fenantrolinu

Stanovení probíhá v prostředí HCl a peroxodisíranu draselného, dochází ke vzniku Fe(III), následnou redukcí hydroxylaminhydrochloridem vznikne Fe(II). V nadbytku 1,10-fenantrolinu vzniká červenooranžový komplex. Komplex je nejstabilnější při hodnotě pH 3 až 4. Stanovení ruší silná oxidační činidla, CN^- , NO_2^- , polyfosforečnany a kovy. Vzorek se měří při vlnové délce 510 nm [23].

4.3.3 Stanovení dusičnanů 2,6-dimethylfenolem

Dusičnany jsou v primárním případě pro člověka nezávadné, v sekundárním případě mohou působit toxicky. Proto je koncentrace dusičnanů limitována. Pro stanovení dusičnanů rozdělujeme metody do dvou skupin. Jedna skupina jsou přímé metody stanovení, při kterém se využívá prostředí HNO_3 . Druhá skupina jsou nepřímé metody stanovení, kde dochází k redukci na dusitany nebo na amoniakální dusík. Při tomto stanovení je prostředí koncentrované H_2SO_4 a H_3PO_4 a vzniká cihlově červené zbarvení. Stanovení ruší dusitany a chloridy. Stanovení se měří při vlnové délce 324 nm [23].

4.3.4 Stanovení dusitanů kyselinou sulfanilovou

Metoda je založená na principu diazotace. Diazotace probíhá v prostředí H_3PO_4 a HNO_2 , nastane kopulace za vzniku červeného azobarviva. Intenzita barvy je přímo úměrná koncentraci dusitanů ve vzorku. Stanovení mohou rušit nerozpuštěné látky, barva, zákal, silná oxidační nebo redukční činidla, trichloramin, chlor a Fe(III). Při stanovení je použita vlnová délka 540 nm [23].

4.3.5 Stanovení amonných iontů indofenolem

Při tomto stanovení je nutno zohlednit, že ve vzorku je dusík ve formě iontu (NH_4^+) i jako nedisociovaný NH_3 . Podíl obou forem dusíku je závislý na pH a na teplotě. Zvýšená hodnota amonných iontů může naznačovat negativní vliv na jakost vody. Amoniak reaguje s chlornanem a salicylanem za vzniku sloučeniny indofenolového typu. V alkalickém prostředí vznikne modré indofenolové barvivo a následuje katalýza nitroprusidem sodným. Kationty, zejména Ca a Mg, mohou rušit stanovení. Stanovení se měří při vlnové délce 655 nm [23].

4.3.6 Stanovení chloridů thiokyanatem rtuťnatým

Při tomto stanovení vznikne málo disociovaný chlorid rtuťnatý. Uvolněné thiokyanatany reagují s Fe^{2+} a vznikne červený komplex. Intenzita barvy je přímo úměrná koncentraci chloridů ve vzorku. Bromidy, vyšší koncentrace fluoridů, sírany a fosforečnany mohou rušit stanovení. Vzorek se měří při vlnové délce 460 nm [23].

4.3.7 Stanovení síranů turbidimetricky

Při stanovení síranů pomocí turbidimetrie jsou sírany nejčastěji vysráženy ve formě BaSO_4 . Koncentrace železa nad 50 mg/l, chromany, vyšší koncentrace alkalických kovů a nízká hodnota pH mohou rušit stanovení. Vzorek se měří při vlnové délce 860 nm [23].

4.3.8 Stanovení alkalických kovů emisní plamenovou spektrometrií

Roztok vzorku byl nasáván do plamene vzduch-zemní plyn. Před samotným stanovením odebraných vzorků byl nastaven přístroj samostatně pro měření sodných a draselných iontů. Nastavení plamenového fotometru zahrnuje nastavení intenzity plamene, nastavení průtoku, ideální průtok je 2 až 6 ml/min a nastavení nulové hodnoty pomocí standardu. V případě měření sodných iontů byl jako standard použit NaCl, u draselných iontů KCl. Po kalibraci přístroje byly třikrát změřeny jednotlivé vzorky vod [23].

4.3.9 Analýza pH a vodivosti

Pro změření pH byl použit pH metr pro změření vodivosti byl použit konduktometr. Po ustálení byla zapsána daná hodnota na požadovaném metru. Analýza byla provedena 3x pro každý vzorek vody.

