



Středoškolská technika 2022

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

UVOLŇOVÁNÍ TĚŽKÝCH KOVŮ Z ARMATUR

Jan Jirků

Střední průmyslová škola chemická Brno, Vranovská,

příspěvková organizace

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Brně dne 1. 2. 2022 Jan Jirků

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Buriánkovi za pomoc s touto prací. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Jungovi a paní Ing. Machů z Mendelovi univerzity za jedinečnou příležitost práce na tomto tématu. Nakonec bych chtěl poděkovat JCMM za možnost vypracovat tuto práci a za finanční podporu.

Anotace

Tato středoškolská odborná činnost se zabývá problematikou čistoty vody a potrubním systémem, ze kterého se mohou uvolňovat nebezpečné látky jako těžké kovy. Zaměřuje se převážně na vliv těchto látek na člověka, jejich biochemické vlastnosti, vliv na prostředí a na legislativu spojenou s tematikou čistoty vody. Také popisuje analytickou metodu spektrofotometrie, která byla využita v praktické části. Praktická část obsahuje popis tvorby a analýzy výluhových vzorků 7 druhů potrubí. Naměřené hodnoty jsou nakonec porovnány s limity stanovenými legislativou.

Klíčová slova: Výluhová zkouška, spektrofotometrie, těžké kovy, vodovodní systémy

Annotation

This project deals with the issue of water purity and the piping system from which hazardous substances such as heavy metals can be released. It focuses mainly on the impact of these substances on humans, their biochemical properties, environmental impact and legislation related to water purity. It also describes the analytical method of spectrophotometry, which was used in the practical part. The practical part contains a description of the creation and analysis of leachate samples of 7 types of pipelines. Lastly, the measured values are compared with the limits set by the legislation.

Keywords: Leaching test, spectrophotometry, heavy metals, water supply systems

Annotation

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage der Wasserreinheit und dem Leitungssystem, aus dem gefährliche Stoffe wie Schwermetalle freigesetzt werden können. Es konzentriert sich hauptsächlich auf die Auswirkungen dieser Substanzen auf den Menschen, ihre biochemischen Eigenschaften, die Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesetzgebung zur Wasserreinheit. Es beschreibt auch die analytische Methode der Spektrophotometrie, die im praktischen Teil verwendet wurde. Der praktische Teil beinhaltet eine Beschreibung der Erstellung und Analyse von Auslaugungstests von 7 Leitungstypen. Abschließend werden die gemessenen Werte mit den vom Gesetzgeber vorgegebenen Grenzwerten verglichen.

Schlüsselwörter: Auslaugungstest, Spektrophotometrie, Schwermetalle, Wasserversorgungssysteme

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Teoretická část.....	11
2.1	Polutanty pitné vody.....	11
2.1.1	Kadmium (Cd).....	11
2.1.2	Olovo (Pb).....	12
2.1.3	Chrom (Cr).....	13
2.1.4	Zinek (Zn).....	13
2.1.5	Hliník (Al).....	14
2.1.6	Nikl (Ni).....	15
2.1.7	Měď (Cu).....	16
2.1.8	Rtuť (Hg).....	17
2.1.9	Arsen (As).....	17
2.1.10	Mikroorganismy.....	17
2.2	Měřené druhy potrubí.....	18
2.2.1	Chrom.....	18
2.2.2	Mosaz.....	18
2.2.3	Hliník.....	18
2.2.4	Měď.....	19
2.2.5	Pozink.....	19
2.2.6	Plast.....	19
2.2.7	Alupex.....	19
2.3	Regulace kvality pitné vody.....	19
2.4	Spektrofotometrie.....	21
2.4.1	Použitý přístroj.....	22
3	Praktická část.....	22

3.1	Tvorba výluhových vzorků.....	23
3.2	Kyvety a jejich chemické reakce	24
3.2.1	Měď.....	24
3.2.2	Zinek.....	25
3.2.3	Olovo.....	25
3.2.4	Hliník.....	26
3.2.5	Chrom.....	26
3.2.6	Kadmium.....	27
3.2.7	Nikl.....	28
3.3	Výsledky.....	29
4	Diskuze.....	32
5	Závěr.....	35
6	Zdroje	36

1 Úvod

Čistá neznečištěná pitná voda je základním kamenem pro vznik moderní civilizace. Proto je velmi důležité se čistotě pitné vody věnovat. Pití znečištěné vody může poškodit zdraví lidí, rostlin i živočichů a v mnoha státech světa způsobuje každoročně desítky tisíc úmrtí.

Rozhodl jsem se tuto práci sepsat kvůli mému zájmu o zdraví člověka a environmentu. Je velmi důležité, aby se na tyto nebezpečí poukázalo a abychom informovali širší spektrum osob o závadnosti určitých neekologických činností a pomáhali jak nám, tak živočichům a rostlinám v našem životním prostředí.

Pitná voda je voda, která pochází z přírodních zdrojů a splňuje určité zdravotnické a technické požadavky a je využívána lidmi k pití, vaření, či jiným domácím potřebám. Má určité specifické regulace, které voda musí splňovat. Existuje celkem 64 faktorů znečištění, které se v pitné vodě testují. Pro nezávadnost pitné vody nesmí tyto faktory přesahovat určitou mezní hodnotu, která je uvedena ve vyhlášce 252/2004 Sb.

Nejčastější formou znečištění vody je znečištění přímo u zdroje, ale může vzniknout i v potrubní síti. O tomto faktu pojednává z velké části má práce. Potrubními systémy se dostává voda ke každému z nás. Jeli část potrubí narušena, je možné, že se zde budou množit určité mikroorganismy, které se následně dostávají do naší potravy. Také se v nich mohou uvolňovat různé těžké kovy, mikroplasty a jiné látky, které mohou škodit zdraví. Druh potrubí mění jak množství uvolněných látek, tak jejich druh. Také závisí na stagnaci vody v samotném potrubí. Čím déle je voda v nehybném stavu, tím více se znečistí.

Těžkých kovů, které mohou přičinit zdravotní potíže, je velké množství. Jsou hlavním zaměřením této práce jak v měření, tak v teorii. Nebezpečné těžké kovy pro tělo jsou například kadmium, olovo, chrom, mangan, rtuť, arsen a jiné.

Kontroly kvality pitné vody jsou nejdůležitější částí mé práce a důvod, proč mě má práce zaujala. Kontroly kvality pitné vody probíhají dle české legislativy pouze u zdroje a u místa, kde se čistá pitná voda čerpá do potrubní sítě. Od tohoto momentu se nezávadnost vody netestuje.

Pro kontrolu bezpečnosti potrubí jsme využívali výluhových zkoušek a následných chemických reakcích pro spektrofotometrické měření.

Cílem mé práce je poukázat na mezery v české legislativě a na nebezpečí způsobené znečištěním pitné vody a na zjištění, jak nebezpečný je každodenní konzum pitné vody z chemického hlediska.

2 Teoretická část

2.1 Polutanty pitné vody

Hlavní látky, kterými se v této práci budeme zabývat jsou těžké kovy, avšak částečně se mé téma prolíná s infekcí mikroorganismů z pitné vody. Proto si dovoluji udělat menší zmínku i o mikroorganismech na konci této kapitoly.

Když se bavíme o těžkých kovech, mluvíme převážně o kovech s těžším jádrem a obalem, přesněji se jedná o kovy, co mají hustotu větší než 5 g/cm^3 a záporně působí na environment a živé organismy. Tyto kovy jsou většinou mikrobiogenní prvky, stopové prvky, či prvky, které v lidském těle neplní žádnou roli. Těžké kovy jsou ve větších množstvích silně toxické.

Těžké kovy v těle velmi nutné pro správnou funkci biochemických a fyziologických procesů, ale pokud se dostávají do velkého poměru, mohou způsobovat problémy. Pokud se těžké kovy v těle hromadí, bavíme se o otravě těžkými kovy a může způsobovat mnohá onemocnění v mnohých buněčných systémech a orgánech. Těžké kovy narušují buněčné procesy, jako například růst, opravné procesy buňky, diferenciaci buněk, či buněčnou smrt. [52]

Ve výzkumu, provedenému roku 2019, se zjistilo, že zvýšená expozice k těžkým kovům vytvořila v bakteriích *Escherichia coli* a *Salmonella* rezistenci vůči těmto těžkým kovům a bakterie, které měly rezistenci vůči těžkým kovům, prokazovali větší rezistenci vůči dezinfektantům a v případě salmonely dokonce antibiotikům. Tento fakt je velmi znepokojující, jelikož zvýšená rezistence vůči antibiotikům a dezinfektantům je velmi velký problém v lékařství u léčby bakteriálních infekcí.

2.1.1 Kadmium (Cd)

Kadmium je prvním měřeným těžkým kovem. Je sedmý nejvíce toxický těžký kov dle ATSDR (agentura pro toxické látky a registr chorob). Kadmium je poměrně vzácný kov (0,2 g kadmia z 1 tuny půdy). Jedná se o kov podobný zinku a rtuti – nachází se ve stejné skupině v periodické tabulce – a má stříbrně-bílé zbarvení. Nebyly prokázány žádné fyziologické funkce kadmia v těle. Jako kov má poměrně malou teplotu tání a varu. Inhalaci kadmiového prachu nebo kadmia v plynném skupenství způsobuje otravu. Kadmium se po dostání do těla po celý život akumuluje. [2, 3]

Kadmium se v přírodě nachází v rudách jiných kovů – zinek, olovo – a může se z nich extrahovat jako vedlejší produkt. Při zpracovávání rud zinku může kadmium kontaminovat okolní vodu, vzduch a půdu. Do těla se také může dostat z kouření.

