

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Mikrobiologický rozbor vody
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Nikola Voborníková**
Osobní číslo: **C21103**
Studijní program: **B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Mikrobiologický rozbor vody**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

Zpracujte literární rešerši na dané téma bakalářské práce. V rešerši se zaměřte na:

1. Druhy vod, jejich rozdělení
2. Možnosti úpravy vody na pitnou vodu
3. Mikroorganismy vyskytující se ve vodě (indikátorové, patogenní, běžné)
4. Možnosti kontaminace vody z prostředí
5. Platnou legislativu

Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 ve znění dodatku č. 2 "Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací".

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucí práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Iveta Brožková, Ph.D.**
Katedra biologických a biochemických věd

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2024**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Mikrobiologický rozbor vody jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Nikola Voborníková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Ivetě Brožkové, Ph.D. za spolupráci, cenné rady, trpělivost, ochotu a vstřícnost v průběhu celého procesu zpracování. Dále chci poděkovat mé rodině a přátelům za podporu a oporu po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Tato práce se zabývá popisem mikroorganismů spojených s vodou, popisem jejich vlastností, příznaků onemocnění po vystavení infekční dávce, opatřením proti jejich vzniku a množení a laboratorními postupy jejich stanovení.

KLÍČOVÁ SLOVA

voda, mikroorganismy, ochranná opatření, stanovení, onemocnění

TITLE

Microbiological water analysis

ANNOTATION

This thesis deals with the description of microorganisms associated with water. It describes their characteristics and symptoms of disease after exposure to an infectious dose. Measures against their emergence and multiplication and laboratory procedures for their determination.

KEYWORDS

water, microorganisms, protective measures, determination, diseases

OBSAH

1	Čím se zabývá mikrobiologický rozbor vody	11
2	Terminologie kvality vody.....	12
2.1	Povrchové	12
2.2	Podzemní	12
2.3	Minerální.....	12
2.4	Pitná	12
2.5	Užitková.....	13
2.6	Odpadní.....	13
3	Mikroorganismy vyskytující se ve vodě a projevy infekce	14
3.1	Bakterie	14
3.1.1	Aktinomycety.....	14
3.1.2	<i>Mycobacterium</i>	15
3.1.3	<i>Bacteroides</i>	16
3.1.4	<i>Campylobacter</i>	16
3.1.5	<i>Leptospira</i>	17
3.1.6	<i>Salmonella</i>	17
3.1.7	<i>Shigella</i>	18
3.1.8	Koliformní bakterie.....	19
3.1.9	Enterokoky.....	22
3.1.10	<i>Legionella pneumophila</i>	23
3.1.11	<i>Pseudomonas</i>	24
3.1.12	<i>Clostridium perfringens</i>	24
3.1.13	<i>Vibrio</i>	25
3.1.14	<i>Yersinia</i>	25
3.2	Viry	26
3.2.1	Adenoviry	26
3.2.2	Noroviry.....	27
3.2.3	Rotaviry	27
3.3	Mikromycety.....	28
3.3.1	<i>Candida</i>	28
3.4	Cyanobakterie	28

3.5	Řasy	29
3.6	Doba potřebná k projevení infekce	29
4	Kritéria množství mikroorganismů ve vodách.....	32
4.1	Kritéria pitné a teplé vody	32
4.2	Kritéria a klasifikace vod v přírodních koupalištích.....	33
5	Možnosti kontaminace vody	35
5.1	Mechanismy přenosu infekce	36
5.2	Dělení infekčních mikroorganismů	37
6	Opatření proti mikroorganismům	38
6.1	UV dezinfekce vody	38
6.2	Volný chlor	38
6.3	Ozonizace.....	39
6.4	Chloramin	39
7	Provedení mikrobiologického rozboru vody	40
7.1	Odběr vzorků	40
7.2	Mikrobiologická kritéria vod.....	41
7.3	Stanovení koliformních bakterií a <i>Escherichia coli</i>	41
7.3.1	Membránová filtrace.....	41
7.3.2	Metoda nejpravděpodobnějšího počtu	42
7.4	Stanovení intestinálních enterokoků.....	42
7.4.1	Metoda membránových filtrů	42
7.4.2	Metoda nejpravděpodobnějšího počtu	43
7.5	Stanovení <i>Clostridium perfringens</i>	43
7.6	Počty kolonií při 22 °C a 36 °C	44
7.7	Stanovení <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	44

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Tabulka 1 - Inkubační doba po vystavení organismu infekční dávce bakterií.....	31
Tabulka 2 - Inkubační doba po vystavení organismu infekční dávce virů.....	32
Tabulka 3 - Inkubační doba po vystavení organismu mikromycetám a cyanobakteriím.....	32
Tabulka 4 - Limitní hodnoty mikroorganismů v pitné vodě.....	33
Tabulka 5 - Kritéria obsahu mikroorganismů v přírodních koupacích vodách.....	34
Tabulka 6 - Stupně pomnožení cyanobakterií.....	35
Tabulka 7 - Mikrobiologické požadavky při úplném rozboru vody.....	42
Tabulka 8 - Prováděné ředění podle původu vzorku vody.....	44

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CCA – Chromogenic coliform agar

DAEC – Difúzně adherentní *Escherichia coli*

DH – Doporučená hodnota

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

dsRNA – Dvouvláknová ribonukleová kyselina

EAEC – Enteroagragativní *Escherichia coli*

EIEC – Enteroinvazivní *Escherichia coli*

EPEC – Enteripatogenní *Escherichia coli*

ETEC – Enterotoxigenní *Escherichia coli*

KTJ – Kolonie tvořící jednotka

MH – Mezní hodnota

NMH – Nejvyšší mezní hodnota

RNA – Ribonukleová kyselina

STEC – Shiga-like toxinogenní *Escherichia coli*

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá popisem mikroorganismů, které se nacházejí ve vodách, jejich stanovení a následně opatřením proti nim. Provádět mikrobiologický rozbor je velmi důležité. Mikrobiologický rozbor vody slouží pro sledování kvality vody. Hlavně se dbá na kontrolu čistoty pitné vody jak studniční, z vodovodní sítě, tak i balené. Pitná voda musí splňovat mikrobiologické parametry podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Díky provedení úplného mikrobiologického rozboru vody se zjistí, zda je zdroj pitné vody fekálně znečištěn. Voda může posloužit jako prostředek pro šíření bakterií, virů a parazitů. Po požití znečištěné vody je imunitní systém vystaven infekční dávce mikroorganismů a po inkubační době propuká onemocnění.

Pro zabránění šíření infekčních mikroorganismů prostřednictvím vody jsou přijatá opatření, kdy se voda správně a vhodně ošetřuje. Látky používané pro ošetření vody musí splňovat nezávadnost pro kontakt s lidským organismem. Látky by neměly být toxické, žíravé, neměly by způsobit onemocnění při kontaktu s ošetřenou vodou.

1 Čím se zabývá mikrobiologický rozbor vody

Mikrobiologický rozbor vody se zabývá stanovením, zda je voda, určená ke konzumaci a rekreačnímu využití, nezávadná. Tedy že, osobám, které vodu přijímají a využívají, nezpůsobí žádné zdravotní potíže. Při podezření na zdravotní závadnost využívané vody se provede řada mikrobiologických stanovení, aby se určila příčina kontaminace vody, tedy co způsobilo, že zdravotní nezávadnost vody byla poškozena (Sandle, 2016).

Na začátku rozboru se nejprve odebere reprezentativní vzorek, který se po transportu na odborné pracoviště podrobí mikrobiologickému rozboru. Provádí se kultivační a mikroskopická stanovení vody. Stanovení hlavně zjistí mikroorganismy, které mohou indikovat porušení zdravotní nezávadnosti vody.

V případě pitných vod se kultivačně stanovují hlavně bakterie, provede se jejich identifikace a určí se jejich množství podle vyhlášky Vyhláška č. 275/2004. Kultivace probíhá na vhodném živném médiu a za vhodných podmínek. Podle níž zmíněné Vyhlášky č. 275/2004 se v pitné vodě stanovují *Escherichia coli*, koliformní bakterie, enterokoky, *Pseudomonas aeruginosa*, počet kolonií při 22 °C, počet kolonií při 36 °C a mikroskopický obraz. Podrobnější popisy postupu stanovení těchto mikroorganismů jsou uvedeny v následujících kapitolách.

U přírodních koupališť se stanovují převážně řasy a sinice. Při hodnocení jsou důležitější ty sinice, které dokážou vytvářet vodní květ. Díky plynovým vezikulám, které některé druhy obsahují, se dokážou shlukovat do azeotropů na hladině, což přispívá k vytvoření vysoké koncentrace toxinů, které sinice produkují a následně otravě. Jsou schopné produkovat například neurotoxiny, imunotoxiny, embryotoxiny. Mezi zástupce sinic patří například *Chrysochloris bergii*, *Snowella*, rod *Anabaenopsis* a další (SZÚ, 2017).

2 Terminologie kvality vody

Dle československé státní normy ČSN 75 0170, vydané roku 1986, existuje základní členění druhů vod (ČSN 75 0170, 1986).

2.1 Povrchové

Povrchové vody jsou takové, které se vyskytují na zemském povrchu. Toto označení neztrácejí, ani když protékají úseky, které jsou zakryté. Dělíme je na stojaté a tekoucí. Tyto vody se nacházejí v prostředí, které jim klade určitý odpor, a to má vliv na jejich stavbu. U stojatých vod dochází k sedimentaci živin, zarůstání. Důvod je prostý, jednoduše řečeno nikam neproudí. Jsou zde tedy i lepší podmínky pro pomnožování mikroorganismů. U tekoucích vod dochází vlivem odporu prostředí k různým změnám ve tvaru koryta (prohloubení, rozšíření), rostlinám se zde nedaří tolik jako ve vodách stojatých (ČSN 75 0170, 1986; mzp, 2001).

2.2 Podzemní

Pod zemským povrchem se nacházejí podzemní vody. Pod povrch se dostanou skrz půdu, kde se následně sorbuje v různých prasklinách a mezi částicemi půdy. Může se využívat jako zdroj pitné vody (studny), ale také může proudit do různých řek, potoků, jezer. V případě využití pro pitné účely se musí kontrolovat její jakost. Vlivem srážek, tání sněhu, se do ní mohou dostat nežádoucí látky, mikroorganismy, které budou spláchnuty ze zemského povrchu (pesticidy, hnojiva, odpady ze septiků) (ČSN 75 0170, 1986; Zákon č. 254/2001 Sb.).

2.3 Minerální

Minerální voda je podzemní voda, která obsahuje určitý počet biologicky aktivních látek. Tedy minerálů. Běžně se dá využít k pitným účelům, když neobsahuje škodlivé látky, jako těžké kovy. Je tomu tak hlavně v lázeňských oblastech, kde jsou rozmístěny pitné prameny těchto vod (ČSN 75 0170, 1986; Vyhláška č. 275/2004 Sb.).

2.4 Pitná

Jako pitná voda je klasifikována vodovodní, studniční a balená. Pitná voda musí splňovat hygienické podmínky. Je nezbytná pro správné fungování všech životních procesů v těle. Nesmí způsobovat žádné zdravotní komplikace a při podezření na kontaminaci se musí ihned podrobit laboratorním rozborům, které ukážou, zda je stanovovaná voda závadná nebo ne. Existuje rovnou několik druhů pitné vody jako je studniční, kde se navrtává voda podzemní,

balené a vodovodní. Všechny tyto druhy vod mají různé předpisy, které musí splňovat, aby byly považovány za zdravotně nezávadné a mohly být využité k pitným účelům (ČSN 75 0170, 1986; Prüss-Ustün *et al.*, 2019).

2.5 Užitková

Užitková neboli surová voda se nevyužívá k pitným účelům, ale stále se dá běžně využívat k běžným domácím činnostem jako je mytí nádobí, podlahy, sprchování, zalévání. V surové vodě se nesmí vyskytovat mikroorganismy, parazité atd. v takovém množství, které by ovlivnilo její úpravu na pitnou vodu (ČSN 75 0170, 1986; Vyhláška č. 256/2023 Sb.).

2.6 Odpadní

Tyto vody vznikají běžnými denními úkony. Jsou to vody z domácností, praní, škol, továrenského průmyslu. Kanalizací jsou odváděny do čistíren odpadních vod, kde se s nimi dále nakládá tak, aby z procesu čištění vyšly vody, které se dají znovu využívat (ČSN 75 0170, 1986; Zákon č. 254/2001 Sb.).

3 Mikroorganismy vyskytující se ve vodě a projevy infekce

Ve vodách se může vyskytovat velké spektrum mikroorganismů. Podle Směrnice (EU) 2020/2184 musí být pitná voda určená k lidské spotřebě zdravotně nezávadná a čistá. Nesmí obsahovat žádné mikroorganismy a parazity a žádné jiné látky, které jsou svým množstvím nebo koncentrací představují možné ohrožení lidského zdraví. Během mikrobiologického vyšetření vody při stanovení celkového počtu kolonií při 22 °C a 36 °C jsou uvedeny limity 100 KTJ/ml při 22 °C a 20 KTJ/ml při 36 °C (Směrnice (EU) 2020/2184; Vyhláška č. 70/2018 Sb.).

U koupacích vod se dbá na to, aby se v ní nenacházely sinice a řasy ve velkém měřítku. Sinice mohou způsobit nepříjemné podráždění kůže, různé záněty atd. a přemnožené řasy zase ubírají kyslík ostatním rostlinám a také zamezují přístup slunečnímu záření. Dále se, podle Vyhlášky č. 238/2011 Sb., nesmí ve 100 ml vzorku vyskytovat *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Zde jsou vybrány zástupci jednotlivých skupin mikroorganismů, které se mohou běžně vyskytovat ve vodě, ale v pitné vodě být nesmí.

3.1 Bakterie

Bakterie jsou prokaryotické organismy, které se vyskytují téměř všude. Mohou mít jak pozitivní, tak negativní účinek. Následuje pár příkladů bakterií, které se vyskytují ve vodě.