4.3.10 Analýza tvrdosti vody

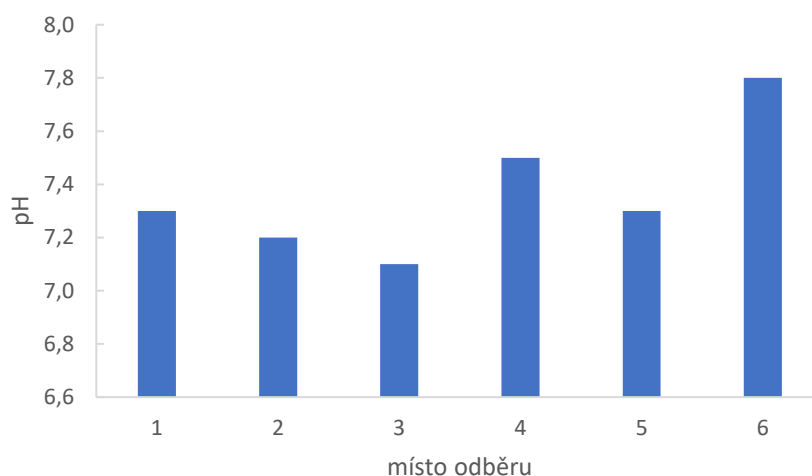
Pro stanovení tvrdosti vody se provedla kombinovaná titrace. V první fázi bylo provedeno stanovení celkové alkality vody. Na stanovení alkality bylo odpipetováno 100 ml vzorku a ke vzorku byly přidány tři kapky směsného indikátoru. Vzorek byl titrován odměrným roztokem HCl o koncentraci 0,1 mol/l do bodu ekvivalence a barevného přechodu indikátoru z modré do žlutozelené barvy. Následně byla provedena chelatometrická titrace. Do ztitrovaného roztoku bylo přidáno 10 ml amoniakálního pufru, následně byl přidán indikátor erio čern T (modrofialová barva) a vzorek byl titrován odměrným roztokem chelatonu 3 o koncentraci 0,05 mol/l. Vzorek byl titrován do barevného přechodu indikátoru z modrofialové barvy do modré [23].

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

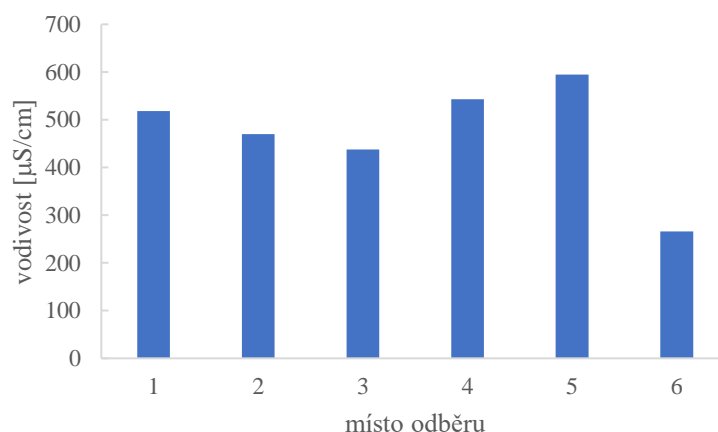
Hodnoty pH u všech vod se pohybují v neutrální oblasti od hodnoty 7 do hodnoty 8, viz Tabulka 6. Z grafu (Obrázek 8) lze vidět, že největší pH má voda Brno – Vír. Kojenecká voda má druhé nejvyšší pH oproti ostatním. U hodnot vodivosti jsou hodnoty podobné a pohybují se v rozmezí od 400 do 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Téměř všechny vzorky mají podobnou vodivost, výjimku tvoří voda Brno – Vír, která má oproti ostatním nejnižší hodnotu vodivosti.

Tabulka 6 hodnoty pH, vodivosti a teploty pro dané vody

číslo vzorku	pH	vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	T [$^{\circ}\text{C}$]
1	7,30	518	21,4
2	7,20	470	20,7
3	7,10	438	19,8
4	7,50	543	20,3
5	7,30	595	20,5
6	7,80	266	18,4



Obrázek 8 hodnoty pH pro každý vzorek vody

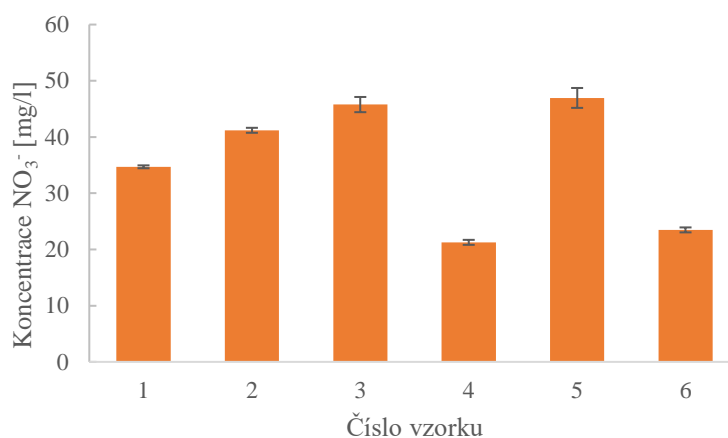


Obrázek 9 hodnoty vodivosti pro jednotlivé vody

Koncentrace dusičnanů byly stanoveny u všech pěti odebraných vod vyšší oproti kojenecké vodě. Lehce zvýšenou koncentraci má vzorek vody Brno – Vír, ostatní vzorky mají výrazně vyšší koncentraci.