Při zvýšení koncentrace kadmia v těle probíhají určité intoxikační procesy. Je obecně známo, že kadmium je karcinogenní. Přesně, jak funguje intoxikace kadmiem, není známo, ale je známo jeho působení na buňku. Váže se například na cysteinové sloučeniny a dále se dostává do ledvin, kde způsobuje nefrotoxicitu (rapidní ztráta funkční schopnosti ledvin). Dále se může navázat na cystein, glutamát, histidin a kyselinu aspartamovou a tím zabránit transferu železa a zinku. Dále při dlouhodobému vdechování způsobuje Syndrom akutní dechové tísně, kdy se do plic dostává tekutina, čímž se zhoršuje dýchání a může následovat selhání orgánů, kvůli nedostatečnému kyslíku. Degenerativní onemocnění kostí je další nemoc způsobena dlouhodobým vystavením kadmiu. [1, 2, 47, 48]

2.1.2 Olovo (Pb)

Olovo je měkký, stříbrno-šedý, těžký kov, který se nachází ve 14 skupině v periodické tabulce. Má mnohá použití díky jeho fyzikálním vlastnostem. Jeho nízká teplota tání, dobrá opracovatelnost, vysoká hustota a schopnost blokovat gama záření ho řadí mezi kovy s nejvyšším využitím. Používá se například v autobateriích, barvivech, municích, potrubích, či jako ochrana proti radiaci. V těle se váže na sloučeniny s vápníkem (Ca) a nahrazuje ho a tím způsobuje mnohé potíže. [4]

Olovo je však i velice toxické pro živé organismy. Jedná se o jeden z nejnebezpečnějších nejtoxičtějších kovů. Jeho užitečnost je tudíž velmi problematická, kvůli případnému znečištění životního prostředí, popřípadě i pitné vody.

Olovo je bio kumulativní, což znamená, že v těle zůstává a nedá se odstranit. Je nejnebezpečnější pro malé děti. Usazuje se v kostech, zubech, ale také se rozděluje po celém těle do mozku, jater, či ledvin. Krvetvorbou v kostech se olovo uvolňuje do krevního oběhu, odkud se může dostat v těhotenství i do plodu. V těle se přirozeně nenachází, a tak je každá forma olova pro tělo nebezpečná. Intoxikace probíhá jen při dlouhodobé expozici k tomuto kovu. Do těla se může dostat skrze vodu, barvy, či kontaminovaný prach.

V těle způsobuje mnohé problémy ve všech částech těla. Příznaky lehké intoxikace zahrnují žaludeční křeče, agresivitu, problémy se spánkem, bolesti hlavy, vyčerpanost, anémii, ztrátu paměti, či selhání ledvin.

V dětech s neúplně vyvinutým mozkiem mohou způsobit mnohá intelektuální postižení, jako například nízké IQ, poruchu chování, problémy s učením, či problémy se sluchem nebo opožděný růst. [48, 49]

Vysoká dávka olova může způsobit akutní příznaky, které musí být okamžitě řešeny. Zahrnují velmi silné žaludeční křeče, zvracení, svalová slabost, potácení se při chůzi, záchvaty nebo dokonce koma a encefalopatii (globální dysfunkce mozku projevující se zmateností, kómatem a záchvaty). [4, 5, 6, 7, 8]

2.1.3 Chrom (Cr)

Na rozdíl od ostatních látek, o kterých zde píšu je chrom látka, která v těle má svou funkci, nejedná se tudíž o inherentně nebezpečnou látku pro organismus, avšak se stále jedná o látku, která ve vysokém zastoupení v těle způsobuje silné potíže.

Chrom je kov, který se vyskytuje ve formě od Cr^{2+} po Cr^{6+} , avšak biologicky důležité jsou pouze ve formě Cr^{3+} a Cr^{6+} . Jedná se o látku, která se běžně nachází v rudách ostatních kovů, a proto se často dostává při dalším zpracovávání do ovzduší, půdy a vody. Používá se například pro různé slitiny, jako například do slitiny s kobaltem, pro zvýšení rezistence ke korozi a také je součástí nerezové oceli. Dále se používá v určitých barevných pigmentech a v přípravcích na opalování.

Reakce těla na přítomnost chromu záleží na způsobu, jak se do těla dostane, a také v jaké formě se do těla dostane. Forma Cr^{3+} je zásadní pro normální funkci těla a jeho nedostatek v těle způsobuje příznaky a nemoci, ale není propouštěna do buňky, díky čemuž nezpůsobuje toxicitu. Naopak forma Cr^{6+} se do buněk může dostat a intercelulárně se mění na Cr^{3+} , a díky tomu se může vázat na nitrobuněčné komplexy a způsobovat rakovinu. [49]

Pokud se dostane chrom při vdechování do plic, tak způsobuje silné podráždění dýchací soustavy a způsobují rakovinu plic, a dutin. Jedná se převážně o pracovní onemocnění, do těla běžných lidí se dostává požitím kontaminované vody, nebo potraviny. Akumulovaný chrom v těle může způsobovat rakovinu kostí, plic, varlat a dalších částí těla. [9, 10, 11]

2.1.4 Zinek (Zn)

Zinek je jeden ze stopových prvků v těle. Je zastoupen ve více než 100 různých reakcích. Jedná se o kov ve dvanácté skupině periodické tabulky. Jedná se o stříbrno-bílý kov s nádechem modré a při expozici ke vzduchu tmavne. Zinek se převážně vyskytuje ve formě Zn^{2+} , ale existují i varianty Zn^{1+} a Zn^{3+} . Nejčastější využití tohoto kovu jsou pozinkování – antikoroziní vrstvy a výroba mosaze.

Existuje návaznost mezi používáním zinku v zemědělských hnojivech a rezistence obilovin vůči jiným těžkým kovům jako je kadmium a olovo. Se zvýšenou rezistencí se v rostlinném těle

také zvyšuje akumulace těchto kovů. Jedná se o potenciálně nebezpečný fakt, který může zvýšit pravděpodobnost expozice k těmto těžkým kovům. Je však malá pravděpodobnost otravy z těchto potravin, kvůli malému obsahu těchto látek v rostlinném těle, ale akumulace v lidském těle představuje potenciální riziko.

Zinek se do těla dostává převážně skrze potravu. Velký obsah zinku mají například červená masa, fazole, či mořské plody a oříšky. V pitné vodě se zinek také může nacházet, avšak v českých vyhláškách nemá stanovenou nejvyšší mezní hodnotu (NMH), kvůli jeho nízké toxicitě a malé závadnosti. Nejnebezpečnější jsou však suplementy potravy, které obsahují velké množství zinku. Velké množství zinku totiž v těle však může způsobit otravu.

Zinek je pro tělo velmi užitečný v mnoha ohledech. Při nedostatku zinku dochází k mnoha vedlejším defektům. Jedna z hlavních funkcí zinku je aktivace lymfocytů (bílých krvinek imunity), pro obranu těla proti virovým a bakteriálním infekcím. Díky tomu jsou lidé bez dostatku zinku daleko náchylnější k nemocem, jako je například prudký průjem a chřipka. Zinek také udržuje integritu kůže a slizničních membrán. Také pravděpodobně pomáhá proti ztrátě zraku, opravou sítnice. Zinek se také podílí na syntéze bílkovin a tvoření DNA a RNA. Také se podílí na tvorbě gamet. Nedostatek zinku se projevuje sníženou imunitou, poruchou růstu, sexuální dysfunkcí, zánětlivými a gastrointestinálními příznaky.

U zinku je větší riziko nedostatek než příliš velká dávka, ale intoxikace může proběhnout při požívání doplňků stravy. Akutní otrava zinkem se může projevovat podrážděním žaludku, žaludečními nevolnostmi, zvracením, bolestí hlavy, či žaludečním krvácením. Důležitými problémy při chronické otravě je neschopnost absorbovat měď, čímž zapříčiňuje nedostatek mědi v těle, svalová únava, či anémii (chudokrevnost). [12, 13, 14, 15, 16]

2.1.5 Hliník (Al)

Hliník je stříbrno-bílý měkký kov ve 13. skupině periodické soustavy prvků. Jedná se o nejrozšířenější kovový prvek v zemské kůře. Samostatně se v přírodě nevyskytuje, avšak nachází se skoro ve všech minerálech a horninách a organismech. Sloučenina Al_2O_3 neboli alumina je naopak jedna z nejtvrďších látek.

Jedná se o velmi lehký a dostupný kov, a proto se používá v obalech, potrubích, v stavařském, v automobilovém, letadlovém a elektrotechnickém průmyslu. Také se používá v antiperspirantech a v mnohých slitinách. Důležité chemické využití hliníku je použití jeho solí, jako antiacida.