3.1.1 *Aktinomycety*

Aktinomycety jsou grampozitivní, tyčinkové bakterie, které pro svůj růst nevyžadují mnoho kyslíku, a proto se mohou rozmnožovat v anaerobním nebo mikroaerofilním prostředí. Netvoří spory a z toho důvodu nejsou schopné přežívat příliš nepříznivé podmínky. Jejich růst je velmi pomalý a při mikroskopickém šetření lze v mikroskopu spatřit větvené struktury, které připomínají hyfy mikroskopických hub. Jsou příbuzné rodu *Nocardia*, který byl dlouhou dobu zaměňován za houby právě z důvodu větvených vláken. Nacházejí se v dutině ústní, přesněji hlavně v zubním plaku dále v močovém ústrojí, střevech, ale i na povrchu kůže. Při špatné ústní hygieně se účastní na kažení zubů a tvorbě zubního kazu. Mezi zástupce spadá například *Aktinomyces mayeri*, *Aktinomyces israelii* (Paulsen a Sue, 2021).

Tento druh bakterií způsobuje takzvanou aktinomykózu. První zmínka o této nemoci pochází z roku 1896 a spadá do endogenních infekcí, jelikož sídlí na povrchu lidských sliznic. Do těla se tedy dostanou při nějakém úrazu, kdy dojde k narušení sliznice nebo během výkonu chirurgických zákroků. Při výskytu bakterií v tkáni často vznikají tvrdé masy vláknitých bacilů. Ještě před vytvořením hnisavých abscesů se objevují tyto příznaky jako úbytek hmotnosti, otoky, kašel, zvýšená teplota. V důsledku těchto projevů, které bývají příčinami i běžného nachlazení, se na aktinomykózu přijde až v pokročilém stavu, kdy se vytvoří již zmiňované abscesy (Könögen a Wade, 2015).

3.1.2 *Mycobacterium*

Jsou to grampozitivní bakterie, tyčinkovitého tvaru, které nevytváří spory a nepohybují se. Byly nalezeny v přírodních vodách jak sladkých, tak i slaných, také z půdy. Hojně osidlují i uměle vytvořené vodní systémy, například rozvodné vodní sítě. Ve většině případů se jedná o nepatogenní mikroorganismy, které nejsou zdraví nebezpečné. Riziko představují hlavně pro osoby s poruchou imunity. Avšak *Mycobacterium tuberculosis* je významný patogenní zástupce. Cesty průniku do těla pomocí aerosolu nebo přes gastrointestinální trakt (Percival a Williams, 2014).

Mycobacterium tuberculosis způsobuje tuberkulózu. Tato nemoc je jedna z nejsmrtelnějších v dějinách lidstva. Touto nemocí ročně onemocní miliony lidí. Má schopnost přetrvávat v latentní formě a tím tedy nezpůsobuje žádné příznaky infekce. Osoby s latentní formou tuberkulózy je však nutné léčit též, protože nemoc může přejít do aktivní formy. Projevy aktivní formy tuberkulózy jsou dlouhodobě trvající kašel, možné vykašlávání krve, bolest na hrudi, horečka, zimnice. Zjišťuje se pomocí tuberkulinového kožního testu, kdy dojde k injekční aplikaci tuberkulinu do předloktí a pozoruje se zduření ve vystavené části tkáně. Dále se využívá test na uvolňování interferonu gama, kde se využívají specifické směsi proteinů, které v přítomnosti paměťových T-lymfocytů v krvi začnou vytvářet určitou koncentraci interferonu gama. Podle koncentrace interferonu gama se určí pozitivní nebo negativní výsledek. V roce 2023 bylo na celém světě hlášeno 8,2 milionu lidí, kteří měli nově diagnostikované onemocnění tuberkulózou. Nejvíce onemocnění bývá v jihovýchodní Asii, Africe a západním Tichomoří. Více jak polovina případů se vyskytla v Indii, Indonésii, Číně, na Filipínách a v Pákistánu. V ČR bylo v roce 2023 zaznamenáno 459 případů (Behr *et al.*, 2019; Orgeur *et al.*, 2024; UZIS ČR; 2023).

3.1.3 *Bacteroides*

Rod *Bacteroides* jsou anaerobní, gramnegativní bakterie. Netvoří spory. Jsou odolné vůči žluči. Rozkládají živiny v tlustém střevě, například sacharidy jednoduché i složené a také polysacharidy. Rozkladem těchto látek získávají látky pro svůj růst. Tyto látky, spolu s ostatními mikroorganismy, rozkládají na jednoduché živiny, které stěna tlustého střeva vstřebává pro potřeby organismu. Mezi zástupce spadá například *Bacteroides fragilis*. Avšak oproti kladným účinkům může tento rod působit i jako patogen. Je zodpovědný za tvorbu abscesů (Hooper *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2000).

Infekce bývají nejčastěji způsobené zástupcem *Bacteroides fragilis*. I přes to, že se vykytuje ve střevní mikroflóře, kde se účastní na správném fungování trávicí soustavy, může při narušení střevní stěny dojít k proniknutí patogenů do těla a vzniku infekce. Nejčastěji tomu tak bývá při chirurgických zákrocích v oblasti břicha. Způsobuje infekce krevního řečiště, chronické průjmy, tvorbu abscesů. Také bývá spojován s tvorbou vředů na diabetické noze. Infekce bývá často doprovázena hnisavým výtokem. K léčbě se využívají antibiotika, ale ne penicilin. Je tomu tak, protože tento patogen produkuje beta-laktamasu a v důsledku toho je toto antibiotikum neúčinné (Elsaghir a Reddivari, 2023).

3.1.4 *Campylobacter*

Campylobacter je tyčinkovitá, gramnegativní bakterie. Spadá do spirochét, to znamená, že svým tvarem připomíná pružinu nebo vývrtku. Netvoří spory a je nefermentující. Svou délkou se pohybuje od 0,5 – 5 mikrometrů. Na šířku může mít od 0,2 do 0,9 mikrometrů. Ve velkém měřítku napadá chovná zvířata, jako je drůbež, krávy, prasata, ovce. Tak se patogeny dostávají do masa, syrového mléka a pitné vody. Voda může sloužit jako přenosné médium. Při nesprávném zacházení s potravinami, jako je nedostatečná tepelná úprava, dochází k pomnožení patogenů v trávicím traktu a následnému rozvoji infekce. Nejvýznamnější zástupce je *Campylobacter jejuni*, který je termotolerantní, jelikož se běžně vyskytuje v gastrointestinálním traktu ptáků. Gastrointestinální trakt ptáků na teplotu 41-42 °C (Kaakoush a Castaño-Rodríguez, 2015; Sibanda *et al.*, 2018; SZÚ, 2022).

Onemocněním způsobeným kampylobaktery se říká kampylobakteriízy. Největším problémem bylo toto onemocnění ve dvacátém století, kdy bylo velmi rozšířené. Do těla se patogeny dostanou konzumací kontaminované vody, potravin, kontaktem s nemocnými zvířaty anebo z člověka na člověka. Je ověřeno, že pouhých 800 KTJ/g stačí k projevení kampylobakteriízy.

Příznaky jsou bolest a křeče břicha, horečka, akutní průjem a v důsledku toho úbytek hmotnosti. Tyto příznaky se obvykle projevují po dobu šesti dní. *Campylobacter* je spojován i se zánětlivými střevními onemocněními kam spadá Crohnova choroba, onemocnění jícnu, celiakie. Ve většině případů příznaky kampylobakterií odezní samy a je potřeba mít pouze dostatečný zdroj elektrolytů a dostatek hydratace. V případě závažných problémů nebo u osob s oslabenou imunitou lze využít antibiotickou léčbu. I v dnešní době je toto infekční onemocnění jedno z nejčastěji se vyskytujících. Nejvíce náchylné jsou na toto onemocnění děti do 5 let, ale i osoby nad 60 let. V roce 2021 bylo zaznamenáno 16 382 případů (Kaakoush a Castaño-Rodríguez, 2015; SZÚ, 2022).

3.1.5 *Leptospira*

Leptospira je gramnegativní bakterie, která má spirálovitý tvar a spadá do spirochét. V běžném mikroskopu ji nelze spatřit, a to z toho důvodu, protože jsou příliš štíhlé. Proto je možné je pozorovat mikroskopii v tmavém poli. Na každém konci se nachází bičík, který vychází z periplasmatického prostoru. Ze všech spirochét jsou nejméně náročné na výživu. K růstu jim stačí pouze vitamíny B1 a B12 a mastné kyseliny s dlouhým řetězcem. Nejčastěji se vyskytují v těle divoké zvěře, ale i hospodářských zvířat. Dále se vyskytují běžně v životním prostředí a ve vodě. Jako nejčastější zástupci bývají uváděny *Leptospira interrogans* a *Leptospira biflexa* (Bierque *et al.*, 2020).

Leptospira vyvolává onemocnění leptospirózu. Postihuje zvířata i lidi. K přenosu často dochází skrze moč nemocných zvířat, která přišla do styku s vodou, půdou, která následně byla zkonzumována. Do těla se *Leptospira* dostávají i skrze řezné rány, odřeniny, mokrou kůži a sliznice. Přenos bývá z nemocných zvířat na člověka a opačně. Avšak přenos z člověka na člověka neexistuje. Zvířecí přenašeči jsou hlavně hlodavci, potkani, ale i psi. V závislosti na infekční dávce a imunitním stavu osoby vystavené tomuto patogenu a na věku, se příznaky onemocnění liší v důsledku závažnosti. Mohou být podobné běžné chřipce jako je náhlá bolest hlavy, horečka, malátnost, vyrážka. Při závažné infekci může dojít od selhání jater, ledvin až k smrti (Adler a Moctezuma, 2010; Goarant *et al.*, 2022; Levett, 2001).

3.1.6 *Salmonella*

Rod *Salmonella* patří do gramnegativních, fakultativně anaerobních, tyčinkovitých bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*. K pohybu jí slouží bičíky umístěné na povrchu. Vyskytuje se v gastrointestinálním traktu mnoha zvířat, ptáků i lidí. Nejčastěji kontaminuje čerstvé,

tepelně nepracované potraviny, kuřecí maso a vejce. Voda zprostředkovává přenos těchto patogenů a je tedy zdrojem kontaminace čerstvých potravin jako je ovoce a zelenina. Ke kontaminaci syrového ovoce a zeleniny často dochází i při křížení cest zpracování. V poslední době se vyskytla schopnost těchto patogenů být rezistentní na antibiotika. To představuje velkou hrozbu při léčbě infekce. Mezi zástupce patří *Salmonella enterica* subsp. *enterica* a *Salmonella bongori*. Pro člověka a teplokrevné živočichy je pathogenní pouze *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (Chaudhari *et al.*, 2023; Liu a Whitehouse, 2018).

Infekce se přenáší i kontaktem se zvířaty, kontaminovanou vodou nebo z člověka na člověka. Příznaky se po vystavení těmto patogenům dostaví obvykle do pár hodin. Spadají sem bolest břicha, nevolnost, zvracení, průjem, horečka, nechut k jídlu. Tyto příznaky mohou přetrvávat až šest dní, v důsledku toho dochází k výraznému úbytku hmotnosti a dehydrataci. Ve většině případů dojde k samo vyléčení, ale může nastat i hospitalizace v nemocnici, kde se zajistí dostatečná hydratace těla a navrácení důležitých minerálů infúzí. Po zbavení se příznaků se však daná osoba stává na určitou dobu bacilonosičem, standardně to bývají zhruba tři měsíce. Po tuto dobu by měl důrazně dbát na hygienu a nesmí pracovat v potravinářském provozu. V roce 2022 proběhla epidemie salmonelózy ve více zemích. Kdy došlo k vyexpedování čokoládových výrobků, které obsahovaly salmonelu. Napříč zeměmi bylo nahlášeno 369 případů. Tato epidemie proběhla od 17.2. až 18.5. 2022. V roce 2023 následovala další epidemie. *Salmonella* byla izolována ze salátu s listovou zeleninou a cherry rajčaty. Bylo nahlášeno 92 případů jako souhrn z více zemí. Z těchto případů byly z ČR nahlášeny 4 případy (Harris a Brooks, 2013; SZÚ, 2022; SZÚ, 2023).

3.1.7 *Shigella*

Shigella patří do čeledi *Enterobacteriaceae*. Je to gramnegativní, fakultativně anaerobních tyčinkovitá bakterie, která se nepohybuje a netvoří spory. Způsobuje onemocnění zvané Shigellóza. Nejčastější přenos bývá fekálně-orální cestou. Mimo trávicí trakt se může vyskytnout ve vodách půdě, rostlinách a také může přebývat v nemocničním prostředí. Mezi zástupce patří *Shigella sonnei*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* (Percival a Williams, 2014; Shad a Shad, 2021).

Shigella sonnei, způsobuje shigellózu, tedy bakteriální úplavici. Nejčastěji se vyskytuje v rozvojových zemích, kde není prováděná dostatečná hygiena. K přenosu dochází požitím kontaminované potravy nebo vody, z člověka na člověka. V ohrožení jsou nejčastěji osoby

s oslabenou imunitou, malé děti a starší lidé. K infekci postačí poměrně malá infekční dávka. *Shigella* je velmi odolná vůči pH žaludku. Nejprve se pomnožují v tenkém střevě a po dostání se do tlustého střeva začnou patogeny produkovat enterotoxiny a onemocnění se projeví. Klasickými projevy jsou bolest břicha, vysoká horečka, zvracení, hlenovitý průjem. Příznaky obvykle přetrvávají pět až šest dní. V září roku 2022 byly, ve Spojeném království a USA, nahlášeny onemocnění úplavicí u turistů, kteří se vraceli z Kapverdských ostrovů. Následně bylo k 16. únoru hlášeno 258 případů. Na Kapverdy bylo navázáno 37 případů. V ČR byly 4 případy (Aslam a Okafor, 2024; SZÚ, 2023).

3.1.8 Koliformní bakterie

Koliformní bakterie jsou fakultativně anaerobní gramnegativní bakterie, které netvoří spory. Fermentují laktózu za vzniku plyných produktů. Při pozorování v mikroskopu je vidět jejich tyčinkovitý tvar. Mohou mít bičíky, ale nemusí. Nachází se ve střevním traktu teplokrevných živočichů. Přesněji v tlustém střevě. Při kontaminaci vody slouží jako hlavní ukazatelé fekálního znečištění. Jako hlavní zástupci do této skupiny patří *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* a hlavně *Escherichia coli* (Daoliang a Shuangyin, 2019).