Tabulka 7 hodnoty dusičnanů ve vodě

číslo vzorku	měření			přepoččet			průměr [mg/l]	chyba měření
	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]		
1	7,8	7,9	7,8	34,5	35,0	34,5	34,7	0,3
2	9,2	9,4	9,3	40,7	41,6	41,2	41,2	0,4
3	10,0	10,6	10,4	44,3	47,0	46,1	46,0	1,0
4	4,7	4,9	4,8	20,8	21,7	21,3	21,3	0,4
5	10,2	11,0	10,6	45,2	48,7	47,0	47,0	2,0
6	5,3	5,4	5,2	23,5	23,9	23,0	23,5	0,4

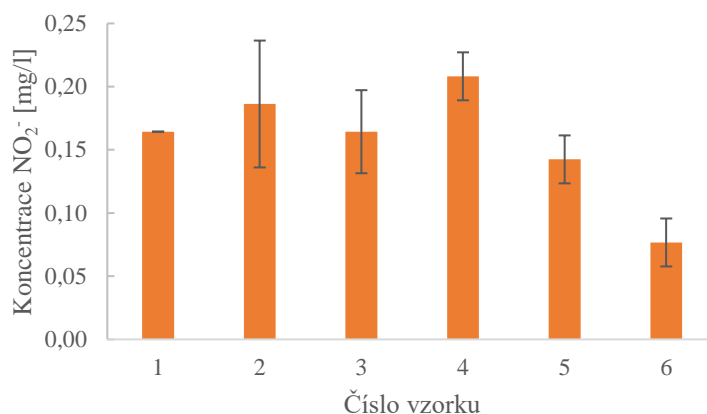


Obrázek 10 Koncentrace dusičnanů ve vodě

Kojenecká voda má největší koncentraci dusitanů oproti všem ostatním, splňuje ale samozřejmě legislativou daný limit obsahu dusičnanů pro balené kojenecké vody. Ostatní vzorky mají nižší koncentraci. Z grafu lze vidět, že nejmenší koncentraci má opět Brno – Vír.

Tabulka 8 Koncentrace dusitanů ve vodě

číslo vzorku	měření			přepočet			průměr [mg/l]	chyba měření
	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]		
1	0,05	0,05	0,05	0,16	0,16	0,16	0,16	0
2	0,04	0,06	0,07	0,13	0,20	0,23	0,19	0,05
3	0,06	0,05	0,04	0,20	0,16	0,13	0,16	0,03
4	0,07	0,06	0,06	0,23	0,20	0,20	0,21	0,02
5	0,04	0,04	0,05	0,13	0,13	0,16	0,14	0,02
6	0,02	0,02	0,03	0,07	0,07	0,10	0,08	0,02



Obrázek 11 Koncentrace dusitanů ve vodě

Koncentrace amonných iontů u všech vod vyšla pod limitem detekce použité metody stanovení. Tuto skutečnost potvrzuje tabulka (Tabulka 9). Koncentrace je tak nízká, že zde lze vyloučit možnost úhynu pijavic v závislosti na koncentraci amonných iontů ve vodě.

Tabulka 9 Koncentrace amonných iontů ve vodě

číslo vzorku	měření		
	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]
1	<0,05	<0,05	<0,05
2	<0,05	<0,05	<0,05
3	0,01	0,01	0,01
4	<0,05	0,00	0,01
5	<0,05	<0,05	<0,05
6	<0,05	0,00	0

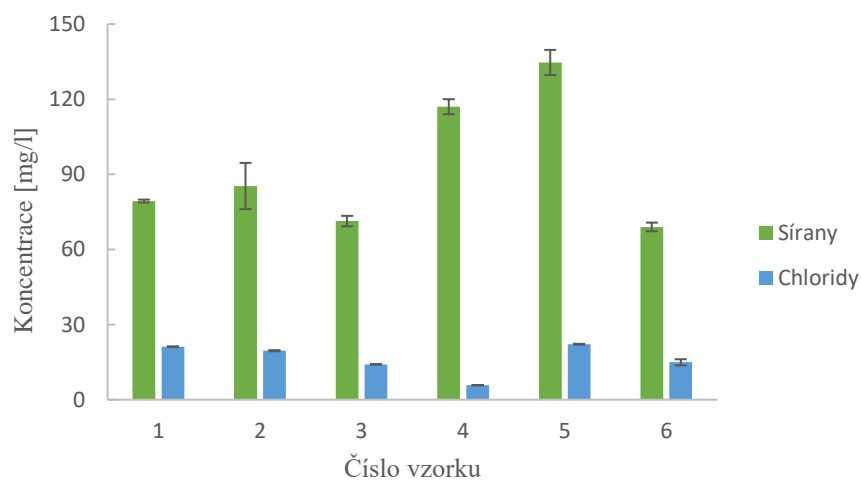
Nejvyšší koncentraci síranů i chloridů má vzorek č. 5 (Brno-směs), nejnižší koncentraci síranů má vzorek č. 6 (Brno-Vír) a nejnižší koncentraci chloridů má vzorek č. 4 (Kojenecká voda). Jednotlivé hodnoty u obou stanovení viz Tabulka 10 a Tabulka 11, celkové porovnání jednotlivých hodnot viz Obrázek 12.