Hliník je v těle stopový prvek, který je v těle ve větších množstvích toxický. Nemá žádné funkce v těle. S klesajícím pH jeho toxicita roste. Díky kyselým dešťům roste kyselost půdy, čímž zvyšuje toxicitu hliníku v zemi a způsobuje širokosáhlé zemědělské problémy. Mnoho enzymů v těle je inhibováno hliníkem, kvůli jeho větší afinitě k DNA a RNA. Bylo prokázáno, že hliník má problematické účinky na nervové, krvetvorné a kosterní buňky. Toxicita hliníku funguje na principu nahrazení Al^{3+} za Mg^{2+} a Fe^{3+} , čímž narušuje fyziologické funkce těchto sloučenin.

Hliník se do těla může dostávat z mnoha zdrojů. Jelikož se jedná o jeden z nejvíce zastoupených prvků na povrchu země, tak je kontaminace hliníkem poměrně častá. Do těla se hliník dostává skrze vodu, potravu, a dokonce i vdechováním. Problematická je také částečná absorpce hliníku skrze kůži, například u antiperspirantů. Nadměrné zastoupení hliníku v těle však může také být způsobeno nesprávnou funkcí ledvin. [50]

Otrava hliníkem může způsobit systematické problémy. U hliníku nebyla prokázána karcinogenita. Otrava hliníkem se může projevovat zmatením, svalovou slabostí, bolestí kostí, jejich deformací a křehkostí, záchvaty, či růstovými problémy u dětí. V horších případech mohou nastat různé kosterní a mozkové onemocnění, anémie, tiky, dýchací potíže, či nedostatečná absorpce železa. [17, 18, 19]

2.1.6 Nikl (Ni)

Nikl je tvrdý (tvrdší než železo), stříbrno-bílý kov, který se nachází v 10 skupině periodické tabulky prvků. V zemské kůře je dvakrát tak častý jako měď nebo zinek, nachází se také spolu s železem v meteoritech. Může existovat ve formách -1, 0, +2, +3, +4, ale jeho jediné důležité oxidační formy jsou +2 a částečně i +3.

Využití niklu je převážně ve tvorbě slitin. Využívá se pro jeho tvrdost, pevnost a odolnost vůči korozi. Používá se například v nerezové oceli, či ve slitině niklu a mědi na výrobu mincí. Některé slitiny se využívají jako ventily a tepelné výměníky. Sloučeniny s niklem se využívají k barvení keramiky, v některých bateriích a jako katalyzátory.

Nikl se do životního prostředí dostává ze spalovacích komínů v elektrárnách nebo z odpadních průmyslových vod. V okolním prostředí rostliny nikl absorbují a akumulují. Potraviny z tohoto území mohou tak způsobit otravu i v lidské populaci.

Do těla se může nikl dostávat skrze potravu, ovzduší, vodu nebo skrze kouření. Nikl je pro tělo velmi důležitý a nachází se ve většině orgánových systémů. Nedostatek niklu v těle může

způsobovat horší absorpci železa, která se může vyvinout v anémii, růstové potíže, snižuje metabolismus glukózy, tuků a glykogenů, a také snižuje absorpci kalcia kostmi. Je tudíž nezbytný pro život člověka.

Ve velkých množstvích je však nikl jako každý jiný kov toxický pro tělo. Těchto množství je však velmi těžké dosáhnout. Nejčastější problémy spojené s niklem jsou alergické reakce. Velká koncentrace niklu může způsobit nadměrnou produkci červených krvinek a problémy v ledvinách (větší podíl proteinů v ledvinách). Při kontaminaci silně znečištěným vzduchem niklem mohou vzniknout v extrémních případech chronická bronchitida, problémy s dýcháním nebo rakovina plic, či dutin. [20, 21, 22, 23, 24, 25]

2.1.7 Měď (Cu)

Měď je rudo-hnědý kujný kov s dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí. V periodické tabulce se nachází v 11. skupině spolu se zlatem a stříbrem. V zemské kůře je měď velmi silně zastoupena, jedná se o 25. nejčastější prvek v zemské kůře hned za zinkem. V těle organismů zastupuje mnohé funkce.

Využití mědi je širokosáhlé, kvůli jeho dostupnosti a fyzikálním vlastnostem. Často se používá v elektrikářství jako vodič elektrického proudu. Používá se taky ve stavařství na potrubí, či na střešní plechy. Jeho využití také zasahuje do industriální mašinerie, jako tepelný vodič. Také se používá v mnohých slitinách se zinkem, cínem, či niklem jako například mosaz (slitina mědi a zinku).

V lidském těle je měď nezbytná pro adekvátní růst, kardiovaskulární integritu, elasticitu plic, neovaskularizaci (tvorba cév), neuroendokrinní funkci (tvorba hormonů) a metabolismus železa. Zastoupení mědi v těle ovlivňuje zastoupení ostatních stopových prvků v těle, jako je například železo, zinek, či kadmium. Proto je možné, v případě nedostatečné absorpce železa může dojít k výraznější otravě právě mědí, zinkem, či kadmiiem.

Do těla se měď dostává z vody, jídla i vzduchu. Každodenní absorpce pro tělo je důležité, ale dlouhodobé vystavení velkému množství mědi je zdraví nebezpečné. Dlouhodobé vystavování mědi se projevuje podrážděním nosu, očí a pusy, či bolestí hlavy, břicha, závratěmi, zvracením a průjmem. Vysoké dávky mědi mohou způsobovat selhání ledvin a jater nebo dokonce i smrt. [26, 27, 28]

2.1.8 Rtut' (Hg)

Je nutné se taky lehce zmínit o kovech, které jsme přímo neměřili, ale jsou spojené s touto tematikou, jako například rtuť a arsen.

Rtuť je v běžných podmínkách kapalný kov stříbrné barvy bez zápachu, a při zahřívání se mění na vysoce toxický plyn bez barvy a zápachu. Rtuť je jeden z nejvíce toxických těžkých kovů v periodické tabulce prvků a je silně bioakumulativní.

Rtuť v těle způsobuje poškození dýchací, nervové, imunitní a trávicí soustavy. Dlouhodobém vystavování k rtuti selhávají ledviny a plíce a následně vede ke smrti.

Rtuť běžně v těle neplní žádné funkce a v těle se akumuluje z konzumace převážně z ryb. Může se do těla také dostat inhalací, nebo skrze vodu. Do přírody se dostává z velké části díky lidské aktivitě – těžení, odpadní vody, zemědělství, či spalování. [26, 27]

2.1.9 Arsen (As)

Arsen je druhý a poslední kov, který jsme neměřili, o kterém bych se chtěl zmínit.

Do těla se arsen moc často z pitné vody nedostává, ale převážně z potravy, i když v Asii otrava arsenem z pitné vody může nastat.

Arsen se používá převážně v pesticidech. Používá se i v barvivech a ve sklárství.

Arsen je prokázaný karcinogen. Akutní otrava způsobuje zvracení, bolesti břicha a průjemy. V extrémních případech způsobuje třes a necitlivost končetin, svalové křeče a v nejhorším případě i smrt.

Chronická otrava arsenem se projevuje změnou pigmentu kůže, která vede k rakovině kůže. Také způsobuje rakovinu plic a rakovinu močového měchýře. [28]

2.1.10 Mikroorganismy

Karcinogenní a toxické látky nejsou jedinou hrozbou, která může pocházet z pitné vody. Mikroorganismy tvoří zásadní roli v čistotě a nečistotě vod. Existují mnohé bakterie, které se ve vodovodních systémech množí a v lidském těle způsobují infekce a intoxikace.

Nejznámějším infekčním mikroorganismem, který může poškodit naše trávicí ústrojí je *Escherichia coli*. *Escherichia coli* je bakterie, která se nejčastěji nachází v tenkém střevě teplokrevných organismů a ve většině případech se jedná o neškodný typ bakterie, avšak některé typy mohou způsobovat zažívací potíže. Jedná se o kmen *E. coli*, který vytváří tzv. Shiga-toxin, který může způsobovat břišní křeče, průjemy a někdy dokonce i krvavé.

V některých případech může způsobit i smrtelný Atypický hemolyticko-uremický syndrom (HUS). Nejvíce pozorovaný sérotyp, který vytváří Shiga-toxin je *E. coli* O157:H7. Do potravy se dostává převážně kontaminací masa, ale také z fekálně znečištěné vody.

Dalším a poslední infekčním organismus, kterému se budu věnovat je cholera. Cholera způsobuje bakterie *Vibrio cholerae*, která v těle tvoří toxiny, které vyvolávají průjmy a způsobují infekce. Tato nemoc je velmi problematická v chudších oblastech světa. Každoročně na cholera umírá okolo 95000 lidí. Do těla se dostává především skrz kontaminovanou vodu, nebo potravu a v závažných případech může způsobit vodnatý průjem, zvracení, a dokonce i smrt skrze dehydrataci a šok. [30, 31, 32, 33]

2.2 Měřené druhy potrubí

2.2.1 Chrom

Chromové potrubí se využívá zřídka. Chrom je kov, který má silné antikoroziční účinky, a proto se využívá v místech, kde normální nerezové trubky nestačí. Nejčastěji se kvůli cenové dostupnosti trubky chromem pokovovávají, místo toho, aby celá trubka byla tvořena z chromu.