Escherichia coli je fakultativně anaerobní, gram negativní bakterie, která má tyčinkovitý tvar. Spadá do čeledi *Enterobacteriaceae*. Běžně se nachází v gastrointestinálním traktu zvířat a lidí. Existují ale i patogenní druhy, které jsou silně virulentní, a to z důvodu produkce Shiga toxinů. Mohou se přenášet kontaminovanou vodou a kontaminovanými potravinami, k jejich přenosu tedy dochází fekálně orální cestou. Jelikož jsou tyto bakterie schopny přežít krátkou dobu bez hostitele, jsou dobrým ukazatelem fekálního znečištění vody. Potraviny náchylné na kontaminaci jsou syrové mleté hovězí maso, nepasterované mléko a šťávy, výrobky z vajec (Muller a Tainter, 2024).

Patogenní druhy *Escherichia coli* mají vysokou schopnost přežít při velmi nepříznivých podmínkách. Například při nízkých teplotách. Už při proniknutí nízkých koncentrací do těla způsobuje infekci. Existuje několik kmenů, které způsobují různá onemocnění (Grumezescu a Holban, 2018).

Escherichia coli má šest patogenních sérotypů a to Enterotoxigenní *E. coli* (ETEC), Enteropatogenní *E. coli* (EPEC), Shiga-like toxigenní *E. coli* (STEC), Enteroinvazivní *E. coli* (EIEC), Enteroagrativní *E. coli* (EAEC) a Difúzně adherentní *E. coli* (DAEC).

Enterotoxigenní *Escherichia coli* (ETEC) způsobuje bakteriální průjmy u dětí nejčastěji do věku 5 let, cestovatelů a hospodářských zvířat. Přežívá kyselé prostředí žaludku a následně se kolonizuje tenké střevo. Produkuje toxiny, které zapříčiní průjem (Mentzer a Svennerholm, 2024).

Enteropatogenní *Escherichia coli* (EPEC) jsou kmeny, které neprodukují Shiga toxiny ani tepelně labilní či stabilní toxiny. Přichycují se na střevní epiteliální buňky, kde produkují léze, ty naruší střevní strukturu a dojde k vymizení mikrokloků. Způsobuje průjmová onemocnění hlavně u dětí do dvou let. Příznaky se dostaví do pár hodin po požití bakterií. Projevuje se akutním vodnatým průjmem, horečkou a zvracením (Mare *et al.*, 2021).

Shiga-like toxinogenní *Escherichia coli* (STEC) produkuje shiga toxin. Má schopnost se přichytit ve střevech na epiteliální buňky, které vyprázdní a způsobí jejich poškození. To vše je způsobeno adhezinem intiminem. Přenáší se potravinami, způsobuje krvavé průjmy a může vést k závažnému hemolyticko-uremickému syndromu. Nejvíce náchylné na toto infekční onemocnění jsou malé děti. Mezi roky 2020–2022 bylo hlášeno 165 onemocnění, z toho bylo 37 případů dětí do 5 let (Melton-Celsa *et al.*, 2012; SZÚ, 2022).

Enteroinvazivní *E. coli* (EIEC) neprodukuje shiga toxin. Postihuje jak děti, tak i dospělé. Největší problém činí v zemích třetího světa. Při vyskytnutí se na sliznici tlustého střeva se množí, šíří se do okolí a ničí střevní bariéru. Způsobuje bacilární úplavici, která se projevuje křečmi břicha, horečkou, průjmem někdy s obsahem krve nebo hnisu a zvracením (Farajzadeh-Sheikh *et al.*, 2020).

Enteroagragativní *E. coli* (EAEC) produkuje tepelně stabilní toxiny. Jako i předešlé sérotypy, tak i tento způsobuje poškození střevní stěny. Způsobují chronické přetrvávající průjmy a také infekce močových cest (Boisen *et al.*, 2020).

Difúzně adherentní *E. coli* (DAEC) způsobuje průjmová onemocnění jak u dětí, tak u dospělých. Stejně jako ostatní, také tento sérotyp napadá střevní stěnu. Přilnutí na epiteliální buňky způsobují adheziny patřící do rodiny Afa/Dr (Mansan-Almeida *et al.*, 2013).

Nepatogenní *Escherichia coli* může v močových cestách způsobit infekci. Projevuje se bolestivým vylučováním moči, často i s obsahem krve. Dále nastává horečka nebo zimnice, nevolnost a bolest ve spodní oblasti břicha (Rajanbir a Rajinder, 2021).

Rod *Citrobacter* využívá jako zdroj uhlíku citrát. Infekce není tak častá a běžná, větší náchylnost k infekci mají novorozenci a lidé s oslabenou imunitou (Sadowsky a Whitman, 2011).

Tato bakterie způsobuje řadu onemocnění v závislosti na tom, o jaký druh se jedná. Nejčastějšími zástupci zde jsou *Citrobacter freundii*, *Citrobacter koseri* a *Citrobacter braakii*. Onemocnění se ve většině případů léčí antibiotiky, ale tento patogen je schopný získat geny rezistence na antibiotika. Zmínění zástupci způsobují bakteriemie což znamená přítomnost bakterií v krevním řečišti. Projevuje se zvýšenou tělesnou teplotou doprovázenou třesem. Méně častější příznaky bývají nízký krevní tlak, dysfunkce jater, respirační selhání, krvácení gastrointestinálního traktu (Hashimoto *et al.*, 2021).

Močové infekce způsobuje *Citrobacter freundii*. Infekce se projevují bolestí v dolní oblasti zad, problémy a bolest při vylučování moči, v některých případech i krev v moči (Pepperell *et al.*, 2002).

Za onemocnění centrální nervové soustavy je převážně zodpovědný *Citrobacter koseri*. Při zkoumání účinku na nově narozeném potkanovi byla zjištěna schopnost, při které je tento patogen schopný proniknout do makrofágů, tedy bílých krvinek. Přežívá fagolysozomální fúzi, následně se uskuteční replikace uvnitř buňky. Makrofágy se stanou infikovanými a nastane proniknutí do mozkových cév, přesněji astrocytů. Nejčastěji se toto onemocnění vyskytuje u novorozenců. K přenosu dochází z matky na dítě během těhotenství, porodu nebo mateřským mlékem. Další možnost šíření bývá v nemocničním prostředí, tedy nozokomiálním šířením (Jean a Ardura, 2022).

Gastrointestinální infekce vyvolává *Citrobacter freundii*. Mezi příznaky se objevuje nevolnost, velmi silná bolest břicha, horečku, zvracení a vodnaté průjmy v důsledku toho nastane dehydratace.

Enterobacter jsou gram negativní bakterie, které spadají do čeledi *Enterobacteriaceae*. Jsou fakultativně anaerobní, tyčinkovitého tvaru. Běžně se vyskytují v gastrointestinálním traktu lidí a zvířat, přičemž zvláště časté jsou u ptáků. Vyskytuje se také ve vodě, půdě a různých potravinách, jako je maso, zelenina, mléko či ovoce, které může kontaminovat a způsobit jejich kažení. Avšak na druhou stranu může mít probiotický účinek. Zdravotní problémy způsobuje hlavně u jedinců s oslabenou imunitou (Hart, 2006).

Infekce způsobená touto bakterií nebývá tak častá. Kontaminovanou vodou nebo potravinami lze uskutečnit přenos, ale to se ve většině případů nestává. K onemocnění dochází nejvíce v nemocničním prostředí. Způsobují infekci močových cest, kdy projevy bývají časté močení, bolest a tlak v podbřišku, krev v moči. Dále infekce měkkých tkání, kdy v postižené oblasti bývá otok, zarudlost, bolest a hnisavý výtok. Infekce dýchacího ústrojí, kde projevy bývají kašel, dušnost, vykašlávání hnisavého hlenu (Hunt a Jean, 2023).

Mezi hlavní zástupce rodu *Klebsiella* patří *Klebsiella pneumoniae*. Tento rod bakterií je schopný fermentovat laktózu. Spadá do čeledi *Enterobacteriaceae*. Jsou to gram negativní, fakultativně anaerobní, tyčinkové, nesporulující bakterie. Používají se jako ukazatele čistoty pitné vody. Přirozeně se vyskytují ve střevním traktu, v nose a ústech zdravých lidí. Může způsobit bakteriální pneumonii, tedy zápal plic. Je zodpovědná za cca 5 % infekcí touto nemocí (Cohrssen, 2021).

Ohroženi jsou nejvíce malé děti, starší lidé a lidé s oslabenou imunitou. *Klebsiella* je původcem řady onemocnění, z nichž nejčastější jsou pneumonie, následované infekcemi močových cest a krevního řečiště. Běžně se vyskytuje na povrchu sliznic, z těch se však mohou uvolňovat do tkání a způsobovat již zmíněná onemocnění. Velký problém bývá rezistence vůči některým druhům antibiotik. Infekce močových cest se projevuje častým a bolestivým močením, tlakem v dolní části břicha, teplotou. Pneumonie jsou velmi závažné, často je potřeba hospitalizace. Projevy jsou dušnost, silný kašel, teplota, bolest na hrudi (Bengoechea a Pessa, 2019).

3.1.9 Enterokoky

Jsou to gram pozitivní bakterie, fakultativně anaerobní, které zkvašují glukózu. Tvar mají oválný z tohoto hlediska se jedná o koky. Tvoří většinou malé řetězce. Dokážou být rezistentní vůči některým antibiotikům a rezistenci mohou dále předávat dalším mikroorganismům, přesně tedy dalším bakteriím. Poměrně velkou odolnost mají i proti dezinfekčním prostředkům, což je problém hlavně ve zdravotnických zařízeních. Vyskytují se v lidském gastrointestinálním traktu, na kůži, ve vodě, v ústní dutině atd. Jsou podmíněně patogenní, nemoci vyvolávají hlavně u oslabených jedinců. Mezi nejznámější zástupce patří *Enterococcus faecalis* a *Enterococcus faecium* (Said, Tirthani a Lesho, 2023).

Řadí se mezi nozokomiální patogeny zejména kvůli své vysoké odolnosti vůči antibiotikům. Napadají močové cesty, dále způsobují nitrobřišní a pánevní infekce. To se projevuje bolestí při močení a pánevní oblasti, horečka. Infekce chirurgických ran, kdy rána bývá zarudlá, oteklá,

citlivá na dotek, tvoří se v ní hnis, imunitní odpověď těla může být i zvýšená teplota (Sood *et al.*, 2008).

3.1.10 *Legionella pneumophila*

Legionella patří mezi gram negativní, patogenní, aerobní, tyčinkovité bakterie, které jsou heterotrofní a kataláza pozitivní. Netvoří spory. Nachází se v půdě, ve vodě a ve vzduchu. Není prokázáno přenášení z člověka na člověka. Může být přenášena klimatizací, vzduchotechnikou a přes vodovodní síť. Nakazit se lze při inhalaci aerosolu, který byl kontaminován. Poměrně dobře se jí daří v teplé vodě (Mccoy, 2006; Mondino *et al.*, 2020).

Nemoc, kterou způsobuje se nazývá legionářská nemoc. Poprvé byla objevena díky sjezdu delegátů na Americkou legionářskou konferenci ve Filadelfii. Ti se infikovali aerosolem z ventilace v hotelu, ve kterém byli ubytováni. Všichni měli stejné příznaky nemoci. Laboratorní testy následně objevily tuto bakterii. Událost se odehrála v roce 1976. Ačkoliv onemocnění způsobené *Legionella pneumophila* nebylo nové, jeho původce zůstával do té doby neodhalený, neboť bakterie není schopna růst na standardních kultivačních médiích (Cibse, 2013).

Jak zde již bylo zmíněno *Legionella* způsobuje legionelózu a přezdívá se jí Legionářská nemoc. K přenosu patogenu dochází hlavně vodou, vyskytuje se běžně ve sladkých vodách, vodních nádržích, vodovodních systémech v budovách a také se vyskytuje v nemocnicích. Je schopná přežít i v teplé vodě. Do těla se dostává kapénkami a aerosolem, ve kterých se nachází. *Legionella pneumophila* způsobuje závažný zápal plic. K diagnostice onemocnění se využívají zejména močové testy. Aby se zabránilo šíření legionel vodou, je nezbytné provádět vhodnou úpravu vody, o níž bude podrobněji pojednáno v následujících kapitolách. (Jomehzadeh *et al.*, 2019).

Vířivky mohou v dnešní době představovat značné riziko infekce. Děje se tomu tak, protože se této bakterii nejlépe daří ve vodách, u kterých se nedosahuje teploty potřebné k jejímu zničení. Jelikož je zde vhodná teplota pro jejich optimální množení, dochází k rychlému nárůstu bakterií. Při nevhodné úpravě a dezinfekci vody ve vířivkách dochází ke snadnému přenosu aerosolem, který se dostane do plic dýchačí soustavou. Riziko infekce vzrůstá u lidí s vyšším věkem, s plicním onemocněním, oslabenou imunitou a u kuřáků. Pro zajištění čistoty vířivek je nutné, aby se správně dezinfikovaly. Je možné použít například chlor a následně pomocí testovacích papírků sledovat správné hodnoty chloru a pH (CCD, 2024; Gumá *et al.*, 2023).

V roce 2024 došlo k pomnožení *Legionell* na kolejích Technické univerzity v Liberci. Na konci listopadu bylo hygieniky vydáno nařízení nepoužívat vodu. Vodu bylo možné využívat pouze na dvou ubytovacích blocích, protože zde byla v pořádku. Bakterie byla odolná i vůči ošetřování chemickými prostředky a zvyšování teploty (KHS LIBERRECKÉHO KRAJE, 2023).

3.1.11 *Pseudomonas*

Mezi hlavní zástupce patří *Pseudomonas aeruginosa*. Jsou to gram negativní bakterie, většinou mají jeden bičík, ale mohou mít až tři. Na povrchu mají pili. Jedná se o striktně aerobní bakterii, která není schopna fermentovat laktózu. Tento biochemický profil je důležitý pro její laboratorní identifikaci, neboť ji odlišuje od jiných gramnegativních střevních bakterií, které laktózu fermentují. Jako hlavní zdroj energie využívá acetát a síran amonný. Z acetátu získává uhlík a ze síranu amonného dusík. Od ostatních bakterií se odlišuje svou vysokou odolností vůči vysokým koncentracím soli, barvivům i antiseptikům, dokonce i antibiotikům. Vyskytuje se téměř všude (půda, voda, povrch kůže, ovoce, zelenina) (Iglewski, 1996; Wilson a Pandey, 2023).