Tabulka 10 hodnoty síranů v pitné vodě

	měření				
číslo vzorku	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	průměr [mg/l]	chyba měření
1	79,0	80,0	79,0	79,3	0,6
2	80,0	96,0	80,0	85,3	9,0
3	69,0	73,0	72,0	71,3	2,0
4	114,0	120,0	117,0	117,0	3,0
5	195,0	134,0	92,0	140,3	52,0
6	70,0	70,0	67,0	69,0	2,0

Tabulka 11 Koncentrace chloridů ve vodě

	měření				
číslo vzorku	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	průměr [mg/l]	chyba měření
1	21,3	21,2	21,0	21,2	0,2
2	19,8	19,4	19,5	19,6	0,2
3	14,2	14,2	14,0	14,1	0,1
4	5,8	5,8	5,8	5,8	0
5	22,2	22,3	22,0	22,2	0,2
6	13,9	16,3	14,6	14,9	1,2



Obrázek 12 Koncentrace síranů a chloridů ve vodě

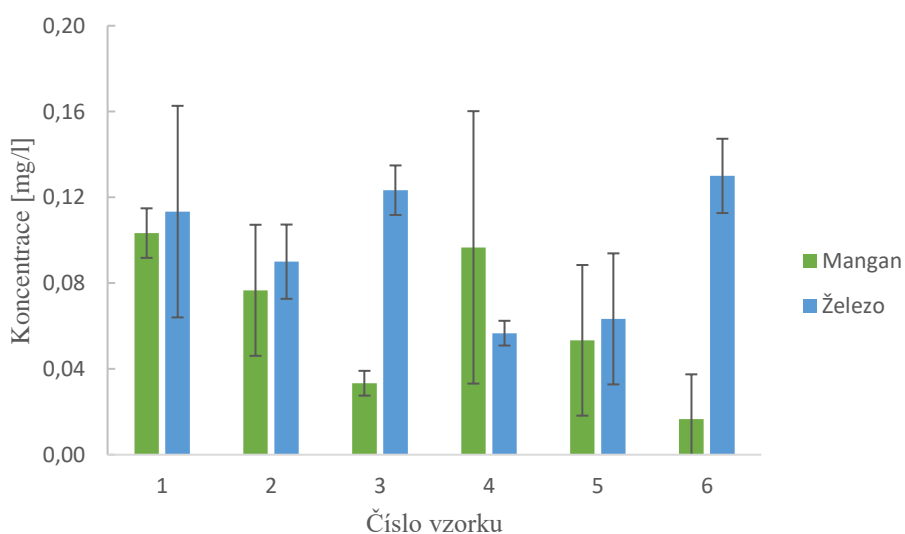
Nejvyšší hodnotu koncentrace manganu má vzorek č. 1 (Brno-laboratoř), nejnižší hodnotu koncentrace manganu má vzorek č. 6 (Brno-Vír). Naopak vzorek č. 6 má nejvyšší koncentraci železa a nejnižší hodnotu koncentrace má vzorek č. 4 (Kojenecká voda). Jednotlivé hodnoty z měření jsou uvedeny v tabulkách Tabulka 12 a Tabulka 13, grafické znázornění viz Obrázek 13.

Tabulka 12 Koncentrace manganu ve vodě

	měření				
číslo vzorku	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	průměr [mg/l]	chyba měření
1	0,09	0,11	0,11	0,10	0,01
2	0,11	0,07	0,05	0,08	0,03
3	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01
4	0,17	0,06	0,06	0,10	0,06
5	0,09	0,05	0,02	0,05	0,04
6	0,04	0,00	0,01	0,02	0,02

Tabulka 13 Koncentrace železa ve vodě

	měření				
číslo vzorku	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]	průměr [mg/l]	chyba měření
1	0,09	0,08	0,17	0,11	0,05
2	0,08	0,11	0,08	0,09	0,02
3	0,13	0,13	0,11	0,12	0,01
4	0,06	0,05	0,06	0,06	0,01
5	0,07	0,03	0,09	0,06	0,03
6	0,14	0,11	0,14	0,13	0,02



Obrázek 13 Koncentrace manganu a železa ve vodě

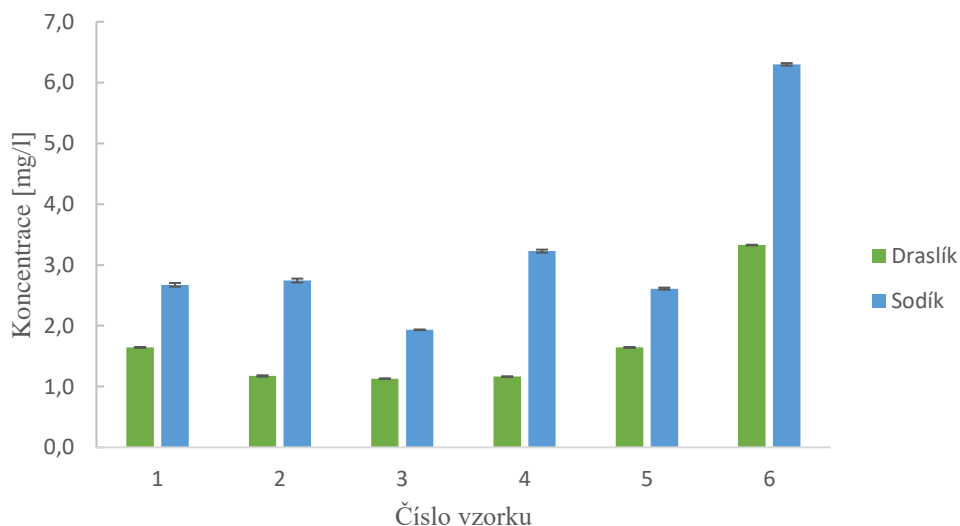
Nejvyšší hodnoty koncentrace draslíku a sodíku má vzorek č. 6 (Brno-Vír), naopak nejnižší hodnoty koncentrace obou iontů má vzorek č. 3 (Letovice 2). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách Tabulka 14 a Tabulka 15, grafické znázornění obou iontů ve všech vzorcích viz Obrázek 14.