Častější využití pro chrom je v nábytku, či v konstrukci, kvůli jeho elegantnímu stříbrno-bílému vzhledu. [34]

2.2.2 Mosaz

Mosazové trubky se mohou zaměnit za trubky měděné, které jsou v současné době stále velmi oblíbené.

Mosaz je slitina dvou kovů – mědi a zinku. Má antibakteriální účinky a je jednoduše tvarovatelná. Stejně jako chrom má protikoroziční vlastnosti, což jej dělá velmi oblíbený pro používání jako potrubí. Používání tohoto potrubí však v posledních letech ustalo, kvůli zjištění, že se z těchto trubek uvolňují velká množství olova. Olovo se uvolňuje, kvůli nečistým látkám, obsahujícím olovo, či starým spájením pomocí olova. [35]

Další využití mosazi je opět v tvorbě nábytku, či například jako složka nábojů. [36]

2.2.3 Hliník

Hliníkové trubky stejně jako jiné trubky používané v potrubí korozivzdorné. Avšak bohužel stejně korodují a oxidují. Následně pouští do vody nebezpečné látky. Hliník je velice lehký a levný, bohužel není dostatečně korozivzdorný, aby konkuroval měděným trubkám. [37]

2.2.4 Měď

Měděné trubky jsou v současnosti jednou z nejoblíbenějších možností pro bezpečné potrubí. Měď nekoroduje a velmi spolehlivá. Má antibakteriální účinky, dlouhou trvanlivost a je velmi pevná. Má velmi dobrou tepelnou toleranci. Dá se svářet a upravovat. Jediné záporné vlastnosti je jeho velká cena. [36, 38]

2.2.5 Pozink

Pozink býval jedním z nejčastěji užívaných druhů potrubí. Jeho prevalence však v posledních padesáti letech klesla, kvůli jeho nízké trvanlivosti a uvolňování olova a jiných látek do potrubí. Olovo se uvolňuje, kvůli nečistým látkám, obsahujícím olovo, či starým spájením pomocí olova. [38]

Pozink je tvořen pomocí pokovování, které většinou funguje na principu elektrolyzy zinku a díky pokovování nekoroduje, dokud se ochranná vrstva neporuší.

Výhody pozinku jsou jeho pevnost a lacinost.

2.2.6 Plast

Plastové potrubí se začínají stávat čím dál tím více populární. My jsme měřili polypropylen.

Polypropylen je jedna z nejvíce užívaných plastových látek na světě. Je tvrdší než PE a má vyšší teplotu tuhnutí. Je také poměrně rezistentní proti chemikáliím a je lehký. [39]

Jeho nevýhodou je silné opotřebení při kontaktu s vysokou dávkou chlóru. [40]

2.2.7 Alupex

Jedná se o 3vrstvý druh potrubí, který se skládá ze dvou, vnějších a vnitřních, vrstev polyethylenu a jedné, prostřední, vrstvy hliníku.

Hliník dodává tvar, zatímco polyethylen dodává vlastnosti samotného potrubí. Jednoduše se s ním pracuje, je poměrně odolný vůči chemikáliím a nekoroduje (pokud se neporuší vnitřní vrstva). [41]

2.3 Regulace kvality pitné vody

Nadmíry polutantů, ať už chemických, či biologických, způsobují neblahé účinky v těle člověka, a proto je regulace kvality pitné vody velmi důležitá. Nejdůležitějším a nejobsáhlejším požadavkem na pitnou vodu je, aby nebyla zdravotně závadná pro konzumenta. Proto se zavádí určité normy obsahu zdravotně škodlivých látek, které nesmí pitná voda přesáhnout. Je tudíž nutné, aby existovali pravidelné kontroly pitné vody.

Volně přeloženo z Kapitoly 18 z „Agenda 21“ od UNCED; „Odhaduje se, že 80 % všech nemocí a že více než jedna třetina úmrtí v rozvojových zemích je způsobena konzumací kontaminované vody a že v průměru až jedna desetina produktivního času každého člověka je obětována nemocem souvisejícím s vodou.“

Vyhláška č. 252/2004 Sb. se zabývá přesně touto tematikou v České republice. Aby voda byla klasifikovaná jako pitná podle této vyhlášky, musí prvně splňovat mnoho kritérií. Nesmí být, jakkoliv fyzikálně, či chemicky závadná a nesmí obsahovat ani mikroorganismy ani parazity. Jakékoliv látky v určitém zastoupení, které by mohli ohrožovat veřejné zdraví (jako například těžké kovy) také nesmí být v nadměrné koncentraci. Pitná voda také nesmí mít zápach a výraznou chuť.

Kontroly kvality pitné vody je pravidelně povinen dělat poskytovatel a je povinen dostat nezávadnou vodu do potrubní sítě. Za čistotu vody v domácnosti a v samotné síti však poskytovatel neručí a čistotu vody musí kontrolovat sám spotřebitel. Proto je dle mého má práce velmi důležitá, jelikož hodnotí kvalitu vody v domácím prostředí. [42, 43, 44]

Limity měřených těžkých kovů můžeme najít v tabulce číslo jedna, viz níže.

Látka	Limit	Typ limitu
Měď (Cu)	1000 µg/l	NMH
Olovo (Pb)	10 µg/l	NMH
Hliník (Al)	0,2 mg/l	MH
Chrom (Cr)	50 µg/l	NMH
Kadmium (Cd)	5 µg/l	NMH
Nikl	20 µg/l	NMH

Použité zkratky:

MH – mezní hodnota, překročení této hodnoty neohrožuje akutně zdraví člověka

NMH – nejvyšší mezní hodnota, překročení této hodnoty ohrožuje zdraví člověka

2.4 Spektrofotometrie

Každá chemická sloučenina absorbuje, transmittuje nebo odráží světelný paprsek s určitou vlnovou délkou. Spektrofotometr určuje, kolik světla chemická sloučenina absorbuje nebo transmittuje (propouští). Tato metoda se používá v mnohých odvětvích, pro kvantitativní analýzu (například v chemii, fyzice, biologii, biochemii, materiální a chemické inženýrství, ...). Jakékoliv zaměření, které se zabývá chemickými látkami, či materiály může využít této metody analýzy.

Spektrofotometrie je jedním z nejjednodušších a nejrychlejších způsobů, jak měřit obsah specifických látek ve vodě. Funguje na principu vyzařování paprsku světelného záření a měření absorpce tohoto světla látkou, kterou prochází. Jedná se o velmi užitečnou metodu, jak měřit různé velikosti koncentrace od minimálních (0.25, 0.2 µg/l - Cu) po % hodnoty.

Spektrofotometr měří pomocí dvou veličin – transmittance (měření intenzity světelného záření, které prošlo) a absorbance (schopnost látky pohltit energii/světlo).

Transmittance a absorbance se počítají dle vzorců:

$$\text{Transmittance } (T) = I_t/I_0$$

I_t = Intenzita světla po průchodu skrze kyvetu (transmitované světlo)

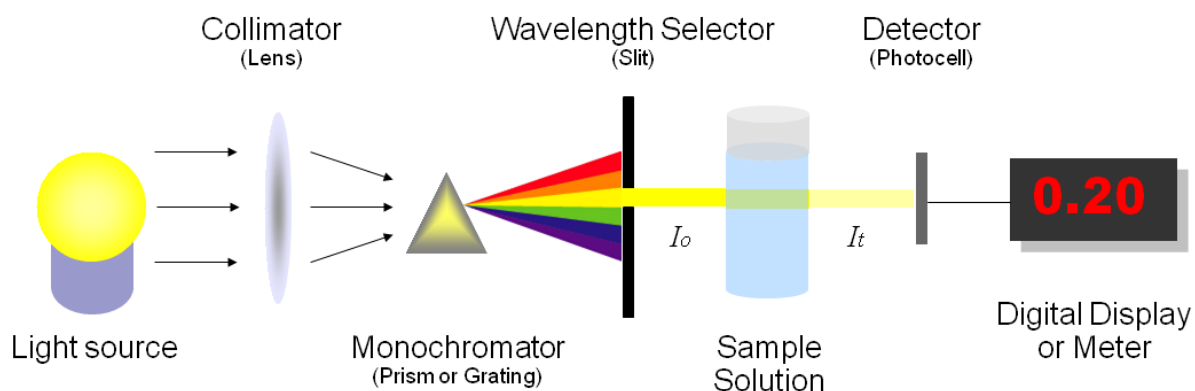
I_0 = Intenzita světla před průchodem skrze kyvetu (dopadající světlo)

$$\text{Absorbance } (A) = - \log_{10} T = - \log I_t/I_0$$

Samotný spektrofotometr se skládá ze 2 základních částí. Fotometru a Spektrometru.

Spektrometr vytváří chtěnou část vlnové délky světla. Skládá se z čočky, která mění světlo ze zdroje v jeden paprsek, monochromátoru, který dělí světlo na jednotlivé vlnové délky a nakonec štěrbina, která selektivně vybírá potřebnou vlnovou délku.