Pseudomonas aeruginosa patří k nozokomiálním patogenům. způsobuje až 30 % infekcí v nemocničním prostředí. Nejčastěji infikuje popáleniny, hlavně pokud nejsou dostatečně vydesinfikovány a ošetřeny. To způsobí pomalejší hojení rány, hnisání, popřípadě při velkém zanedbání vznikne zánět. Dále se vyskytuje u jedinců s cystickou fibrózou, kdy způsobí zhoršení problémů s dýcháním. Nemocniční předměty jsou běžně kolonizovány těmito patogeny a při delší hospitalizaci hrozí riziko pneumonie, tedy zápalu plic, dále zánět mozkových blan (Araos, D'Agata, 2019).

3.1.12 *Clostridium perfringens*

Tato bakterie spadá mezi gram pozitivní, anaerobní, nepohyblivé tyčinky, které produkují spory odolné teplu. Vyskytuje se ve vodách, hlavně odpadních, běžně v gastrointestinálním traktu lidí i zvířat. Ve vztahu s traktem lidí a zvířat je komenzální. Avšak při kontaminaci potravin nebo vody může být náš organismus po pozření infikované stravy vystaven toxinům *Clostridium perfringens* a projeví se u nás příznaky otravy. Vegetativní buňky jsou odolné vůči některým druhům antibiotik, ale rozhodně nejsou odolné proti penicilinu. Produkuje pět hlavních toxinů a to A, B, C, A a E. Každý z těchto toxinů způsobuje odlišná onemocnění. (Bodey *et al.*, 1983; Gohari *et al.*, 2021).

Po požití kontaminované potravy a proniknutí patogenů do těla se začnou pomnožovat a zároveň tyto bakterie vyprodukují toxiny, které vyvolávají odpověď imunitního systému. Nejčastěji způsobuje gastroenteritidu, kdy se mikroorganismy pomnožují v tenkém střevě, produkují enterotoxiny a k projevení infekce stačí přijmout pouze zhruba okolo 100 buněk. Do pár hodin po proniknutí do těla nastávají tyto problémy silná bolest břicha, nevolnost a průjem. Je třeba dbát na dostatečnou hydrataci nebo by mohlo nastat i úmrtí u náchylných jedinců (Brynstad a Granum, 2002).

3.1.13 *Vibrio*

Rod *Vibrio* jsou tyčinkovité, gram-negativní bakterie. Netvoří spory, jsou schopné se pohybovat pomocí bičíků. Bývají běžnou součástí vodního prostředí, a to jak sladkovodních vod, tak i mořských. Nejlépe se jim daří v teplejších, mírně slanějších vodách. Ke vzniku infekce dochází konzumací nedostatečně tepelně opracovaných mořských plodů anebo pozřením kontaminované vody. Způsobují infekce kůže, očí, zvukovodů a gastrointestinálního traktu (Baker-Austin *et al.*, 2018; Sampaio *et al.*, 2022).

Onemocnění nejčastěji způsobují tito zástupci *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* a *Vibrio vulnificus*. V potravine tohoto typu *Vibrio* přežívá při nedostatečné tepelné úpravě. *Vibrio vulnificus* způsobuje infekce ran a jejich zanícení a hnisání, je zapotřebí rychlé diagnostiky, protože napadá a rozkládá tkáň. Dále způsobuje gastroenteritidu, kterou způsobuje hlavně *Vibrio parahaemolyticus* a projevuje se křečemi v břiše, nevolností, zvracením, průjemem, horečkou nebo zimnicí. Ve většině případů má lehčí průběh. *Vibrio cholerae* způsobuje také velmi závažné onemocnění a tím je cholera. Je to průjemové onemocnění, při kterém dochází k vylučování tekutiny ve množství až jeden litr za hodinu. Nastává tedy rychlá dehydratace. Může být doprovázeno zvracením a nevolností. Výskyt ohnisek cholery je nutno sledovat. *Vibrio* představuje největší problémy v rozvojových zemích, hlavně v Africe a Asii (Baker-Austin *et al.*, 2018).

3.1.14 *Yersinia*

Mezi hlavní zástupce této bakterie patří *Yersinia pestis*. Je gramnegativní, kokotyčinka, má tedy kulovitý až oválný tvar. Byla objevena roku 1894 panem Alexandrem Yersinem a to z důvodu právě probíhajícího moru v Honkongu. Jak tedy z předchozí věty vyplývá *Yersinia pestis* způsobuje mor. Roku 1896 bylo Yersinem poprvé aplikováno antisérum morem nemocnému pacientovi. Rod *Yersinia* spadá do čeledi *Enterobacteriaceae* a pro svůj růst jí postačují

fakultativně anaerobní podmínky. Další zástupci jsou *Yersinia pseudotuberculosis* a *Yersinia enterocolitica*. Tito tři zmínění druhové zástupci jsou hlavní lidské patogeny této bakterie (Barbieri *et al.*, 2020; Perry a Fetherston, 1997).

Yersinia pestis způsobuje mor, jak už bylo zmíněno. Nejčastěji ho přenáší blechy a krysy. Může být v bubonické formě nebo pneumonické. Bubonická forma postihuje lymfatické uzliny, které následně bolestivě a nepříjemně zduří. Po bubonické formě může nastat pneumonická forma, která je už závažnější a často přivádí smrt. Je o dost více nakažlivá, protože se šíří kontaktem z člověka na člověka prostřednictvím kapének. A to z důvodu osídlení plic tímto patogenem. Projevuje se bolestí na hrudi, kašlem, problémy s dýcháním, horečkou. Toto byl však problém nejvíce v 19. století. V dnešní době už existuje účinná vakcína proti pneumonické formě (Parent *et al.*, 2005).

Yersinia enterocolitica a *Yersinia pseudotuberculosis* už nejsou tak závažné. Způsobují yersiniózu, což je postižení gastrointestinálního traktu. Gastroenteritida způsobená *Yersinií* však není tak častá, a proto se na tuto bakterii neprovádí pravidelné kontroly vodních zdrojů a potravin. Mají schopnost vegetativně přežít i v chladírenských prostředích. Projevy onemocnění bývají průjem, bolesti břicha, nevolnost, teplota (Galindo *et al.*, 2011).

3.2 Viry

Viry jsou mikroskopické mikroorganismy způsobující infekce. Skládají se z nukleové kyseliny obklopené bílkovinným obalem. Mimo hostitelskou buňku neprojevují žádné známky života. Pro pomnožení potřebují hostitele. Voda však může zprostředkovávat jejich přenos až do hostitele.

Infekce se nejrychleji rozšiřují ve skupinových zařízeních jako jsou školky, pečovatelská zařízení, vojenská a zdravotnická zařízení. Nejvíce náchylné na tyto virová onemocnění jsou malé děti, těhotné ženy, starší lidé nebo lidé s oslabeným imunitním systémem. V roce 2022 bylo hlášeno 2 154 adenovirových, 2 884 norovirových a 7 485 rotavirových gastroenteritid (SZÚ, 2023).

3.2.1 Adenoviry

Adenoviry patří mezi DNA viry, které nejčastěji napadají malé děti z důvodu nevyvinuté imunity. Bylo již identifikováno přes 50 sérotypů těchto virů. Dále napadají dospělé jedince s oslabenou imunitou, a to v důsledku vrozených imunodeficitních syndromů nebo u pacientů,

kteří prodělali transplantaci orgánů. Infekce se mohou také vyskytnout v případě uzavřených nebo přeplněných skupin. Vakcíny jsou prověřené v úspěšném snižování rizika nakažení těmito viry (Kulanayake a Tikoo, 2021; Lynch et al., 2011).

Adenoviry jsou schopné způsobovat různou řadu onemocnění od horečnatých, přes respirační až po infekce gastrointestinálního traktu. Běžně bývají přítomny v těle při nachlazení, kdy se infekce projevuje kašláním, zduřením nosní sliznice, bolestí v krku. Gastroenteritida se projevuje klasickými příznaky. Ve většině případů bývá projev nemoci mírně závažný, ale může nastat situace kdy přejde v zápal plic nebo hepatitidu. Pneumonie, která je neléčená a způsobená adenoviry má až 50% úmrtnost. Po prodělané nemoci mohou být z těla vylučovány bez příznaků i několik měsíců. V latentním stavu je, například ve vodě, schopen přežívat velmi dlouhou dobu (Parkin, Balbus a Embrey, 2002).

3.2.2 Noroviry

Norovirus je RNA virus s pozitivním lineárním řetězcem. Spadá do čeledi *Caliciviridae*. Do této čeledi dále spadají kromě Noroviru i Sapovirus, Lagovirus, Nebovirus a Vesivirus. Existuje nejméně 40 genotypů, ale vlivem lidského imunitního systému je možný vznik dalších genotypů v důsledku rekombinace genetické informace nebo mutací. Projevy infekce se ve většině případů dostaví v rádech hodin a jedná se o bolest břicha, zvracení průjem, teplota. Děti bývají často přenašeči těchto virů bez projevů infekce (Robilotti et al., 2015; Winder et al., 2022; SZU, 2023).

Norovirová infekce bývá ve většině případů krátkodobá a nezanechává po sobě dlouhodobé zdravotní následky. Přenáší se z člověka na člověka skrze kapénky. Vyskytují se nejvíce ve více skupinových zařízeních. Obvykle trvá 3 dny a projevuje se náhlým prudkým zvracením, bolestmi břicha a průjmy (Zeece, 2020).

3.2.3 Rotaviry

Rotaviry jsou dvouřetězcové RNA viry, tedy dsRNA, neobalené a obsahují tři kapsidy. Tyto kapsidy obklopují genom, který je ložený z dsRNA. Obsahují dvanáct virových proteinů. Šest z nich je strukturních a zbylých šest nestrukturních. Nestrukturní proteiny se účastní replikace genomu a obsahují virový enterotoxin. Typickým projevem infekce je zvracení, dále může vyvolat i malátnost, gastroenteritidu. Nejvíce jsou na infekci náchylné děti od 3 do 5 let, ale výjimkou nejsou ani lidé do 18 let. Rotavirové infekce mají na svědomí několik tisíců úmrtí ročně. V roce 2006 byla schválena perorální vakcína, která pomohla ve snížení úmrtí.

Dále se zavedli vakcinace proti rotavirům a tím se snížila hospitalizace v nemocnicích i úmrtnost (Arias a López, 2021; Crawford et al., 2017).

Nejběžnější způsob přenosu bývá skrze fekálně-orální cestu přes kontaminovanou vodu, potravinu. Jsou odolné vůči mrazírenskému chladu, ale nepřežívají při třiceti sedmi stupních celsia a pH 2. To odpovídá kyselosti žaludku zdravého dospělého člověka. Způsobují akutní průjem, zvracení, bolesti břicha, nevolnost (Onyeaka a Nwabor, 2022).

3.3 Mikromycety

Mikromycety je označení pro mikroskopické houby.

3.3.1 *Candida*

Candida je rod kvasinek, které se běžně vyskytují v trávicím traktu, na kůži a povrchu sliznic, ale při pomnožení způsobují plísňové infekce. Voda může být zprostředkovatelem přenosu. *Candida* spadá pod nejběžnější patogeny způsobující lidské infekce jak povrchové, tak systémové. Infekce se nazývá kandidóza a k jejímu vzniku dochází při narušení přirozené rovnováhy. Například při oslabení imunitního systému, při užívání antibiotik, hormonálních změnách nebo v důsledku zvýšeného příjmu cukru, popřípadě alkoholu. Projevy kandidózy bývají zarudnutí, svědění, pálení, bílý povlak, bolest. To vše záleží na místě, které je postiženo. Mezi zástupce patří *Candida albicans*, *Candida tropicalis*, a *Candida krusei* (Turner a Butler, 2014).

Nejčastěji se však jedná o *Candida albicans*. Díky své vysoké odolnosti vůči chlóru se může snadno udržovat v bazénech. Do těla se dostanou skrze přímý kontakt s tělem anebo inhalací aerosolu. Způsobuje kvasinkové infekce, které postihují různé části těla. Nejčastěji infekci plic, bronchitidu, infekce kůže anebo infekce ženským pohlavních orgánů. Projevy bývají svědění, pálení a dokonce bolest. V případě infekce plic se projevuje kašláním, dušností, teplotou (Water Environment Federation, 2017).

3.4 Cyanobakterie

Cyanobakterie, v překladu sinice, jsou gram negativní bakterie, které obsahují barviva, hlavně chlorofyl, ale i další. Spadají do prokaryoty. Jsou schopné fotosyntézy a umí vázat oxid uhličitý a dusík (Castenholz, 2015).

Tato jejich schopnost je nevýhodou v případě, že se ve vodě vyskytuje velké množství dusíku a uhlíku. Schopnost, že je umí vázat vede k vzniku vodního květu, což je rozkvět sinic. Vznikají velké plochy se zelenými plovoucími šupinkami, která se rozkládají a nepříjemně zapáchají. V důsledku jejich rozkladu se z nich uvolňují toxiny (cyanotoxiny). Nejznámější je toxin microcystin. Zvýšená koncentrace toxinů má negativní vliv na lidské zdraví. Mohou sloužit jako ukazatelé čistoty vody (EPA, 2023).

3.5 Řasy

Řasy jsou organismy patřící do eukaryoty. Vyskytují se běžně v mořských vodách i sladkovodních. Obsahují různá barviva jako je chlorofyl, karoteny atd. Mají schopnost fotosyntézy a spadají mezi autotrofní organismy. Zatímco v mořích zastávají kladnou funkci v potravním řetězci ryb. V koupacích vodách, jako jsou přírodní koupaliště, uměle vytvořená, i bazény, nejsou žádány vůbec. Mohou produkovat toxiny nebezpečné pro zdraví (Raven a Giordano, 2014).