Tabulka 14 Koncentrace draslíku ve vodě

číslo vzorku	měření			průměr [mg/l]	chyba měření
	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]		
1	1,64	1,64	1,65	1,64	0,01
2	1,16	1,18	1,18	1,17	0,01
3	1,13	1,13	1,13	1,13	0
4	1,16	1,16	1,17	1,16	0,01
5	1,64	1,64	1,65	1,64	0,01
6	3,33	3,32	3,33	3,33	0,01

Tabulka 15 Koncentrace sodíku ve vodě

číslo vzorku	měření			průměr [mg/l]	chyba měření
	1 [mg/l]	2 [mg/l]	3 [mg/l]		
1	2,70	2,68	2,64	2,67	0,03
2	2,73	2,72	2,78	2,74	0,03
3	1,93	1,93	1,94	1,93	0,01
4	3,25	3,20	3,23	3,23	0,03
5	2,60	2,60	2,63	2,61	0,02
6	6,28	6,32	6,30	6,30	0,02

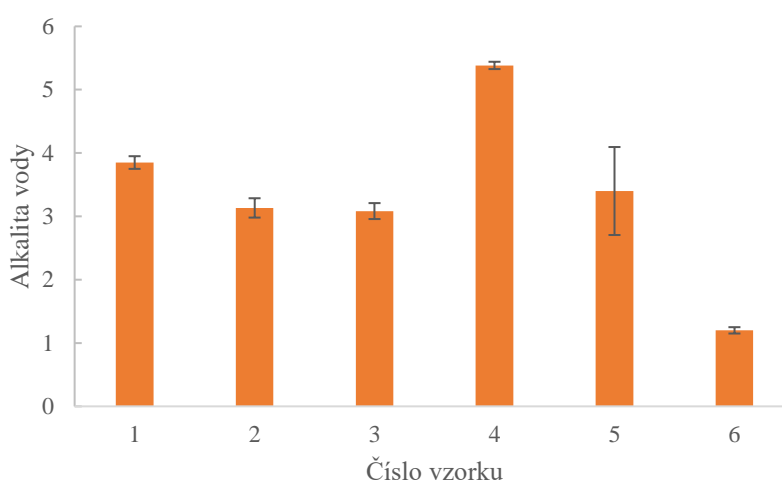


Obrázek 14 Koncentrace draslíku a sodíku ve vodě

Největší alkalitu vody vykazuje vzorek č. 4 (Kojenecká voda), nejnižší alkalitu vykazuje vzorek č. 6 (Brno-Vír). Naměřené hodnoty a grafické znázornění viz Tabulka 16 a Obrázek 15.

Tabulka 16 Alkalita vody

číslo vzorku	c HCl [mol/l]	V _{pip} [ml]	V ₁ [ml]	V ₂ [ml]	V ₃ [ml]	V _{průměr} [ml]	c [mmol/l]	odchylka
1	0,1	100	3,75	3,85	3,95	3,85	3,9	0,1
2			3,30	3,10	3,00	3,13	3,1	0,2
3			2,95	3,10	3,20	3,08	3,1	0,1
4			5,35	5,45	5,35	5,38	5,4	0,1
5			2,60	3,75	3,85	3,40	3,4	0,7
6			1,25	1,20	1,15	1,20	1,2	0,1

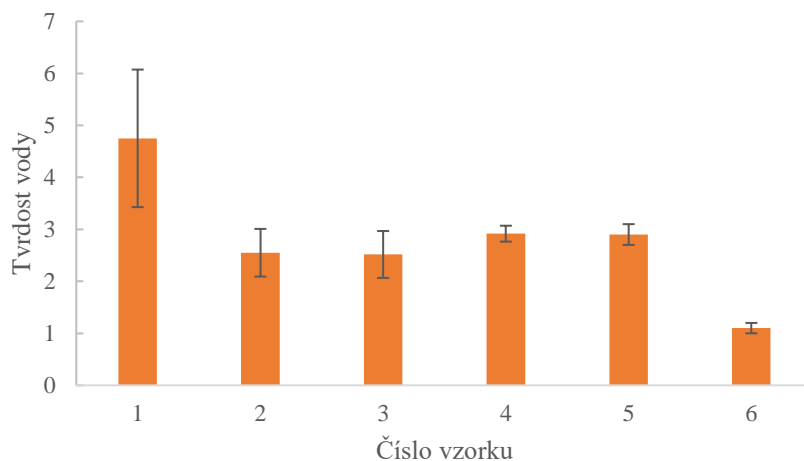


Obrázek 15 Alkalita vody

Nejvyšší hodnotu tvrdosti vody má vzorek č. 1 (Brno-laboratoř) a nejnižší hodnotu tvrdosti vody má vzorek č. 6 (Brno-Vír). Konkrétní hodnoty a grafické znázornění viz Tabulka 17 a Obrázek 16.