Fotometr slouží na spočítání jednotlivých fotonů, které skrze látku prošly. Poté, co určitá vlnová délka skrze kyvetu projde, detektor fotometru změří hodnotu absorbance kapaliny a vypočítá obsah specifické složky ve vodě. [45, 46]



Obrázek 1 - schéma spektrofotometrie, dostupné z:

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Kinetics/02%3A_Reaction_Rates/2.01%3A_Experimental_Determination_of_Kinetics/2.1.05%3A_Spectrophotometry](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Kinetics/02%3A_Reaction_Rates/2.01%3A_Experimental_Determination_of_Kinetics/2.1.05%3A_Spectrophotometry)

2.4.1 Použitý přístroj

Námi užitý spektrofotometr je spektrofotometr od firmy Hach langa. Specificky se jedná o přístroj DR6000 spektrofotometr UV-VIS s technologií RFID. Jak již z názvu vyplývá, jedná se o spektrofotometr, na UV a viditelné spektrum.



Obrázek 2 - používaný přístroj

3 Praktická část

V naší praktické části jsme měřili zastoupení těžkých kovů ve vodě, uvolněných z potrubí. Pro měření jsme používali metodu luhování různých kousků potrubí v destilované vodě. Každý jednotlivý výluh jsme následně používali k měření obsahu kovů ve vodě pomocí

spektrofotometru. Pro použití těchto výluhů jsme prvně museli provést barevné reakce, aby spektrofotometrie fungovala co nejlépe na principu absorbance a transmitance.

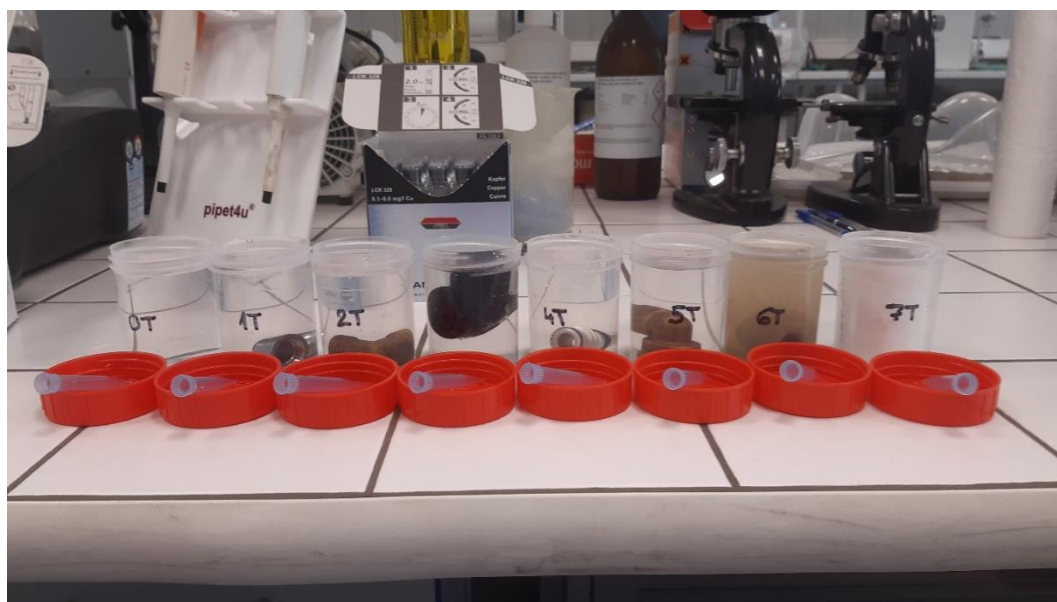
Praktickou část jsem prováděl na Mendelově univerzitě na Ústavu zemědělské, potravinářské a enviromentální techniky pod vedením doc. Ing. et Ing. Petr Junga, Ph.D. a s pomocí Mgr. Ing. Gabrielle Machů, Ph.D., DiS.

Metoda spektrofotometrie byla zvolena, kvůli její poměrné jednoduchosti a časové nenáročnosti. Je také velice přesná a dokáže přesně změřit zastoupení kovů v řádech desetin mikrogramů.

V průběhu práce jsme používali automatické pipety, nádoby a příslušné kyvety s chemikáliemi.

3.1 Tvorba výluhových vzorků

Výluhové vzorky jsme vytvářeli dle normy pro zavedení nových typů potrubí. Vzorky jsme luhovali po dobu 72 hodin ve studené vodě a v teplé vodě po dobu 24 hodin v destilované vodě. Výluhové zkoušky jsou standartním způsobem, jak měřit jejich bezpečnost pro použití do potrubních systémů. Samotné zkoušky jsou velmi potřebné pro měření nezávadnosti vody, která těmito trubkami prochází. Výluhové zkoušky se standardně musí provádět po určenou dobu,



za určenou teplotu. Uvolňování kovů je totiž podmíněné jak teplotou vody, ve které se preparát luhuje, tak i časem, který preparát ve vodě stráví. S rostoucí teplotou a delším časem roste hodnota zastoupení kovů ve vodě. Pro přesnost měření byla použita destilovaná voda. Výluhové vzorky jsme dělali ze 7 různých potrubí, přesněji z měděného potrubí, z pozinkovaného potrubí, z hliníkového potrubí, z plastového potrubí (polypropylen), z mosazového potrubí, z potrubí

Obrázek 3 - výluhové vzorky

ALUPEX a z potrubí chromového. Výluhy jsme si označili dle potrubního typu a dle teploty vody, ve které se potrubí nechali těžké kovy luhovat (T – teplá, S – studená, 0 – slepý vzorek, 1 – chrom, 2 – mosaz, 3 – polyethylen, 4 – hliník, 5 – měď, 6 – pozink, 7 – ALUPEX)

3.2 Kyvety a jejich chemické reakce

V praktické části jsme používali kyvety od firmy Hach Lange. Používali jsme pro měření každého jednotlivého kovu jiný, individuální druh předem připravené kyvety s patřičnými chemikáliemi. Je možné reakce vytvořit individuálně, ale z důvodu rychlosti a přesnosti je vhodné, aby byly kyvety průmyslově vyráběné. Negativum kupování kyvet je jejich vyšší cena (okolo 300 Kč za jednu kyvetu). Pro měření obsahu kovů ve vodě jsme museli měřit každý kov zvlášť kvůli chemickým reakcím, které jsou potřebné pro přesné spektrofotometrické měření. Před měřením jsme vzorek protřepali, aby se ve vodě kovy rovnoměrně rozdělily.

3.2.1 Měď

Pro stanovení obsahu mědi ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme pomocí pipety odměřily 2 ml výluhového vzorku, následně jsme zavřeli kyvetu, ve které byla reagenční směs, a několikrát jsme kyvetou otočili. Poté jsme 3 minuty nechali kyvetu stát a vložili jsme ji do spektrofotometru. Z něj jsme následně přečetly výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Tyto kyvety fungují na principu redukce Cu^{2+} iontů na ionty Cu^+ pomocí kyseliny askorbové. Následně tyto ionty reagují s disodnou solí kyseliny bathocuproindisulfonové. Po proběhnutí reakce vzniká komplex oranžového zbarvení. [53]



Obrázek 4 - kyvety, měď

3.2.2 Zinek

Pro stanovení obsahu zinku ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme otevřeli kyvetu a z vršku jsme oddělali fólii. Následně jsme pomocí pipety přidali 0,2 ml výluhového vzorku a pomocí jiné pipety 0,2 ml vzorku A (obsaženým v sadě). Pak jsme hned kyvetu zavřeli, správnou stranou vršku dolů a pořádně ji prošťechali. Do spektrofotometru jsme vložili slepý vzorek a následně jsme po 3 minutách otřeli a vložili vzorek měřeného potrubí do spektrofotometru. Z něj jsme následně přečetli výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Kyvety na zjišťování obsahu zinku ve vodě fungují na principu reakce mezi ionty zinku a 4-(2-pyridylazo)-resorcinem (PAR) ve vodě, jejíž produktem při pH 6 – 11 je komplex oranž červeného zbarvení. [54]



Obrázek 5 - kyvety, zinek

3.2.3 Olovo

Pro stanovení obsahu olova ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme napipetovali 10 ml měřeného roztoku do čisté, suché reakční tuby. Poté jsme přidali 1 lžičku reakční směsi A, které se nachází v zakoupené sadě. Reakční tubu jsme zavřeli a několikrát otočili. Po 2 minutách jsme do kyvety přidali pomocí pipety 1,5 ml reakční směsi B, která se nachází v zakoupené sadě a do stejné kyvety jsme přidali 4 ml roztoku z reakční tuby. Kyvetu jsme uzavřeli a několikrát otočili a po dvou minutách jsme ji dali do spektrofotometru. Následně jsme ji vyjmuli, přidali jsme 0,3 ml reakční směsi C, uzavřeli a protřepali kyvetu a po minutě jsme kyvetu znovu vložili do spektrofotometru. Z něj jsme následně přečetli výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu

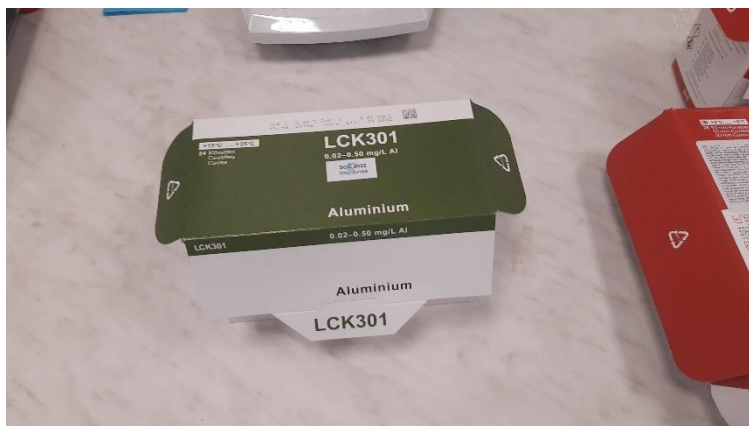
ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Tyto kyvety fungují stejně jako zinečnaté kyvety na principu reakce s 4-(2-pyridylazo)-resorcinem (PAR). Probíhá při pH 9 a reakcí vzniká komplex červeného zbarvení. [55]

3.2.4 Hliník

Pro stanovení obsahu olova ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme pomocí pipety do kyvety odměřili 2 ml roztoku A, který je obsažen v zakoupené sadě. Následně jsme přidali pomocí pipety 3 ml měřeného vzorku. Přidali jsme 1 lžičku reaktantu B (jak lžička, tak reaktant B se nachází v zakoupené sadě). Kyvetu jsme následně zavřeli a protřepali, tak aby byl všechn reaktant ve vzorku rozpuštěn. Po dvaceti minutách jsme kyvetu otřeli, vložili jsme do spektrofotometru slepý a následně měřený vzorek. Z něj jsme následně přečetli výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Kyvety pro identifikaci obsahu hliníku ve vodě fungují díky indikátoru Chromazurol S, který tvoří s hliníkem ve slabě kyselém roztoku acetátového pufru zelené zbarvení. [56]

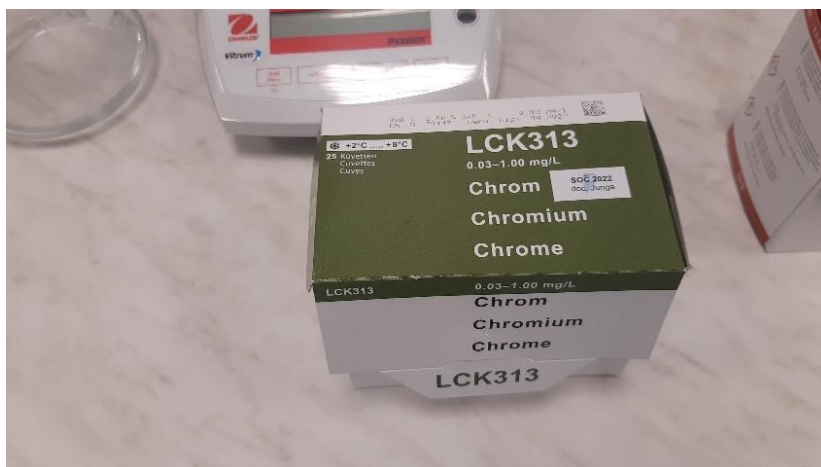


Obrázek 6 - kyvety, hliník

3.2.5 Chrom

Pro stanovení obsahu chromu ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme oddělali vršek kyvety a pomocí pipety jsme do ní přidali 2 ml vzorku. Následně jsme na kyvetu dali vršek B a kyvetu jsme protřepali. Po 2 minutách jsme kyvetu opět protřepali, otřeli a vložili do spektrofotometru. Z něj jsme následně přečetli výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Kyvetky na spektrofotometrickou analýzu obsahu Cr^{6+} fungují na principu reakce kationtů Cr^{6+} s 1,5-diphenylcarbazidem za vzniku 1,5-difenylylkarbazonu, který následně s chromem Cr^{6+} tvoří červený komplex. [57]



Obrázek 7 - kyvetky, chróm

3.2.6 Kadmium

Pro stanovení obsahu kadmia ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Jako první jsme si pomocí pipety odměřili 10 ml měřeného vzorku a přidali jsme jej do prázdné suché reakční tuby s vrškem. Následně jsme do něj přidali 1,0 ml roztoku A, tubu jsme zavřeli a protřepali. Do kyvetky jsme následně připipetovali 0,4 ml roztoku B. Kyvetu jsme zavřeli, protřepali, otřeli a vložily do spektrofotometru a zvolili možnost přečíst. Kyvetu jsme odebrali a přidali do ní 4 ml měřeného vzorku s roztokem A, uzavřeli jsme kyvetu, protřepali a po třiceti sekundách jsme ji vložily do spektrofotometru. Z něj jsme následně přečetly výslednou hodnotu zastoupení těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Princip kyvet pro analýzu kadmia funguje díky reakci roztoku 1-(4-Nitrophenyl)-3-(4-phenylazophenyl)triazinu (Cadion), který tvoří s kadmiem komplex. Vznik komplexu způsobuje snížení intenzity zbarvení tmavě-fialového roztoku, čehož se využívá pro stanovení kadmia. [58]

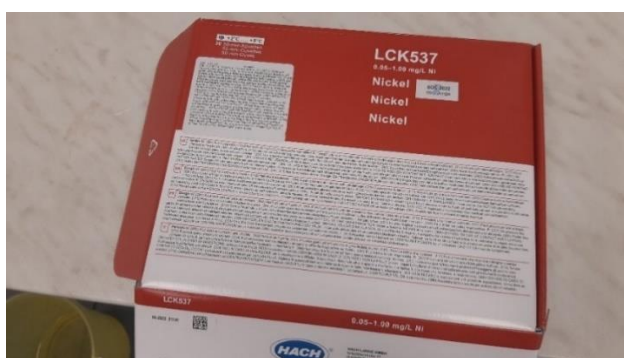


Obrázek 8 - kyvety, kadmium

3.2.7 Nikl

Pro stanovení obsahu niklu ve výluhovém vzorku jsme museli použít postup pro chemickou reakci, kterou uvádí Hack Lange na svých stránkách. Prvně jsme si odměřili 4,2 ml vzorku pipetou a přidali jej do kyvety. Tu jsme vložili do spektrofotometru a nechali jsme ho změřit nulovou hodnotu. Poté jsme kyvetu vytáhli a vložili jsme do ní lžičku látky B, které se nachází v zakoupené sadě. Následně jsme přidali roztok A a vršek C a kyvetu jsme protřepali. Po pěti minutách jsme kyvetu opět protřepali a změřili výslednou hodnotu obsahu těžkého kovu ve vodě. Tento postup jsme opakovali pro všech 7 výluhových vzorků, 3krát v teplé a 3krát ve studené vodě.

Princip pro barevnou reakci, díky které jsme schopni zjistit obsah zinku v pitné vodě je následující. Za přítomnosti oxidačního činidla reagují ionty niklu s dimethylglyoximem v alkalickém prostředí za vzniku oranžovo–hnědého komplexu. [59]



Obrázek 9 - kyvety, nikl

3.3 Výsledky

V tabulkách lze vidět každé jednotlivé provedené měření. Všechny hodnoty jsou zapsané v jednotkách mg/l. Používali jsme přístroj DR6000 spektrofotometr UV-VIS s technologií RFID.

Každá kyveta má jiný rozsah, ve kterém můžeme očekávat přesné výsledky. Naše kyvety mědi mají rozsah 0,1 až 8 mg/l. Rozsah kyvet na měření zinku činí 0,2 – 6 mg/l. Rozmezí kyvet olova odpovídá 0,1 – 2 mg olova na litr. Kyvety na měření obsahu hliníku mají rozmezí 0,02 – 0,5 mg/l. Rozsah kyvet pro měření chromu odpovídá 0,03 – 1 mg/l. Obsah kadmia ve vodě se dá měřit přesně od 0,02 – 0,3 mg/l. Kyvety pro měření obsahu niklu ve vodě mají rozsah 0,05 – 1 mg/l vody.

Pokud obsah těžkých kovů rozsahu neodpovídá, nejsou hodnoty přesné a v tabulce budou vyznačena následujícím způsobem.

↑ - znamená, že naměřená hodnota leží nad rozsahem kyvet, nad rozsahem jsou pouze riziková množství

↓ - znamená, že naměřená hodnota leží pod rozsahem kyvet, jedná se o zanedbatelné zastoupení

Tabulka č. 2 - Měď [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0.04	↓0.04	↓0.04	0.04	↓0.03	↓0.03	↓0.03	↓0.03
chrom	0.151	0.242	0.213	0.202	0.202	0.206	0.221	0.2097
mosaz	0.145	↓0.086	0.101	0.11067	0.586	0.59	0.604	0.5933
plast	↓0.039	↓0.016	↓0.037	0.03067	0.25	0.278	0.351	0.293
hliník	↓0.044	↓0.054	↓0.055	0.051	↓0.007	↓0.012	↓0.026	↓0.015
měď	0.118	↓0.002	0.109	0.07633	0.138	0.141	0.154	0.1443
pozink	0.552	1.33	0.95	0.944	0.463	0.486	0.529	0.4927
alupex	↓0.042	↓0.019	↓0.023	0.028	↓0.005	↓0.01	↓0.023	↓0.0127

V tabulce č. 2 můžeme vidět obsah mědi ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,1 až 8 mg/l.