3.6 Doba potřebná k projevení infekce

Při vystavení se patogenním látkám vždy záleží na množství, které se do lidského těla dostane a v druhé řadě na stavu imunitního systému. Inkubační doba, po jejímž uplynutí se objevují první příznaky infekce, závisí mimo jiné na konkrétním patogenu a okolní teplotě. Vzhledem k tomu, že se tyto mikroorganismy množí v lidském organismu, je jejich optimální růstová teplota přibližně 37 °C. Přehled standardních inkubačních dob je uveden v tabulkách č. 1, 2 a 3.

Tabulka 1 Inkubační doba po vystavení organismu infekční dávce bakterií (Könögen a Wade, 2015; Behr et al., 2019; Elsaghir a Reddivari, 2023; SZÚ, 2022; Adler a Moctezuma, 2010; SZÚ, 2022; Aslam a Okafor, 2024; Muller a Tainter, 2024, Sadowsky a Whitman, 2011; Hart, 2006; Bengoechea a Pessoa, 2019; Sood et al., 2008; Jomehzadeh et al., 2019; Araos, D'Agata, 2019; Brynestad a Granum, 2002; Baker-Austin et al., 2018; Galindo et al., 2011; SZÚ, 2023)

Bakterie	
Druh mikroorganismu	Doba inkubace
<i>Aktinomycety</i>	V řádech dnů
<i>Mykobakterie</i>	V řádech týdnů
<i>Bacteroides</i>	V řádech dnů
<i>Campylobacter</i>	24–72 hodin
<i>Leptospira</i>	V řádech dní
<i>Salmonella</i>	V řádech hodin
<i>Shigella</i>	12 hodin – 3 dny
<i>Escherichia coli</i>	3–9 dnů
<i>Citrobacter</i>	1–3 dny
<i>Enterobacter</i>	12 hodin – 3 dny
<i>Klebsiella</i>	1–3 týdny
Enterokoky	V řádech hodin
<i>Legionella</i>	2–10 dní
<i>Pseudomonas</i>	1–3 dny
<i>Clostridium</i>	6–24 hodin
<i>Vibrio</i>	12 hodin-5 dní
<i>Yersinia</i>	V řádech dnů

Tabulka 2 Inkubační doba po vystavení organismu infekční dávce virů (Parkin, Balbus a Embrey, 2002; Zeece, 2020; Onyeaka a Nwabor, 2022)

Viry	
Druh mikroorganismu	Doba inkubace
Adenoviry	2-5 dnů
Noroviry	48 hodin
Rotaviry	Do 3 dnů

Tabulka 3 Inkubační doba po vystavení organismu mikromycetám a cyanobakteriím (Water Environment Federation, 2017; EPA, 2023)

Mikromycety a Cyanobacterie	
Druh mikroorganismu	Doba inkubace
<i>Candida</i>	V řádech dnů
<i>Cyanobacterie</i>	Opakované vystavení toxinům

4 Kritéria množství mikroorganismů ve vodách

Zde v dalších podkapitolách je uvedeno, jaké hodnoty počtu mikroorganismů musí splňovat vody pitné, teplé, ale i vody koupališť. Dále se zde pojednává i o hodnocení jakosti přírodních koupališť, jsou zde uvedeny i klasifikace vody.

4.1 Kritéria pitné a teplé vody

Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy a další látky v takové koncentraci nebo počtu, které by ohrozily veřejné zdraví. Podle počtu obyvatel zásobované oblasti a rozváděnému objemu vody na den je vyhláškou č. 252/2004 Sb. stanoveno množství povinně prováděných testů ročně. Rozborem se stanoví počet mikroorganismů v jednotkách KTJ/ml. Balená pitná voda musí splňovat hygienické podmínky po dobu její minimální trvanlivosti. V tabulce číslo 4 jsou zobrazeny limitní hodnoty, které voda musí splňovat, aby byla považována za hygienicky nezávadnou a vhodnou ke konzumaci (Vyhláška č. 252/2004 Sb.).

Tabulka 4 Limitní hodnoty mikroorganismů v pitné vodě (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)

Druh mikroorganismu	Limit	Typ limitu
<i>Escherichia coli</i>	0 KTJ/100 ml	NMH
Koliformní bakterie	0 KTJ/100 ml	MH
Enterokoky	0 KTJ/100 ml	NMH
<i>Legionella pneumophila</i>	0 KTJ/100 ml	NMH, MH
<i>Pseudomonas</i>	0 KTJ/250 ml	NMH
<i>Clostridium perfringens</i>	0 KTJ/100 ml	MH

Poznámka: KTJ – kolonie tvořící jednotky, MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota

Poznámka – *Legionella pneumophila* se stanovuje v teplé vodě. Jako mezní hodnota se stanovuje pro zdravotnická zařízení a ubytovací a dále pro vodu dodávanou do sprch umělých i přírodních koupališť (Vyhláška č. 275/2004).

4.2 Kritéria a klasifikace vod v přírodních koupalištích

Přírodní koupaliště je plocha určená k rekreaci lidí. Je tak označováno místo, které není ošetřováno chemickými látkami. Vody obsahují svojí vlastní mikroflóru v různém poměru. Koupaliště mohou být jak umělé vytvořené, tak vzniklé působením přírody. Z míst, kde probíhala dříve těžební činnost, tedy lomů, se zde často po skončení prací stane právě již zmíněné přírodní koupaliště. Stane se tomu tak, že se daná plocha zatopí. U těchto vod se však musí hlídat hygienické parametry mikroorganismů a při překročení jejich limitů se koupací plocha označí jako nevhodné k rekreaci. Hodnoty, které musí splňovat jsou uvedeny v tabulkách 5 a 6 3 (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tabulka 5 Kritéria obsahu mikroorganismů v přírodních koupacích vodách 3. (Vyhláška č. 238/2011 Sb.)

Druh mikroorganismu	Doporučená hodnota	Limitní hodnota	Jednotky
Koliformní bakterie	500	10 000	KTJ/100 ml
Termotolerantní koliformní bakterie	100	2000	KTJ/100 ml
Salmonely	0	0	KTJ/1
Enterokoky	100	400	KTJ/100 ml

U přírodních koupališť je velmi pravděpodobné, že budou náchylné k rozvoji cyanobakterií. Proto se dělají rozbory, díky kterým se zjistí jejich obsah v koupací ploše a na základě výsledků se stanoví kvalita vody pro koupání. Následně se voda oklasifikuje. Hodnoty obsahu buněk ve vzorku koupací vody při pomnožení cyanobakterií jsou uvedeny v tabulce číslo 3 (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tabulka 6 Stupně pomnožení cyanobakterií (Vyhláška č. 238/2011 Sb.)

	1. Stupeň znečištění	2. Stupeň znečištění	3. Stupeň znečištění	Jednotka
Cyanobakterie	20 000 – 100 000	Více jak 100 000	Vodní květ	Buňka/1 ml

Vodní květ vzniká při hromadném přemnožení cyanobakterií. Ty jsou již viditelné pouhým okem. Na povrchu vod je možné spatřit nakupené množství zelené hmoty. Nejčastěji se tento proces děje v teplých letních měsících a poukazuje na sníženou kvalitu vody. Vodní květ se vyskytuje na hladině koupací plochy, snadno je po hladině unášen větrem a nejvíce se hromadí u břehu. Cyanobakterie do vody produkují toxiny, které při kontaktu způsobují podráždění kůže, očí, ale i otravu, která se projeví bolestmi hlavy, střevními a žaludečními problémy. Lze provést test pomocí PET lahve, kterým zjistíme přítomnost cyanobakterií a to tak, že lahev naplníme vodou, po dobu zhruba dvaceti minut ji necháme na světle. Pokud zkoumaná voda obsahuje cyanobakterie, na hladině se seskupí prstenec zákalu. V případě obsahu pouze řas vznikne usazenina na dně (NZIP, Zdravotní rizika spojená s koupáním ve volné přírodě, 2023).

Na základě obsahu cyanobakterií a mikroorganismů se koupací vody klasifikují do čtyř základních skupin, a to výborná jakost vody, dobrá jakost vody, přijatelná jakost vody a nevyhovující jakost vody. Pokud je hodnota buněk v jednom mililitru nižší, než při prvním stupni je tedy voda svou jakostí považována za výbornou, lze jí využívat k rekreaci bez problémů a následných zdravotních komplikací. Při 20 000 až 100 000 buněk v jednom mililitru voda odpovídá prvnímu stupni znečištění, hodnotí se jako jakost dobrá. Stále je vhodná k rekreaci, ale lidé se zvýšenou citlivostí by mohli mít alergickou reakci. Hodnoty nad 100 000 buněk v jednom mililitru odpovídají druhému stupni znečištění a jakost je přijatelná. Při kontaktu s vodou je doporučeno se ihned po koupání osprchovat, aby se zamezilo podráždění kůže nebo dalším negativním zdravotním důsledkům. Při vzniku vodního květu odpovídá voda nevyhovující jakosti. Koupání není v tomto případě vůbec vhodné a mohlo by mít zdravotní následky (Vyhláška č. 238/2011).

5 Možnosti kontaminace vody

Voda může být kontaminována různými možnými cestami. Průnikem mikroorganismů do půdy, agrikulturou, kanalizačním systémem a domácími odpady, průmyslovými procesy, skládkami odpadu, přívalovými dešti. Blíže, jak se patogenní mikroorganismy ocitnou uvnitř těla člověka, se pojednává v podkapitole mechanismy přenosu infekce (EPA, 2023).

Při prudkých přívalových srážkách dochází k vymývání živin obohacujících půdu. Tedy i k odstranění mikroorganismů v půdě. V případě, že přívalová voda nestíhá odtékat se následně zaplaví odpadní systémy a kanalizace. Dojde k vyplavení odpadní vody obsahující patogeny. Nadbytek obsahu kontaminované vody se i s nežádoucími organismy odplaví do vodních toků. Při znečištění břehů vodních zdrojů se vlivem zvýšení hladiny vymyjí tyto látky do vody (Roig, *et al.*; 2011).

V agrikultuře se nejčastěji dostávají mikroorganismy do zdrojů pitné vody při použití metabolitů hospodářských zvířat. Běžně se tomu nestane, ale když například zvíře pozře kontaminovanou vodu, rozvine se u něj infekce a při obohacování orné půdy se půda kontaminuje. Při následných prudkých deštích dojde k vymytí a odplavení organismů, ale zároveň mohou prosáknout i do spodních vod, které jsou zdroji pitné vody (Dufour a Bartram, 2012).

Při odvádění domácích odpadů kanalizačním systémem dochází, v případě špatné konstrukce potrubí nebo narušení jeho struktury, k prosáknutí kontaminované vody z potrubí. Když se zdroj pitné vody nachází v blízkosti tohoto potrubí proběhne zde k narušení její čistoty (Collins, *et al.*, 2015).

Během průmyslových procesů dochází k produkci velkých objemů odpadních vod, které obsahují určité množství mikroorganismů, i patogenních. Při nedostatečné sanitaci a vyčištění těchto vod nastane během uvolnění do vodních toků průnik a následná kontaminace vody. Druhá možnost kontaminace vodních toků se může objevit v případě provozních havárií. Během toho se uvolní do vody neskutečné množství patogenů. Pokud se toto stane musí se ihned zahájit nápravné řízení (Tripathi, *et al.*, 2021).

5.1 Mechanismy přenosu infekce

Existují čtyři základní cesty průniku patogenních mikroorganismů do těla. kontaktu s námi může přijít fekálně – orální cestou, vzduchem (vdechnutí), přímým kontaktem a perkutánně (NZIP, Zdravotní rizika spojená s pitnou vodou, 2023).

Fekálně – orální cesta je metoda, kdy se patogenní mikroorganismus dostane do těla skrz ústa pomocí infikované potraviny, v tomto případě vodou. Například pokud máme rodinný dům, který má vlastní studnu a nachází se v blízkosti zemědělského pole může být studniční voda kontaminována patogenními mikroorganismy. V případě, že zemědělec, který pole vlastní, zvolí cestu přírodního hnojení pole, se však pouští i do jistého rizika. V hnojení se mohou vyskytovat zdraví závadné mikroorganismy. V období, kdy se více vyskytují dešťové srážky se po skončení obohacování půdy již zmiňované mikroorganismy díky srážkové vodě dostanou půdou do svého okolí. A tím i do studny rodinného domu. Při požití kontaminované vody se patogeny dostanou do těla, kde vyvolají infekci, která se ve většině případů projeví střevními problémy.

Vzduchem se do dýchacího ústrojí mohou patogeny také dostat, a to díky kapénkám nebo aerosolu. *Legionella pneumophila* je schopna žít v teplé vodě. To je velmi nežádoucí. Například při snaze šetřit se teplota ohřevu vody ke sprchování, mytí nádobí, stáhne a již zmíněný mikroorganismus se zde začne pomnožovat díky vhodným podmínkám prostředí. Následně při sprchování můžeme vdechnout již kontaminovaný aerosol. Mikroorganismus nám vnikne do dýchacích cest a vypukne infekce.

Přímým kontakt s pokožkou je další způsob infekce. Kůže, jakožto největší orgán lidského těla je každý den vystavována škodlivým vlivům prostředí. Jako vhodný příklad zde poslouží vodní květ cyanobakterií, který se tvoří hlavně v letních měsících. V případě, že bychom ve vodě s masovým přemnožením těchto mikroorganismů pobývali určitou chvíli, mohly by se u nás vyskytnout různá podráždění očí, sliznic, ekzémy a zarudnutí. Kožní reakce je způsobená vlivem toxinů, které jsou cyanobakteriemi do vody produkovány.

Perkutánní cesta infekce znamená, že se infekce do těla dostane skrze poranění. Máme rod *Pseudomonas*, který se vyskytuje ve vodě. Při zranění jako jsou popáleniny, různé rány na kůži se infekční patogen dostane skrze vodu do poraněného místa. V tomto místě se usadí, začne se pomnožovat a způsobí různá zanícení a hnisavé záněty.

5.2 Dělení infekčních mikroorganismů

Mikroorganismy, které způsobují zdravotní potíže, se dají dělit do dvou skupin. Tedy v případě, že infikují zdroje vody určené pro konzumaci. A to na fekální a nefekální (NZIP, Zdravotní rizika spojená s pitnou vodou, 2024).