Tabulka 17 Tvrdost vody

číslo vzorku	c _{CH3} [mol/l]	V _{pip} [ml]	V ₁ [ml]	V ₂ [ml]	V ₃ [ml]	V _{průměr} [ml]	c [mmol/l]	odchylka
1	0,05	100	9,00	8,50	11,00	9,50	4,8	1
2			5,50	4,60	5,20	5,10	2,6	0,5
3			5,50	4,60	5,00	5,00	2,5	0,5
4			6,00	5,70	5,80	5,80	2,9	0,2
5			6,00	5,80	5,60	5,80	2,9	0,2
6			2,20	2,30	2,10	2,20	1,1	0,1



Obrázek 16 Tvrđost vody

Tvrđost vody lze podle zjištěných dat porovnat s tabelovanými hodnotami viz Tabulka 18. Vodárenské společnosti mají typy tvrđosti vody a jednotlivé meze pro každý typ. Jednotlivé typy ale nejsou u všech společností stejné, z různých zdrojů bylo zjištěno, že někde mají i typ značně tvrđá voda [28], a i jednotlivé meze se občas trochu liší. Proto lze považovat hodnoty mezí pro daný typ vody pouze za orientační, protože nejsou všude stejné.

Tabulka 18 Hodnoty mezí pro typ vody [29]

voda	mez [mmol/l]
velmi měkká	<0,7
měkká	0,7 - 1,4
středně tvrđá	1,4 - 2,1
tvrđá	2,1 - 3,2
velmi tvrđá	> 3,2

6 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce poskytuje přehled kvality pitné vody, z hlediska úspěšnosti chovu pijavice lékařské, ze dvou zdrojů pro Brno a okolí a pitné vody z Letovic. Byl proveden základní rozbor pitné vody a byly sledovány vybrané fyzikálně-chemické ukazatele u každého vzorku vody. Ze základního rozboru pitné vody pak byla největší pozornost zaměřena na tvrdost vody, koncentraci železa, manganu a koncentraci chloridů v pitné vodě. Tyto čtyři parametry mají značně rozhodující vliv na úhyn pijavice.

Kojenecká voda měla nejvyšší hodnoty koncentrace při stanovení dusitanů, naopak nejnižší hodnoty koncentrace měla při stanovení železa, dusičnanů a chloridů. Vzorek Brno-Vír měl nejvyšší koncentraci při stanovení železa, draselných a sodných iontů. Nejnižší hodnoty koncentrace měl při stanovení manganu, dusitanů a síranů. Vzorek Brno-směs měl nejvyšší hodnoty koncentrace při stanovení síranů a chloridů. Vzorek Brno-laboratoř měl nejvyšší hodnotu při stanovení manganu. Vzorek Letovice 1 měl nejvyšší hodnotu při stanovení dusičnanů, vzorek Letovice 2 měl nejnižší hodnoty koncentrace při stanovení draselných a sodných iontů. Všechny vzorky měly při stanovení amonných iontů hodnoty pod limitem detekce. Všechny vzorky jsou v souladu s vyhláškou 70/2018 Sb. a testované vzorky jsou zdravotně nezávadné pro člověka.

Na základě zjištěných dat při stanovení iontů a prvků ve vodě nelze určit konkrétní typ vzorku, který není vhodný jako prostředí pro pijavici lékařskou. Jednotlivé stanovení měly odlišné nejvyšší a nejnižší hodnoty pro jednotlivé typy vzorků.

Při zaměření na tři hlavní parametry, které mají rozhodující vliv na chov pijavice (železo, mangan a chloridy) nelze určit problém v pitné vodě. Každý parametr má jiné vyšší hodnoty koncentrace pro jiný typ vzorku.

Hlavní a rozhodující vliv mělo stanovení tvrdosti vody. Vzorek Brno-Vír měl nejnižší tvrdost vody a podle hodnoty spadá do kategorie měkká voda. Vzorky vod Letovice 1, Letovice 2, Kojenecká voda a Brno-směs měly podobné hodnoty a svojí hodnotou se řadí do kategorie tvrdá voda. Vzorek Brno-laboratoř má nejvyšší hodnotu tvrdosti vody a tento vzorek jako jediný spadá do kategorie velmi tvrdá voda. Z hlediska tvrdosti vody by nejlepší prostředí pro pijavici byl vzorek Brno-Vír, který má nejnižší hodnotu tvrdosti a jako jediný z testovaných vzorků spadá do kategorie měkká voda. Naopak vzorek Brno-laboratoř má nejvyšší hodnotu a jako jediný vzorek spadá do kategorie velmi tvrdá voda, a proto je nevyhovujícím prostředím pro chov pijavice lékařské.