Tabulka č. 3 - Zinek [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
chrom	↓0.021	↓0.065	↓0.067	↓0.051	↓0.116	↓0.13	↓0.13	↓0.12533
mosaz	1.84	1.72	1.93	1.83	1.67	1.69	1.71	1.69
plast	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0.043	↓0.059	↓0.054	↓0.052
hliník	0.32	0.587	0.489	0.465333	↓0.118	↓0.134	↓0.129	↓0.127
měď	1.53	1.03	1.12	1.226667	2.68	2.71	2.72	2.70333
pozink	↑14.5	↑14.4	↑14.7	↑14.5333	↑14.4	↑14.2	↑13.9	↑14.1667
alupex	↓0.013	↓0.079	↓0.057	↓0.04967	↓0.256	↓0.268	↓0.284	↓0.26933

V tabulce č. 3 můžeme vidět obsah zinku ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,2 až 6 mg/l.

Tabulka č. 4 - Olovo [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
chrom	0.141	0.116	0.121	0.126	0.12	0.115	0.109	0.114667
mosaz	0.269	0.331	0.305	0.301667	0.163	0.158	0.183	0.168
plast	0.115	0.116	0.11	0.113667	0.1	0.111	0.107	0.106
hliník	0.105	0.113	0.107	0.108333	0.1	0.1	0.106	0.102
měď	0.239	0.204	0.208	0.217	0.13	0.12	0.121	0.123667
pozink	0.122	0.161	0.177	0.153333	0.121	0.11	0.114	0.115
alupex	0.108	0.105	0.1	0.104333	0.12	0.125	0.129	0.124667

V tabulce č. 4 můžeme vidět obsah olova ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,1 až 2 mg/l.

Tabulka č. 5 - Hliník [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0.002	↓0.002	↓0.002	↓0.002	↓0	↓0	↓0	↓0
chrom	↓0.004	↓0	↓0.004	↓0.00267	↓0	↓0	↓0	↓0
mosaz	↓0.008	↓0.006	↓0.009	↓0.00767	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004
plast	0.065	0.182	0.12	0.122333	0.008	0.008	0.008	0.008
hliník	0.075	0.114	0.1	0.096333	0.013	0.013	0.014	0.013333
měď	↓0.001	↓0.008	↓0.004	↓0.00433	↓0.009	↓0.009	↓0.009	↓0.009
pozink	0.031	0.052	0.055	0.046	0.087	0.088	0.089	0.088
alupex	0.036	0.035	0.03	0.033667	0.005	0.005	0.005	0.005

V tabulce č. 5 můžeme vidět obsah hliníku ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,02 až 0,5 mg/l.

Tabulka č. 6 - Chrom [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0.01	↓0.01	↓0.01	↓0.01	↓0.005	↓0.005	↓0.005	↓0.005
chrom	↓0.019	↓0.015	↓0.015	↓0.01633	↓0.008	↓0.009	↓0.01	↓0.009
mosaz	↓0.013	↓0.01	↓0.01	↓0.011	↓0.009	↓0.01	↓0.01	↓0.00967
plast	↓0.016	↓0.012	↓0.012	↓0.01333	↓0.009	↓0.012	↓0.015	↓0.012
hliník	↓0.017	↓0.018	↓0.017	↓0.01733	↓0.009	↓0.015	↓0.01	↓0.01133
měď	↓0.012	↓0.009	↓0.009	↓0.01	↓0.009	↓0.01	↓0.008	↓0.009
pozink	↓0.016	↓0.013	↓0.012	↓0.01367	↓0.013	↓0.014	↓0.016	↓0.01433
alupex	0.191	↓0.009	↓0.011	0.070333	↓0.008	↓0.012	↓0.009	↓0.00967

V tabulce č. 6 můžeme vidět obsah chrómu ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,03 až 1 mg/l.

Tabulka č. 7 - Kadmium [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
chrom	↓0	↓0.008	↓0	↓0.00267	↓0	↓0	↓0	↓0
mosaz	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0.01	↓0.01	↓0.015	↓0.01167
plast	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
hliník	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0.005	↓0.005	↓0.004	↓0.00467
měď	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
pozink	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	0	↓0
alupex	↓0	↓0	↓0	↓0	0.02	0.016	0.02	↓0.01867

V tabulce č. 7 můžeme vidět obsah kadmia ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,02 až 0,3 mg/l.

Tabulka č. 8 - Nikl [mg/l]

Vzorek	Teplá voda				Studená voda			
	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr
Slepý vzorek	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
chrom	0.109	↓0.024	↓0.036	0.056333	0.1	0.092	0.067	0.086333
mosaz	↓0.024	↓0.036	↓0.026	↓0.02867	↓0.03	↓0.034	↓0.024	↓0.02933
plast	↓0	↓0.007	↓0	↓0.00233	↓0.002	↓0.002	↓0.004	↓0.00267
hliník	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004	↓0.004
měď	↓0.007	↓0.009	↓0.007	↓0.00767	↓0.007	↓0.009	↓0.007	↓0.00767
pozink	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0	↓0
alupex	0.051	↓0.004	↓0.042	↓0.03233	0.07	0.065	↓0.047	0.060667

V tabulce č. 8 můžeme vidět obsah niklu ve vodě v jednotce mg/l z jednotlivých měření studené a teplé vody. Rozsah kyvet odpovídá 0,02 až 0,3 mg/l.

4 Diskuze

V praktické části mé práce jsme zjistili, kolik kovů se uvolňuje z potrubních systémů. Jelikož u měřeného potrubí se jedná o absolutně nové potrubí, není kontaminace tak výrazná. V domácnostech se dá očekávat u stojatých vod horších výsledků.

Toxicita těžkých kovů, jako například kadmia, olova, chromu, hliníku, či rtuti a arsenu je natolik výrazná, že i expozice k mikrogramům denně může způsobovat závažné dlouhodobé potíže. Jejich užívání však kvůli průmyslu nejde snížit.

Ne každý kov je však stejný a působí stejně na lidské tělo. Například olovo je daleko nebezpečnější pro nervový systém než například chrom. Velké množství těžkých kovů je pro nás taky velice důležité a bez některých z nich bychom nemohli žít. Zinek a měď jsou oba zásadní kovy pro funkci našeho metabolismu a růstu. Dokonce i prvek jako chrom je v těle ve velmi malých dávkách potřebný.

Je mnoho závěrů, které můžeme usoudit z mé práce. Je například důležité zmínit, že každé použité potrubí má své plusy a mínusy. Nedá se tedy 100% říci, které je lepší. Některé potrubí jsou velice pevné a silné, ale také těžké jako například chromové trubky. Jiné jsou naopak tvarovatelné, lehčí, ale méně odolné jako například PP nebo ALUPEX. Některé trubky se také nevyužívají tak často kvůli jejich ceně.

Mnohá potrubí, co jsem měřil, jsou i s horšími výsledky stále velice důležité, jako například ALUPEX. Z ALUPEXU se uvolňovalo největší množství chromu, kadmia a větší množství hliníku a niklu. Je však velice specializovaný a nenahraditelný. Důležité je také zmínit, že jediné měření, ve kterém se uvolňoval z ALUPEXU chrom, bylo měření první. Je možné, že na povrchu trubky zbyly zbytky nečistot z průmyslové výroby. Nejspíš však tento problém nastal kvůli jeho třívrstvé struktuře. Jelikož se skládá z více složek, které jsou k sobě slepené, nejspíše se tyto látky jako například chrom uvolňovaly právě z vnějších částí trubky, do které se voda normálně nedostává, ale kvůli průřezu se tomu tak stalo. Z toho se dá usoudit, že toto potrubí se stává rizikovým jenom, pokud je vnitřní vrstva narušena. Všechny měření jsou však pod problematickou hodnotou. ALUPEX je dle mého nadále velmi užitečný pro použití v praxi.

To samé se však nedá říci o zastaralém potrubí, jako je pozink. Pozink, který v naší praktické části dopadl nejhůře, už není používán, ale zastaralé potrubní systémy jej stále obsahují. Pozink má jednu velmi velkou výhodu, a to je jeho dostupnost. Pozinkovaná vrstva také zabraňuje korozi železa, které se pod ním nachází. Do vody však pozink uvolňuje alarmující množství

zinku, velké množství mědi a poměrně velké množství olova. Zinek dle české vyhlášky nemá žádnou NMH (nejvyšší mezní hodnotu), však doporučená denní dávka je poloviční (15 mg) než dávka, kterou bychom obdrželi z pití dvou litrů vody denně. Je také nutno dodat, že protikorozní vrstva se časem opotřebovává a po určité době může pozink ztratit své antikorozi vlastnosti, čímž je také velice rizikovým.

Podle tabulek se dá poznat, že rozdílné teploty a délka luhování měla jen malý vliv na výsledné hodnoty. Jak u teplé, tak u studené vody se uvolňovalo přibližně stejné množství látek z potrubí.

U naměřených hodnot mědi v tabulkách nebyl žádný výrazný problém. Nejvíce se měď uvolňovala z již předem zmíněného pozinku. Chromové trubky také uvolňovaly lehce větší množství, ale v ani jednom z případů se nejedná o alarmující množství.