Jak už z názvu vyplývá, fekální mikroorganismy jsou přítomny v exkrementech zvířat i lidí. Přirozeně osidlují střevní mikro biom a podílí se tak na důležitých procesech, které se v těle uskutečňují. A to vstřebávání živin (minerální látky, vitamíny, ...) a trávení v tlustém střevě. Při narušení střevní mikroflóry dochází k narušení imunity jedince. Mezi typické mikroorganismy, který se vyskytují v trávicím traktu spadá již zmíněná *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Clostridium*. Navzdory pozitivnímu působení při osídlení střevní stěny se tyto mikroorganismy stávají patogenními při kontaminaci potravin a pitných zdrojů vody i vod koupacích.

Druhou skupinou jsou mikroorganismy nefekální. Běžně se vyskytují v životním prostředí. Tedy v půdě a ve vodě, kde se účastní rozkladů organické hmoty. Ve vzduchu jsou mikroorganismy ve většině případů přenášeny na prachových částicích. Mohou být jak neškodné, tak patogenní a způsobovat infekce. Mezi zástupce patří *Legionella*, *Pseudomonas*.

6 Opatření proti mikroorganismům

Pro zajištění zdravotní nezávadnosti vody je nutné ji ošetřit tak, aby zde nedocházelo k pomnožování patogenních mikroorganismů. To lze provést několika způsoby, které jsou rozebrány dále v této kapitole.

6.1 UV dezinfekce vody

Pro dezinfekci pitné vody lze využívat ultrafialové záření, které může být produkováno různými druhy lamp. Nejúčinnější vlnová délka se pohybuje mezi 240 až 280 nanometry. Avšak za to s největší silou se udává 265 nanometrů. Voda se vystaví tomuto záření. To proniká do buněčné struktury, kde působí na genetickou informaci mikroorganismů, tedy DNA. Strukturálně naruší složení DNA a způsobí její denaturaci. Mikroorganismus tak není schopen se dále množit a zaniká. Nejvíce se využívá nízkotlaká rtuťová lampa, ve které se rtuť po celou dobu udržuje v tekutém stavu a je schopna dosáhnout až 400 °C. Mohou se také využívat Nízkotlaké vysokovýkonné lampy, amalgámové lampy, středotlaká rtuťová výbojka nebo halogenidové výbojky. Výhody jsou: poměrně nízké náklady na provoz, k dezinfekci vody nejsou potřeba žádné jiné chemikálie, nemění chuť, vůni ani nezpůsobuje zákal vody, proces dezinfekce bývá rychlý. Nevýhody bývají: hrozba uvolnění rtuti do vody při rozbití, nelze aktivně kontrolovat účinnost, proto se musí přidávat i chlor, při přerušení dodávky elektřiny nedojde k dezinfikování vody (Paidalwar a Khedikar, 2016).

6.2 Volný chlor

Při tomto procesu dezinfekce vody se využívá volný chlor. Ten má skoro stejné dezinfekční účinky jako při použití ozonu. Při procesu chlorování vody část chloru reaguje s přírodními látkami a anorganickými látkami. Zbytek chloru, který s látkami nereaguje se nazývá celkový chlor. Celkový chlor se dále dělí na volný a kombinovaný. Kombinovaný chlor je slabé dezinfekční činidlo, které reaguje s organickými a anorganickými látkami obsahující dusík, například s dusičnany a močovinou. Volný chlor je zbytek chloru, který inaktivuje patogeny. Celkový potřebný chlor je součtem volného a kombinovaného chloru. Nevýhodou je, že při používání chemických sloučenin k ošetření vody dochází k tvorbě vedlejších produktů, které mohou mít neblahý účinek na lidské zdraví. To je však zanedbatelné při srovnání s vedlejšími účinky nechlorované vody, kdy dochází k proniknutí patogenních mikroorganismů do těla a následným zdravotním potížím. V žádné studii nebylo dokázáno, že by měl chlor karcinogenní účinky (Mazhar, et al., 2020).

6.3 Ozonizace

Ozonizaci lze využívat při čištění vody a také odpadních vod. Využívá se pro rozklad toxických látek, které vodu znečišťují. Během prosté ozonizace vody vznikají i vedlejší škodlivé toxické látky. Z toho důvodu se využívá katalytická ozonizace, kdy se využívají katalyzátory. Ty jsou schopné rozložit ozon (O_3) na volné radikály, které už jsou účinnější v rozkladu organicky toxických látek, také působí proti zvyšujícímu se počtu patogenních mikroorganismů. Nevýhodou však jsou finanční náklady na pořízení a provoz katalyzátorů (Wang a Chen, 2020).

6.4 Chloramin

Hned vedle chloru je chloramin další velmi účinná dezinfekční látka v boji proti patogenním mikroorganismům. Organické chloraminy se označují jako N-chloraminy. Skládají se nejméně z jednoho atomu chloru. Na něj je navázaný na atom aminového dusíku. Vznikají při chloraci. Poskytuje dlouhodobější ochranu vody, a to díky své stabilitě. Výhodu může být také menší zápach a chuť po chloru. Během dezinfekce vody při využívání chloraminu dochází k neustálé kontrole patogenních mikroorganismů (Norton a Lechevallier, 1997).

7 Provedení mikrobiologického rozboru vody

Během stanovování počtu mikroorganismů ve vodě se postupuje následovně.

7.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků vždy provádí řádně proškolená osoba a informace provedených kroků během odběru vzorku. Pro odběr se využívají sterilní vzorkovnice. Nejčastěji se využívají 500 mililitrové nádoby. Materiál, který tvoří vzorkovnice je převážně plast nebo sklo. Zátky bývají také z plastu či skla nebo kovu. Plastové vzorkovnice mohou mít ještě zamačkávací víčka. U plastových a skleněných zátek musí být provedeno opatření proti kontaminaci, a to překrytím hliníkovou fólií. V případě, že se vzorek odebírá přímo ponořením do vody, je nutné, aby byla vzorkovnice sterilní i zvenčí. Sterilní ochrany lze docílit uchováním v hliníkové fólii, plastovým obalem nebo pevným balícím papírem (po autoklávování). Povrch může být také ošetřen dezinfekčním činidlem, to bezprostředně před provedením odběru. Pro stanovení *Salmonell* a *Legionell* bývá potřeba odebrat větší objem cca 1 litr. Skleněné vzorkovnice jsou výhodnější v tom, že je lze opakovaně používat. Nejprve se musí očistit detergentem, který není toxický a neobsahuje fosfor. A následně se vypláchne demineralizovanou vodou. Ke sterilizaci dochází v autoklávu a probíhá za těchto podmínek: 121 °C, po dobu 15 minut a to při 0,1 MPa. Při odběru vzorku vody, ve které se vykytuje nějaké oxidační činidlo, které bylo použito pro dezinfekci vody, je nutno přidat inaktivační činidlo. Například při dezinfekci vody chlorem je nutno na 100 mililitrů odebraného vzorku přidat 0,1 mililitrů 1,8 % roztoku pentahydrátu thiosíranu sodného. To postačuje pro inaktivaci 5 mg/l volného chloru. Odběr vzorku vody z rozvodné sítě se provádí tak, že se z kohoutku odstraní všechny nástavce, následně se očistí od nečistot, několikrát se pustí voda, a nakonec se opálí. Po opálení se voda ponechá chvíli odtékat, aby došlo k její přirozené teplotě a odebere se vzorek. Při odběru vzorku vody, tak jak je spotřebována se z kohoutku neodebírají žádné části a ani se nedesinfikuje. Při odběru vzorku vody ze studní se opaluje kovový kohout, který se na studni ve většině případů vyskytuje. Voda v plaveckých bazénech se většinou odebírá stejně jako u vod povrchových a to 10 až 30 centimetrů pod povrchem. U koupališť se voda odebírá v místech, kde se vyskytuje nejvíce koupajících se. A to v místech hloubky 1 až 1,5 metru, kdy se vzorkovnice umístí 20 až 30 centimetrů pod povrch vody. Během dopravy vzorku do laboratoře do laboratoře se uchovávají v chladu, ale vzorky nesmí zmrznout (ČSN EN ISO 19458, 2007).

7.2 Mikrobiologická kritéria vod

Při úplném mikrobiologickém rozboru vzorku pitné vody se stanovují mikroorganismy vypsané v tabulce. Navíc se zde stanovují počty kolonií 22 °C a 36°C. Musí splňovat limity podle vyhlášky č. 252/2004 Sb.

Tabulka 7 Mikrobiologické požadavky při úplném rozboru vody (Vyhláška č. 252/2004 Sb.)

Mikroorganismus	Limitní jednotka	Jednotka	Typ limitu
<i>Escherichia coli</i>	0	KTJ/100ml	NMH
Intestinální enterokoky	0	KTJ/100ml	NMH
<i>Clostridium perfringens</i>	0	KTJ/100ml	MH
Koliformní bakterie	0	KTJ/100ml	MH
Počty kolonií při 22 °C	100	KTJ/ml	NMH
počty kolonií při 36 °C	20	KTJ/ml	NMH
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	KTJ/250ml	NMH

Poznámka: KTJ – kolonie tvořící jednotky, MH – mezní hodnota, NMH – nejvyšší mezní hodnota, DH – doporučená hodnota

7.3 Stanovení koliformních bakterií a *Escherichia coli*

Pro stanovení *Escherichia coli* a koliformních bakterií ve vzorcích vody se využívají metoda membránové filtrace nebo metoda nejpravděpodobnějšího počtu.

7.3.1 Membránová filtrace

V tomto stanovení se využívají membránové filtry z celulózy o průměru pórů 0,45 mikrometrů. Přes něj se přefiltruje 100 mililitrů vzorku vody. Membránový filtr se následně přenes

na chromogenní médium CCA. Nesmí pod ním zůstat vzduchové bublinky. Následně se provede kultivace v zavěšené poloze při 37 °C. Během kultivace dochází k produkci dvou enzymů β -D-galaktosidázy a β -D-glukuronidázy. Jsou-li při rozboru přítomny bakterie *Escherichia coli*, v případě pozitivního výsledku, kolonie na Petriho misce tmavě modré nebo fialové, znamená to, že je daná bakterie β -D-galaktosidáza i β -D-glukuronidáza pozitivní. U presumptivních koliformních bakterií se provede oxidázový test. Kdy se v Petriho misce na filtrační papír nakape oxidační činidlo (tetramethyl-p-fenyldiamindihydrochlorid). Stanovované kolonie se přenesou na papír. Pozitivní reakce se projeví během 30 vteřin, a to tmavě modrým zbarvením (ČSN EN ISO 9308-1, 2015).

7.3.2 Metoda nejpravděpodobnějšího počtu

Tato metoda je vhodná pro všechny typy vod. K určení nejpravděpodobnějšího počtu mikroorganismů se následně využívají standardizované tabulky. K určení *Escherichia coli* dochází kvůli produkci enzymů β -D-galaktosidáza i β -D-glukuronidáza. Koliformní bakterie produkují β -D galaktosidázu. Dehydratované medium se přidává k 100 mililitrům vzorku vody. Vše se řádně promíchá a následně přelije do speciální destičky s jamkami, jménem Quanti-Tray. Suspenze se vtlačí do jamek a zataví se. Kultivace probíhá při 37 °C po dobu 18 až 22 hodin. Po kultivaci se koliformní bakterie poznají podle zežloutnutí jednotlivých polí. *Escherichia coli* se pozná díky UV světlu, kdy se v tmavé místnosti na destičku svítí UV lampičkou. Pozitivní nález se pozná fluorescencí (ČSN EN ISO 9308-2, 2014).

7.4 Stanovení intestinálních enterokoků

Enterokoky se stanovují pomocí dvou metod. Metoda membránových filtrů a metoda nejpravděpodobnějšího počtu.

7.4.1 Metoda membránových filtrů

V této metodě se využívají membránové filtry s velikostí pórů 0,45 μ m. To je dostatečná velikost pro zachycení bakterií. Přes filtr se přefiltruje vhodný objem vody a následně se filtr umístí na pevné kultivační médium, které obsahuje azid sodný a bezbarvý 2, 3, 5-trifenylnitroimidazoliumchlorid. Azid sodný potlačuje růst gramnegativních bakterií a bezbarvý 2, 3, 5-trifenylnitroimidazoliumchlorid je enterokoky měněn na červený formazan. Petriho miska s kultivačním médiem a přesunutým filtrem se následně kultivuje při 37°C. Pokud testovaný vzorek obsahoval enterokoky, jsou vyrostlé kolonie zbarvené červeně. Následně se provede potvrzující test, kdy se membránový filtr přesune na žluč-eskulin-azidový agar,

který je předeřhřán na 44°C. Filtr se neobrací. V případě, že se jedná o intestinální enterokoky, dojde k hydrolyze eskulinu a to do dvou hodin. Vzniká produkt 6, 7 – dihydroxykumarin. Ten v kombinaci s železitými ionty vyprodukuje tmavě hnědou až černou sloučeninu, která v bezprostředním okolí prosakuje do média (ČSN EN ISO 7899-2, 2001).

7.4.2 Metoda nejpravděpodobnějšího počtu

Zde se využívá miniaturizovaná metoda stanovení v tekutém médiu. Pomocí této metody se stanovují intestinální enterokoky v povrchových a odpadních vodách. Intestinální enterokoky hydrolyzují 4-methylumelliferyl-β-D-glukosid v přítomnosti octanu thallného, nalidixové kyseliny a 2,3,5-trifenyltetrazoliumchloridu. Všechny tyto zmíněné látky jsou obsaženy v živném médiu. Dehydratovaným živným médiem jsou naplněny mikrotitrační destičky. Podle očekávaného znečištění se připraví požadované zředění. Kolik ředění se u různých vod provádí je zobrazeno v tabulce číslo 8. Po zhotoveném zředění se do každé mikrozkušavky naočkuje 0,2 mililitrů suspenze. Po naočkování je destička přikryta sterilní samolepící páskou a probíhá kultivace při 44 °C po dobu 36 až 72 hodin. Po uplynutí kultivační doby se vzorek vyhodnocuje pod UV světlem. Jamky, které mají modrou fluorescenci vykazují pozitivní výsledek na intestinální enterokoky (ČSN EN ISO 7899-1, 2000).