Tato bakalářská práce potvrdila důležitost mezi parametry v pitné vodě a chovem pijavice lékařské. Na základě zjištěných dat a výsledků je důležité vědět, jakou tvrdost daná pitná voda má. Před chovem pijavice lékařské je vhodné udělat základní rozbor vody a stanovení tvrdosti vody. Nejvíce by měla být věnována pozornost čtyřem hlavním parametrům. Mezi tyto parametry patří koncentrace železa, manganu, chloridů a tvrdosti vody. Tyto čtyři parametry mají největší vliv na úspěšný chov pijavice lékařské a zvýšené hodnoty koncentrace prvků a iontů nejsou vhodné pro její chov. V případě, že výsledky rozboru pitné vody jsou nevyhovující, je možnost používat kojeneckou vodu pro chov. Tento druh vody je v praxi ověřen a nemá na chov pijavice negativní účinky.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Leeching. In: *Britannica, The Editors of Encyclopaedia* [online]. Chicago: Chelsey Parrott-Sheffer, 2021 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/leeching>
- [2] ROUSE, Greg a Fredrik PLEIJEL. Characteristics of Annelida: Plesiomorphies and Other Features. *Tree of Life web project* [online]. Arizona, 1995 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: http://tolweb.org/accessory/Characteristics_of_Annelida?acc_id=57
- [3] REISH, Donald J. Annelid. *Britannica* [online]. USA: Chicago, 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/animal/annelid>
- [4] TESSLER, Michael, Danielle DE CARLE, Madeleine VOIKLIS, Olivia GRESHAM, Johannes NEUMANN, Stanisław CIOS a Mark SIDDALL. Worms that suck: Phylogenetic analysis of Hirudinea solidifies the position of Acanthobdellida and necessitates the dissolution of Rhynchobdellida. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2018, **127**, 129-134. ISSN 10557903. Dostupné z: doi:10.1016/j.ympev.2018.05.001
- [5] SIG, Ali, Mustafa GUNAY, Aylin USKUDAR GUCLU a Erkan OZMEN. Medicinal leech therapy—an overall perspective. *Integrative Medicine Research*. 2017, **6**(4), 337-343. ISSN 22134220. Dostupné z: doi:10.1016/j.imr.2017.08.001
- [6] SINGH, Amrit Pal. Medicinal leech therapy (Hirudotherapy): A brief overview. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2010, **16**(4), 213-215. ISSN 17443881. Dostupné z: doi:10.1016/j.ctcp.2009.11.005
- [7] STAWICKI, SPA, BS PORSHINSKY, S SAHA, MD GROSSMAN a PR BEERY II. Clinical uses of the medicinal leech: A practical review. *Journal of Postgraduate Medicine* [online]. 2011, **57**(1) [cit. 2021-03-08]. ISSN 0022-3859. Dostupné z: doi:10.4103/0022-3859.74297
- [8] WHITAKER, I.S, D IZADI, D.W OLIVER, G MONTEATH a P.E BUTLER. Hirudo Medicinalis and the plastic surgeon. *British Journal of Plastic Surgery* [online]. 2004, **57**(4), 348-353 [cit. 2021-03-09]. ISSN 00071226. Dostupné z: doi:10.1016/j.bjps.2003.12.016
- [9] KOZÁNEK, Milan, Marek ČAMBAL, Peter TAKÁČ a Juraj MAJTÁN. *Hirudoterapia a jej využitie v klinickej praxi*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2012.
- [10] Terapia Pijavice: Lekárska pijavica indikácie. *Altechniky* [online]. Slovensko: Radko Legát DIC, 2002 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://altechniky.com/pijavica-lekarska-indikacie/>

- [11] PITTER, Pavel. *Hydrochemie: Pitná, užitková a provozní voda*. 4. Praha: VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [12] Vyhláška č. 252/2004 Sb. *Zákony pro lidi: Sbíрка zákonů ČR* [online]. Zlín: AION CS, s.r.o., 2010 [cit. 2020-06-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252?text=pitn%C3%A1+voda>
- [13] TOM, Justin. UV-Vis Spectroscopy: Principle, Strengths and Limitations and Applications. *Technology Networks* [online]. UK: LabX Media Group, 2021 [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/uv-vis-spectroscopy-principle-strengths-and-limitations-and-applications-349865>
- [14] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-863-6907-2.
- [15] SOMMER, Lumír. *Základy analytické chemie*. Brno: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1742-0.
- [16] KRÍŽEK, Martin a Jan ŠÍMA. *Analytická chemie* [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2015 [cit. 2021-06-17]. ISBN 978-80-7394-486-5. Dostupné z: http://kch.zf.jcu.cz/vyuka/download/Analyticka_chemie_komplet.pdf
- [17] MIKOLÁŠOVÁ, Kristýna. *CHARAKTERIZACE INTERAKCÍ HYALURONANU A ALBUMINU* [online]. Brno, 2015 [cit. 2021-06-17]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=100847. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Martin Chytil.
- [18] ČSN ISO 10523. *Jakost vod. Stanovení pH*. 2. vydání. Praha: Hydroprojekt CZ, 2008.
- [19] Membránové elektrody. *Výpočty z elektroanalytických metod* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého [cit. 2021-07-12]. Dostupné z: https://ach.upol.cz/ucebnice2/memb_eldy.htm
- [20] Plamenová emisní spektrometrie. *Analytická chemie* [online]. 1st ed. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016, s. 58-59 [cit. 2021-06-24]. ISBN 978-80-7080-951-8. Dostupné z: https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-951-8
- [21] CHU, Hiu a Spencer TAYLOR. An Experimental Demonstration of a Multi-element Flame Photometer: Determination of Salt Concentration in Soy Sauce. *International Journal of Chemistry* [online]. 2015, 8(1) [cit. 2021-07-12]. ISSN 1916-9701. Dostupné z: doi:10.5539/ijc.v8n1p25