Tabulka 8 Prováděné ředění podle původu vzorku vody (ČSN EN ISO 7899-1, 2000)

Druh vzorku	Počet ředění
Voda pro koupání	2
Ostatní povrchové vody	4
Odpadní vody	6

7.5 Stanovení *Clostridium perfringens*

Využívá se metoda membránových filtrů. Toto stanovení musí proběhnout co nejdříve po odebrání vzorku. Pro stanovení vegetativních forem nejdéle 12 hodin od odebrání a pro spor nejdéle 24 hodin. V případě stanovování spor se musí usmrtit vegetativní buňky, a to zahřátím ve vodní lázni při 60 °C po dobu 15 minut. Během filtrace se používají membránové filtry o

velikosti póru 0,45 mikrometrů. Přes filtr se přefiltruje 100 mililitrů vzorku vody. Následně je filtr vyjmut a umístěn na živné médium. Což je tryptózový agar se siřičitanem a cykloserinem. Kultivace probíhá v zavěšené poloze při 44 °C po dobu 21 hodin, a to za anaerobních podmínek. Vyhodnocení musí po kultivaci proběhnout do 30 minut z důvodu rychlého blednutí zbarvení kolonií. Pozitivní kolonie jsou černé, šedé a žlutohnědé barvy (ČSN EN ISO 14189, 2017).

7.6 Počty kolonií při 22 °C a 36 °C

Toto stanovení slouží pro ověření účinnosti úpravy vody a zjištění čistoty podzemních vod. Využívá si při dlouhodobém sledování vody, kdy náhlé zvýšení počtu mikroorganismů může indikovat znečištění. Podle předpokládaného množství mikroorganismů se vzorek vody může i nemusí ředit. Do Petriho misky se očkuje 1 mililitr suspenze vzorku, který se zalije zhruba 20 mililitry rozehrátého agarového média. Kroužením se vzorek rovnoměrně rozprostře. Po zatuhnutí média se kultivuje v zavěšené poloze. Při 22 °C probíhá kultivace po dobu 68 hodin a při 36 °C po dobu 44 hodin. Výsledky se udávají v KTJ/ 1 ml (ČSN EN ISO 6222, 2000).

7.7 Stanovení *Pseudomonas aeruginosa*

Využívá se metoda membránových filtrů. V tomto stanovení se využívá selektivní živné médium, které obsahuje cetrimid. *Pseudomonas aeruginosa* v tomto případě produkuje pyocyanin. Využívají se membránové filtry o velikosti póru 0,45 mikrometrů. Stanovený objem vzorku vody se přefiltruje přes membránový filtr, který se následně umístí na živné médium. V zavěšené poloze probíhá kultivace při 37 °C po dobu 44 hodin, a to v nádobách, ve kterých je zajištěna dostatečná vlhkost. Kolonie, které tvoří modrozelený pigment jsou pozitivní na toto stanovení (ČSN EN ISO 16266-2, 2008).

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na přehled mikroorganismů, které se mohou vyskytovat ve vodním prostředí, a na rizika která pro lidské zdraví představují. Byly popsány základní vlastnosti jednotlivých patogenů, mechanismy přenosu a také příznaky onemocnění, které mohou vyvolat po požití infekční dávky kontaminované vody.

Součástí práce bylo rovněž shrnutí metod úpravy a dezinfekce vody, jejichž cílem je zajištění mikrobiologické bezpečnosti vody. Metody musí být dostatečně účinné, aby spolehlivě usmrtily přítomné mikroorganismy, zároveň ale musí být zdraví neohrožující. To znamená, že nesmějí představovat riziko pro lidské zdraví ani dlouhodobým používáním.

Pozornost byla věnována i cestám kontaminace vody a nutnosti pravidelné kontroly její kvality. V případě výskytu mikroorganismů ve vodě, ať už v důsledku fekálního znečištění či jiných forem kontaminace, jsou velmi důležitá pravidelná mikrobiologická vyšetření. Napomáhají ke včasné detekci problémů a následné nápravě bezpečnosti vody. Na základě výsledků rozborů se poté upravují dezinfekční postupy. V případě, že je zvolené ošetření vody nedostatečně účinné, dochází k optimalizaci zvolených postupů, naopak při zachování mikrobiologické kvality vody lze v osvědčených metodách pokračovat.

Výsledky a poznatky uvedené v této práci podtrhují důležitost důsledné a odborně vedené úpravy vody jako nezbytné opatření k ochraně veřejného zdraví. Správně nastavené a pravidelně vyhodnocované hygienické postupy mohou efektivně zabránit přenosu patogenních mikroorganismů a zajistit bezpečnou pitnou vodu pro širokou populaci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADLER a MOCTEZUMA. *Veterinary Microbiology - Leptospira and leptospirosis*. [Online]. ©2010, s. 287-296. [cit. 2024-03-25]. 140. ISBN 0378-1135.

ARAOS a D'AGATA. *Pseudomonas aeruginosa and other Pseudomonas species*. ©2019 [online]. [cit. 2025-06-07]. Dostupné z: Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases 9th Edition.pdf.

ARIA a LÓPEZ. *Current Opinion in Virology - Rotavirus cell entry: not so simple after all*. [online]. © 2021, Vol. 48, s. 42-48. [cit. 2024-05-07]. ISSN 1879-6257. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coviro.2021.03.011>.

ASLAM a OKAFOR. *Shigella* [online]. ©2024 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482337/>.

BAKER – AUSTIN, *et al.* *Vibrio spp. Infections. Nature Reviews Disease Primers* [online]. 2018 [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0005-8>.

BARBIERI, *et al.* *Yersinia pestis: the Natural History of Plague. Clin Microbiol Rev* [online]. 2020 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.00044-19>.

BEHR, *et al.* Is *Mycobacterium tuberculosis* infection life long?. *BMJ* [online]. 2019 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bmj.l5770>.

BENGOECHEA a PESSO. *Klebsiella pneumoniae* infection biology: living to counteract host defences. *FEMS Microbiology Reviews* [online]. 2019, 43, str. 123–144 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy043>.

BIERQUE, *et al.* *Leptospira interrogans* Retains Direct Virulence After Long Starvation in Water. *Current Microbiology* [online]. 2020, 77(10), str. 3035–3043 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00284-020-02128-7>.

BODEY, *et al.* Infections Caused by *Pseudomonas aeruginosa*. *Reviews of Infectious Diseases* [online]. 1983, 5, str. 279–313 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/clinids/5.2.279>.

BOISEN, *et al.* Redefining enteroaggregative *Escherichia coli* (EAEC): Genomic characterization of epidemiological EAEC strains. *PLOS NEGLECTED TROPICAL DISEASES* [Online]. 2020, 14(9) [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008613>. [cit. 2024-05-07].

BRYNESTAD a GRANUM. *Clostridium perfringens* and foodborne infections. *International Journal of Food Microbiology* [Online]. 2002, 74, str. 195-202 [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160501006808>. ISSN 0168-1605.

CASTENHOLZ. General Characteristics of the *Cyanobacteria*. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria* [Online]. 2015 [cit. 2024-02-26]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118960608.cbm00019>.

CCD HEALTHY SWIMMING. About Protecting Yourself from *Legionella* in Hot Tubs. *CCD* [Online]. ©2024 [cit. 2024-08-22]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/healthy-swimming/prevention/preventing-legionella-from-hot-tubs.html>. [cit. 2024-08-22].

CIBSE. Legionnaires' disease: Introduction. *Minimising the Risk of Legionnaires' Disease* [online]. Londýn, ©2013, str. 1-2 [cit. 2024-09-12]. ISBN 978-1-906846-33-6.

COHRSEN. *Patty's Industrial Hygiene: Physical and Biological Agents*. Vyd. 3. 2021, s. 319. ISBN 978-1-5231-4368-9.

COLLINS, *et al.* Intrusion Modelling and the Effect of Ground Water Conditions. *Journal of Hydraulic Engineering* [online]. ©2015 [cit. 2025-06-06]. Dostupné z: DOI: 10.1061/41203(425)55.

CRAWFORD, *et al.* Rotavirus infection. *Nat Rev Dis Primers* [online]. 2017, 3 [cit. 2024-01-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.83>.

ČSN 75 0170. *Vodní hospodářství. Názvosloví jakosti vod*. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1986. Třídící znak 750170.

ČSN EN ISO 14189, 2017. *Kvalita vod – Stanovení Clostridium perfringens – Metoda membránových filtrů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. Třídící znak 757865.

ČSN EN ISO 16266-2. *Jakost vod – Stanovení Pseudomonas aeruginosa – Metoda membránových filtrů*. Praha: Český normalizační institut, 2008. Třídící znak 757850.

ČSN EN ISO 19458. *Jakost vod – Odběr vzorků pro mikrobiologickou analýzu*. Praha: Český normalizační institut, 2007. Třídící znak 757801.

ČSN EN ISO 6222. *Jakost vod – Stanovení kultivovatelných mikroorganismů – Stanovení počtu kolonií očkovaním do živného agarového kultivačního média*. Praha: Český normalizační institut, 2000. Třídící znak 757821.

ČSN EN ISO 7899-1. *Jakost vod – Stanovení intestinálních enterokoků v povrchových a odpadních vodách – Část 1: Miniaturizovaná metoda stanovení v tekutém médiu (stanovení MPN)*. Praha: Český normalizační institut, 2000. Třídící znak 757831.

ČSN EN ISO 7899-2. *Jakost vod - Stanovení intestinálních vod – Stanovení 2: Metoda membránových filtrů*. Praha: Český normalizační institut, 2001. Třídící znak 757831.

ČSN EN ISO 9308-1. *Kvalita vod – Stanovení Escherichia coli a koliformních bakterií – Část 1: Metoda membránových filtrů pro vody s nízkým obsahem doprovodné mikroflóry*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. Třídící znak 757836.

ČSN EN ISO 9308-2. *Kvalita vod – Stanovení Escherichia coli a koliformních bakterií – Část 2: Metoda nejpravděpodobnějšího počtu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak 757836

DAOLIANG a SHUANGYIN. *Water Quality Monitoring and Management: Coliform Bacteria* [online]. ©2019, s. 303-328 [cit. 2024-02-25]. ISBN: 9780128113318.

DUFOUR a BARTRAM. *Animal waste, water quality and human health*. [online]. Londýn. IWA publishing, ©2012. [cit. 2025-06-07]. ISBN 9781780401.

ELSAGHIR a REDDIVARI. *Bacteroides Fragilis*. *StatPearls* [online]. ©2023 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553032/>.

EPA. Drinking Water, What are the trends in the quality of drinking water and their effects on human health?. *UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY* [Online]. ©2023 [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/report-environment/drinking-water>.

EPA. UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, 2023. Indicators: *Cyanobacteria* [online]. ©2023 [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-cyanobacteria>.

FARAJZADEH-SHEIKH, *et al.* Distribution of Genes Encoding Virulence Factors and the Genetic Diversity of Enteroinvasive *Escherichia coli* (EIEC) Isolates from Patients with Diarrhea in Ahvaz, Iran. *Infection and Drug Resistance* [online]. 2020, 13, str. 119–127 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/IDR.S235009>.

GALINDO, *et al.* Pathogenesis of *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis* in Human Yersiniosis. *Journal of Pathogens* [online]. 2011 [cit.2024-02-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.4061/2011/182051>.

GORANT, *et al.* *Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals: Leptospira* [Online]. ©2022 [cit. 2024-03-08]. ISBN 9781119754862. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781119754862.ch23>.

GOTHARI, *et al.* Pathogenicity and virulence of *Clostridium perfringens*. *Virulence* [online]. 2021, 12(1), str. 723–753 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1886777>.

GRUMEZESCU a HPLBAN. *Food Safety and Preservation* [online]. Londýn: Academic Press, ©2018, str. 457-458 [cit. 2024-05-01]. ISBN 978-0-12-814956-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02229-2>.

GUMÁ, *et al.* A community outbreak of Legionnaires' disease caused by outdoor hot tubs for private use in a hotel. *Front. Microbiol* [Online]. 2023, 14 [cit. 2024-08-22]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1137470>.

HARRIS a BROOKS. *Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Disease: Typhoid and Paratyphoid (Enteric) Fever* [Online]. ©2013, s. 568-576 [cit. 2024-05-06]. ISBN 9781416043904. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55512-8.00074-0>.

HART. *Principles and practice of Clinical Bacteriology: Klebsiella, Citrobacter, Enterobacter and Serratia spp* [online]. John Wiley & Sons, Ltd, ©2006, vyd. 2, str. 377–386 [cit. 2024-03-14]. ISBN 9780470017968. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9780470017968.ch30>.

HASHIOTO, *et al.* Rupture of a dissecting thoracoabdominal aortic aneurysm due to *Citrobacter freundii* infection. *Clinical. Case Reports*. [online]. 2021, 9, str. 1–5 [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ccr3.4719>.

HOPPER, *et al.* How host-microbial interactions shape the nutrient environment of the mammalian intestine. *Annual Review of Nutroton* [online]. 2002, vyd. 22, str. 283-307 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.011602.092259>.

HUNT a JEAN. *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases: Enterobacter, Cronobacter, and Pantoea Species* [Online]. ©2023, vyd. 6, s. 843-845 [cit. 2024-05-25]. ISBN 9780323756082. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-75608-2.00140-3>.

CHAUDHARI, *et al.* Biochemical and molecular mechanisms of antibiotic resistance in *Salmonella* spp. *Research in Microbiology* [Online]. 2023,174 [cit. 2024-03-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2022.103985>. ISSN 0923-2508.

IGLEWSKI. *Medical Microbiology: Pseudomonas* [online]. Galveston, ©1996 [cit. 2024-04-18]. ISBN-10: 0-9631172-1-1.

JEAN a ADURA. *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases: Citrobacter Species* [Online]. ©2022, str. 845-847 [cit. 2024-02-08]. ISBN 9780323756082. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-75608-2.00141-5>.

JOMEHZADEH. *Legionella and legionnaires' disease. Journal of Acute Disease* [online]. 2019, 8(6), str.221-232 [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: DOI: 10.4103/2221-6189.272853.

KAAKPUSH a CASTAÑO-RODRÍGUEZ. Global Epidemiology of *Campylobacter* Infection. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2015, 28 [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.00006-15>.