- [22] ČSN EN ISO 9963-1. *Jakost vod. Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK). Část 1: Stanovení KNK4,5 a KNK8,3*. 1. vydání. Belgie: Český normalizační institut, 1997.
- [23] HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. 2., oprav. a rozšíř. vyd. Praha: VŠCHT, 2003. ISBN 978-80-7080-520-6.
- [24] ČSN ISO 6058 (757416). *Jakost vod. Stanovení vápníku. Odměrná metoda s EDTA*. 1. vydání. Praha: Hydroprojekt CZ, 1996.
- [25] Produkty Rajec: Rajec pro nejmenší. *Rajec* [online]. Krnov: Kofola, 2021 [cit. 2021-07-08]. Dostupné z: <https://rajec.com/pece-o-dite/>
- [26] Březovské přivaděče. In: *Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.* [online]. Brno, c2005-2019 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/brezovske-privadece>
- [27] ČSN ISO 6333 (75 7447). *Jakost vod. Stanovení manganu. Spektrofotometrická metoda s formaldoximem*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [28] Tvrdost vody. In: *Pražské vodovody a kanalizace* [online]. Praha: Vizus, 2021 [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/vlastnosti-vody/tvrdost-vody/>
- [29] Tvrdost vody. In: *Vodárenská Akciová Společnost, a.s.* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-06-20]. Dostupné z: <https://vodarenska.cz/tvrdost-vody/>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSN	československá norma
DH	doporučená hodnota
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci
KNK	kyselá neutralizační kapacita
KTJ	kolonie tvořící jednotku
MH	mezní hodnota
NK	neutralizační kapacita
NMH	nejvyšší mezní hodnota
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
THM	trihalogenmethan
TOC	celkový organický uhlík
UV-VIS	spektrometrie v ultrafialové a viditelné oblasti

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Anatomie pijavice lékařské.....	8
Obrázek 2 Oblasti použití pijavice lékařské v medicíně [9] Chyba! Zložka není definována.	
Obrázek 3 Schéma měření v UV-VIS spektrometrii.....	21
Obrázek 4 Schéma měření turbidimetrie a nefelometrie [15]	21
Obrázek 5 Detail instrumentace plamenového fotometru [19]	23
Obrázek 6 Strukturní vzorec chelatonu 3 [21]	24
Obrázek 7 Mapa znázornění jednotlivých vodovodů pitné vody pro Brno [24].....	28
Obrázek 8 hodnoty pH pro každý vzorek vody.....	31
Obrázek 9 hodnoty vodivosti pro jednotlivé vody	32
Obrázek 10 Koncentrace dusičnanů ve vodě	32
Obrázek 11 Koncentrace dusitanů ve vodě	33
Obrázek 12 Koncentrace síranů a chloridů ve vodě.....	34
Obrázek 13 Koncentrace manganu a železa ve vodě	35
Obrázek 14 Koncentrace draslíku a sodíku ve vodě	36
Obrázek 15 Alkalita vody	37
Obrázek 16 Tvrdost vody.....	38

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Klasifikace živočicha v biologii	8
Tabulka 2 Seznam mikrobiologických a biologických ukazatelů [11]	17
Tabulka 3 Seznam fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů [11]	18
Tabulka 4 Odebrané vzorky a jejich označení	27
Tabulka 5 Informace uvedené na obalu kojenecké vody značky Rajec.....	27
Tabulka 6 hodnoty pH, vodivosti a teploty pro dané vody	31
Tabulka 7 hodnoty dusičnanů ve vodě	32
Tabulka 8 Koncentrace dusitanů ve vodě	33
Tabulka 9 Koncentrace amonných iontů ve vodě	33
Tabulka 10 hodnoty síranů v pitné vodě	34
Tabulka 11 Koncentrace chloridů ve vodě.....	34
Tabulka 12 Koncentrace manganu ve vodě	35
Tabulka 13 Koncentrace železa ve vodě	35
Tabulka 14 Koncentrace draslíku ve vodě	36
Tabulka 15 Koncentrace sodíku ve vodě	36
Tabulka 16 Alkalita vody	37
Tabulka 17 Tvrdost vody	37
Tabulka 18 Hodnoty mezí pro typ vody [26]	38