KHS LIBERRECKÉHO KRAJE. *Zákaz sprchování na vysokoškolských kolejích* [Online]. 2023 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: <https://www.khslbc.cz/aktuality/zakaz-sprchovani-na-vysokoskolskych-kolejih>.

KÖNÖGEN a WADE. *Actinomyces* and Related Organisms in Human Infections. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2015, 28 [cit. 2024-04-18]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.00100-14>.

KULANAYAKE a TIKOO. Adenovirus Core Proteins: Structure and Function. *Viruses* [online]. 2021, 13(3), str. 388 [cit. 2024-05-13]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/v13030388>.

LEVETT. Leptospirosis. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2001, 14 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.14.2.296-326.2001>.

LIU a WHITEHOUSE. Presence and Persistence of *Salmonella* in Water: The Impact on Microbial Quality of Water and Food Safety. *Front. Public Health* [online]. 2018, 30;6, str. 159 [cit. 2024-06-13]. Dostupné z: doi: 10.3389/fpubh.2018.00159.

LYNCH, *et al.* Adenovirus. *Respiratory and Clinical Care Medicine. Thieme Medical Publishers* [online]. 2011, 32(4), str. 494-511 [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: doi: 10.1055/s-0031-1283287.

- MANSAN-ALMEIDA, *et al.* Diffusely adherent *Escherichia coli* strains isolated from children and adults constitute two different populations. *BMC Microbiol* [online]. 2013, 13, str. 22 [cit. 2024]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-22>.
- MARE, *et al.* Enteropathogenic *Escherichia coli*. *Gastroenterology Insights* [online]. 2021, 12(1), s. 28-40 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/gastroent12010004>.
- MAZHAR, *et al.* Chlorination disinfection by-products in municipal drinking water – A review. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2020, vyd. 273 [cit. 2024-05-25]. ISSN 0959-6526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123159>.
- MCCOY. *Preventing Legionellosis* [online]. London. L: IWA Publishing, ©2006, str. 12 [cit. 2024-04-18]. ISBN 9781780402512. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/9781780402512>.
- MELTON-CELSA, *et al.* Pathogenesis of Shiga-Toxin Producing *Escherichia coli*. *Current Topics in Microbiology and Immunology* [online]. 2012, 357, str. 67-103 [cit. 2024-05-12]. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/82_2011_176.
- MENTZER a SVENNERHOLM. Colonization factors of human and animal-specific enterotoxigenic *Escherichia coli* (EPEC). *Trends in microbiology* [online]. 2024, 32(5), str. 448-464 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tim.2023.11.001>.
- MONDINO, *et al.* Mechanisms of Disease, Legionnaires' Disease: State of the Art Knowledge of Pathogenesis Mechanisms of *Legionella*. *Annual Review of Pathology* [online]. 2020, 15, str. 439-466 [cit. 2024-07-06]. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-pathmechdis-012419-032742>.
- MULLER a TAINTER. *StatPearls: Escherichia coli* [online]. StatPearls Publishing, ©2024 [cit. 2024-05-17]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK564298/>.
- MZP. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Povrchové vody* [online]. 2001 [cit. 2023-10-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/povrchove_vody. [cit. 2023-10-24].
- NORTON a LECHEVALLIER. Chloramination: its effect on distribution system water quality. *JournalAWWA* [online]. 1997, 89, str. 66-77 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1997.tb08260.x>.

NZIP. Národní zdravotnický informační portál. Zdravotní rizika spojená s pitnou vodou [online]. ©2024 [cit. 05.02.2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/830-zdravotni-rizika-z-pitne-vody>.

NZIP. Národní zdravotnický informační portál. Zdravotní rizika spojená s koupáním ve volné přírodě [online]. ©2023 [cit. 21.12.2023]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/827-zdravotni-rizika-spojena-s-koupanim-ve-volne-prirode>.

ONYEAKA a NWABOR. Food Preservation and Safety of Natural Products: Foodborne viruses, Rotavirus. Londýn: Elsevier, ©2022, s. 30-31. ISBN 978-0-323-85700-0.

ORGEUR, *et al.* Evolution and emergence of *Mycobacterium tuberculosis*. *FEMS Microbiology Reviews* [online]. 2024, 48(2) [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuae006>.

PAIDALWAR a KHEDIKAR. Overview of water disinfection by UV technology—A review. *International Journal of Science Technology & Engineering* [online]. 2016, 2., str. 213-219 [cit. 2024-05-16]. ISSN 2349-784X. Dostupné z: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30976.25608>.

PARENT, *et al.* Cell-Mediated Protection against Pulmonary *Yersinia pestis* Infection. *Infection and Immunity* [online]. 2005, 73(11), str. 7304-10 [cit. 2024-06-17]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/iai.73.11.7304-7310.2005>.

PARKIN, BALBUS a EMBREY, 2002. *Handbook of CCL Microbes in Drinking Water: Adenovirus in Drinking Water* [Online]. Denver: American Water Works Association, ©2002, s. 71-72 [cit. 2024-03-30]. ISBN 1583211608.

PAULSEN a SUE. *Pediatric Transplant and Oncology Infectious Diseases: Nocardia and actinomyces* [online]. ©2021, s. 233-240 [cit. 2024-02-27]. ISBN 9780323641982. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-64198-2.00039-7>.

PEPPERELL, *et al.* Low-Virulence *Citrobacter* Species Encode Resistance to Multiple Antimicrobials. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* [online]. 2002, 46, str. 3555–3560 [cit. 2024-06-12]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/aac.46.11.3555-3560.2002>.

PERCIVAL a WILLIAMS. *Microbiology of Waterborne Diseases: Mycobacterium* [online]. Academic Press, ©2014, 2, str. 177-207 [cit. 2024-04-19]. ISBN 9780124158467. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415846-7.00009-3>.

PERCIVAL a WILLIAMS. *Microbiology of Waterborne Diseases: Shigella* [online]. Academic Press, ©2014, 2, str. 223-236 [cit. 2024-05-06]. ISBN 978-0-12-415846-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-67101-X>.

PERRY a FETHERSTON. *Yersinia pestis*--etiologic agent of plague. *Clinical Microbiology Review* [online]. 1997, 10, str. 36-37. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.10.1.35>.

PRÜSS-USTÜN, *et al.* Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* [online]. 2019, 222(5), str. 765-777 [cit. 2024-04-30]. ISSN 1438-4639. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.004>.

RAJANBIR a RAJINDER. Symptoms, risk factors, diagnosis and treatment of urinary tract infections, *Postgraduate Medical Journal* [online]. 2021, 97(1154), str. 803-812 [cit. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2020-139090>.

RAVEN a GIORDANO. Algae. *Current Biology* [online]. 2014, 24(13), str. 590-591 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cub.2014.05.039.

ROBILOTTI, *et al.* Norovirus. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2015, 28(1), str. 134-64. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.00075-14>.

ROIG, *et al.* *TrAC Trends in Analytical Chemistry - Analytical issues in monitoring drinking-water contamination related to short-term, heavy rainfall events* [Online]. Vyd. 8. ©2011, s. 1243-1251. [cit. 2025-06-08]. ISSN 0165-9936. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.04.008>.

SADOWSKY a WHITMAN. *Fecal Bacteria: Fecal Bacteria Taxonomy, Phylogeny, and Physiology of Fecal Indicator Bacteria: Clostridium Perfringens* [online]. Washington: American Society for Microbiology, ©2011, s. 31-32 [cit. 2024-03-16]. ISBN 978-1-55581-608-7.sadovs

SADOWSKY a WHITMAN. *Fecal Bacteria: Fecal Bacteria Taxonomy, Phylogeny, and Physiology of Fecal Indicator Bacteria: Citrobacter* [online]. Washington: American Society for Microbiology, ©2011, str. 152 [cit. 2024-03-18]. ISBN 978-1-61344-258-6.

SAID, TIRTHANI a LESHU. *Enterococcus* Infections. *StatPearls* [online]. ©2023 [cit. 2023-11-24]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567759/>.

SAMPAIO, *et al.* *Vibrio* spp.: Life Strategies, Ecology, and Risks in a Changing Environment. *Diversity* [online]. 2022, 14(2), str. 97. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/d14020097>.

SANDLE. *Pharmaceutical Microbiology: Microbiology laboratory techniques, Water analysis*. Cambridge: Elsevier, s. 79 [cit. 2024-06-25]. ISBN: 9780081000441.

SHAD a SHAD. *Shigella sonnei*: virulence and antibiotic resistance. *Archives of Microbiology* [online]. 2021, 203(1), str. 45-58 [cit. 2024-06-27]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02034-3>.

SIBANDA, *et al.* A Review of the Effect of Management Practices on *Campylobacter* Prevalence in Poultry Farms. *Frontiers Microbiology* [online]. 2018 [cit. 2024-06-26]. Dostupné z: doi: 10.3389/fmicb.2018.02002.

Směrnice (EU) 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě

SOOD, *et al.* Enterococcal infections & antimicrobial resistance. *Indian Journal of Medical Research* [online]. 2008, 128(2), str. 111-121 [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: https://journals.lww.com/ijmr/abstract/2008/28020/Enterococcal_infections___antimicrobial_resistance.6.aspx.

SZÚ. Nejčastější alimentární onemocnění v ČR – deskriptivní analýza kampilobakterióz za období 2018-2021. [Online]. Roč. ©2022. [cit.2025-06-07]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2022/11/ZC_10_2022_Kampylobakteriozy.pdf.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Epidemie bacilární úplavice způsobená *Shigella sonnei* v EU/EHP, Spojeném království a Spojených státech u turistů vracejících se z Kapverdských ostrovů – mezinárodní šetření ECDC [online]. ©2023 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/a-z-infekce/s/shigelozy/epidemie-bacilarni-uplavice-zpusobena-shigella-sonnei-v-eu-ehp-spojenem-kralovstvi-a-spojenych-statech-u-turistu-vracejicich-se-z-kapverdskych-ostrovu-mezinarodni-setreni-ecdc-rychle-hodno/>.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Mezinárodní epidemie *Salmonella Senftenberg* ST14 v možné souvislosti s konzumací cherry rajčat [online]. ©2023 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/a-z-infekce/s/salmonelozy/mezinarodni-epidemie-salmonella-senftenberg-st14-v-mozne-souvislosti-s-konzumaci-cherry-rajcat/>.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Alimentární nákazy s potenciálně závažným průběhem – nákazy vyvolané Shiga toxin produkující bakterií *Escherichia coli* [online]. ©2022 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/02/Zprava_STEC_update_2_2022.pdf.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Mezinárodní epidemie monofázické *Salmonella Typhimurium* typu (ST) 34 v souvislosti s čokoládovými výrobky [online]. ©2022 [cit. 2024-06-28]. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/a-z-infekce/s/salmonelozy/mezinarodni-epidemie-monofazicke-salmonella/>.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Nejčastější alimentární onemocnění v ČR – deskriptivní analýza kampylobakterióz za období 2018-2021 [online]. ©2022 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/02/ZC_10_2022_Kampylobakteriozy.pdf.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Nejčastější virové střevní nákazy v České republice v letech 2018–2022 a jejich základní epidemiologické charakteristiky [online]. ©2023 [cit. 2025-01-22]. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/06/Z-CEM-3-2023-Virove-strevni-nakazy.pdf>.

SZÚ. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Soupis jednotlivých taxonů sinic a informace důležité z hlediska hodnocení koupacích vod [online]. ©2017 [cit. 2023-10-10]. Dostupné z: https://szu.cz/wpcontent/uploads/2023/03/sinice_databaze.pdf.

TRIPATHI, *et al.* *Contamination of Water - Contamination of water resources in industrial zones* [Online]. Academic Press, ©2021, s. 85-98. [cit. 2025-06-08]. ISBN 9780128240588. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824058-8.00017-7>

TURNER a BUTLER. The *Candida* pathogenic species complex. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* [online]. 2014, 4(9) [cit. 2024-05-25]. Dostupné z: doi: 10.1101/cshperspect.a019778.

UZIS ČR. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Základní přehled epidemiologické situace ve výskytu tuberkulózy v České republice v roce 2023 [online]. ©2023 [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/res/f/008451/tbc2023-cz.pdf>.

VYHLÁŠKA č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch [online]. Sbírka zákonů České

republiky, 2011, částka 83 [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-238>.

Vyhláška č. 256/2023 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 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), ve znění pozdějších předpisů.

VYHLÁŠKA č. 256/2023 Sb. ze dne 11. srpna 2023, kterou se mění vyhláška č. 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), ve znění pozdějších předpisů [online]. Sbírka zákonů České republiky, 2023, částka 117, s. 3066–3067 [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-256>.

VYHLÁŠKA č. 70/2018 Sb., ze dne 20. dubna 2018, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů [online]. Sbírka zákonů České republiky, 2018, částka 35, s. 1159–1162 [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-70>.

WANG a CHEN. Catalytic ozonation for water and wastewater treatment: Recent advances and perspective. *Science of The Total Environment* [online]. 2020, 704 [cit. 2024-04-15]. ISSN 0048-9697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135249>.

WANG, *et al.* Structural basis of the abscess-modulating polysaccharide A2 from *Bacteroides fragilis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [online]. 2000, 97(25) [cit. 2025-06-17]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.97.25.13478>.

WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. *Wastewater Biology – The MicroLife: Candida* [online]. Water Environment Federation, ©2017, vyd. 3, str. 227. ISBN 978-1-57278-337-9.

WHO, 2022. *Guidelines for drinking-water quality* [online]. World Health Organization, ©2022, vyd. 4 [cit. 2024-06-29]. ISBN 978-92-4-004506-4.

WILSON a PANDEY. *Pseudomonas aeruginosa*. *StatPearls* [online]. ©2023 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557831/>.

WINDER, *et al.* Norovirus: An Overview of Virology and Preventative Measures. *Viruses* [online]. 2022, 14(12), str. 2811. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/v14122811>.

ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) [online]. Sbírnka zákonů České republiky, 2001, částka 62, s. 2122–2135 [cit. 2025-06-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>.

ZEECE. *Introduction to the Chemistry of Food: Norovirus* [online]. Academic Press, ©2020, s. 295 [cit. 2024-05-27]. ISBN 9780128117262.