U zinku uvolněného z potrubí byly největší hodnoty. Pozink vyšel opět nejhůř. Je zajímavé, že měděné trubky taktéž uvolňovaly velké množství zinku hlavně ve studené vodě. Množství zinku uvolňovaného z měděných trubek však opět není závažný, což se bohužel nedá říci o pozinku.

Největší množství uvolňovaného olova se dalo zaznamenat u mosazi a mědi. U všech měřených potrubích je však olovo nad mezní hodnotou 0,01 mg/l vody, stanovenou českou legislativou. Tato informace je poměrně znepokojující. V případě mosazi překročila nejvyšší mezní hodnotu dokonce více než 30krát. Dá se tedy očekávat, že by toto množství mohlo být zdraví škodlivé.

Když se podíváme na výsledky hliníku, můžeme vidět, že se hliník nachází v akceptabilní zóně. Mezní hodnota dle legislativy leží na 0,2 mg/l, což v našem měření nepřekročilo ani jedno potrubí.

Chrom opět nepředstavoval žádné nebezpečí dle legislativy. 0,05 mg/l překročil pouze ALUPEX při prvním měření. Je možné, že špatná výsledná hodnota byla způsobena chybou v měření, nebo zbytky chromu, z průmyslové výroby.

Měření kadmia ukazuje zajímavé výsledky. Bohužel kvůli naším kyvetám, které nemají dostatečný rozsah, nejsou výsledné hodnoty 100% přesné, nemůžeme tedy výsledky použít jako 100% fakt. Avšak můžeme usoudit, že kadmium se z potrubí uvolňuje daleko častěji ve studené vodě. Bohužel u ALUPEXU, překračuje kadmium mezní hodnotu 0,005 mg/l. Jediný ALUPEX lze považovat za problematický, ale ostatní potrubí jako například mosaz a hliník taktéž prokazovali určité zastoupení kadmia.

Zastoupení niklu ve výluhových zkouškách překračovalo mezní hodnotu pouze u chromového potrubí a ALUPEXU. Mezní hodnota 0,02 mg/l byla daleko výrazněji překročena chromovým potrubím.

5 Závěr

V mé práci jsem se snažil poukázat na nebezpečí znečištěné vody a na zjištění nezávadnosti každodenního konzumu vody. Bohužel jsem zjistil, že i pitná voda, která se každý den pije v našich domácnostech, nemusí být zdravotně nezávadná.

Největší problém představuje uvolňované olovo a zastaralé druhy potrubí, které by se již nadále neměli používat, jako například pozinkované potrubí. Jiná měřená potrubí byla měděná, mosazná, chromová, plastová, hliníková, či ALUPEXOVÁ potrubí. Nejméně těžkých kovů uvolňovalo plastové potrubí. Chromová a hliníková potrubí, také neuvolňovala moc kovů a ALUPEX a měď také neprokazovala příliš velká znečištění. Mosazná a předem již zmiňovaná pozinkovaná potrubí představovala největší problém.

Staré zinkové a pozinkové potrubí by se dle mého neměli nadále používat. Existují jiné, mnohem vhodnější varianty, jako například plastová, či měděná potrubí.

6 Zdroje

- [1] Cadmium toxicity and treatment: An update. *NCBI* [online]. 2017 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5596182/>
- [2] The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *BMC* [online]. 2006 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://occup-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/1745-6673-1-22>
- [3] Cadmium. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/cadmium>
- [4] Lead. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/lead-chemical-element>
- [5] Lead poisoning. *Healthline* [online]. 2019 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/lead-poisoning>
- [6] Lead poisoning. *WHO* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- [7] Basic Information about Lead in Drinking Water. *EPA* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/basic-information-about-lead-drinking-water>
- [8] Encefalopatie. *WikiSkripta* [online]. 2018 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Encefalopatie>
- [9] Chromium (Cr). *Lenntech* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.lenntech.com/periodic/elements/cr.htm>
- [10] Chromium Toxicity. *ASTDR* [online]. 2013 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.atsdr.cdc.gov/csem/chromium/physiologic_effects_of_chromium_exposure.html
- [11] Chromium processing. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/chromium-processing>
- [12] Toxic Effect Associated With Consumption of Zinc. *Mayo Clinic Proceedings* [online]. 2002 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(11\)62239-8/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(11)62239-8/fulltext)
- [13] Signs and symptoms of zinc toxicity. *MedicalNewsToday* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/326760#symptoms>

- [14] Zinc. *NIH* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/>
- [15] Zinc. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/zinc/History>
- [16] Zinc Deficiency. *NCBI* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493231/>
- [17] Aluminium Toxicity. *Winchester Hospital* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.winchesterhospital.org/health-library/article?id=164929>
- [18] Aluminium. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/aluminum>
- [19] *WHO* [online]. 2013 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/aluminium.pdf
- [20] Nickel. *Britannica* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/nickel-chemical-element>
- [21] Toxicological Profile for Nickel. *CDC* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15-c1.pdf>
- [22] Nickel--an essential element. *NIH* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6398286/>
- [23] Copper - Cu. *Lenntech* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.lenntech.com/periodic/elements/cu.htm>
- [24] Trace elements in human physiology and pathology. Copper. *NCBI* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6361146/>
- [25] Physiological Role of Copper. *NCBI* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225407/>
- [26] Mercury and health. *WHO* [online]. 2017 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- [27] Mercury, elemental and inorganic compounds. *NJ Health* [online]. 2009 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1183.pdf>
- [28] Arsenic. *NIH* [online]. 2018 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- [29] Dusitany a dusičnany ve vodě: Co způsobují a jak se jim vyhnout. *Moni.cz* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.moni.cz/aktuality/dusitany-a-dusicnany-ve-vode>

- [30] Microorganisms That May Be Found In Drinking Water. *Mecknc.gov* [online]. Mecklenburg County, NC: MECKNC.GOV, 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.mecknc.gov/HealthDepartment/EnvironmentalHealth/GWS/Pages/Learn%20About%20Contaminants.aspx>
- [31] E. Coli. *WHO* [online]. 2018 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- [32] Escherichia coli O157 : H7. *Informační Centrum Bezpečnosti Potravin* [online]. 2011 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/escherichia-coli-o157-h7.aspx>
- [33] Cholera - Vibrio cholerae infection. *CDC* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/cholera/general/index.html>
- [34] Chromové trubky: charakteristika a rozsah. *DecorexPro* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://cs.decorexpro.com/vodosnabzhenie/truby/hromirovannye/>
- [35] Brass vs Copper vs PVC. *Alvarez Plumbing* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.alvarezplumbing.com/brass-vs-copper-vs-pvc-pipes/>
- [36] Common uses for brass. *Mead Metals* [online]. 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.meadmetals.com/blog/common-uses-for-brass>
- [37] Why Is Copper Plumbing Used And Not Aluminium. *Plumbers Chicago* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://plumberschicagoinfo.wordpress.com/2018/04/10/why-is-copper-plumbing-used-and-not-aluminum/>
- [38] The Pros and Cons of Different Types of Plumbing Pipes. *Mr. Rooter Plumbing* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.mrrooter.com/greater-syracuse/about-us/blog/2019/july/the-pros-and-cons-of-different-types-of-plumbing/>
- [39] Polypropelene (PP). *BPF* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/pp.aspx>
- [40] The rise and fall of polypropelene plastic piping. *Plastic Expert Group* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.plasticexpert.com/learn/polypropylene-pipe-failure/>
- [41] The Best of Both Worlds: PEX-AL-PEX. *Plumbing and Mechanical* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.pmmag.com/articles/86217-the-best-of-both-worlds-pex-al-pex>
- [42] *Guidelines for drinking-water quality; SECOND EDITION; Volume 3 Surveillance and control of community supplies*. In: . Geneva, 1997. Dostupné také z: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwqvol32ed.pdf

- [43] Požadavky na kvalitu pitné vody. *Wikiskripta* [online]. Praha: Universita Karlova, 2021 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Po%C5%BEadavky_na_kvalitu_pitn%C3%A9_vody
- [44] 252/2004 Sb. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví, 2004, ročník 2004, číslo 252. Dostupné také z: <https://www.lscv.cz/res/archive/128/014010.pdf?seek=1398148307>
- [45] 2.1.5: Spectrophotometry. *Chemistry LibreTexts* [online]. 2020 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Kinetics/02%3A_Reaction_Rates/2.01%3A_Experimental_Determination_of_Kinetics/2.1.05%3A_Spectrophotometry](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Kinetics/02%3A_Reaction_Rates/2.01%3A_Experimental_Determination_of_Kinetics/2.1.05%3A_Spectrophotometry)
- [46] The basics of spectrophotometry. *Tip Biosystems* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://tipbiosystems.com/blog/spectrophotometry/>
- [47] *A Textbook of Modern Toxicology, Third Edition*. John Wiley, 2004. ISBN 9780471646778.
- [48] *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. Third Edition. CRC Press, 2002. ISBN 9781566706186.
- [49] *Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic*. 2021. Dostupné z: doi:10.3389/fphar.2021.643972
- [50] *Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals*. 2014. Dostupné z: doi:10.2478/intox-2014-0009
- [51] King SW, Savory J, Wills MR. The clinical biochemistry of aluminum. *Crit Rev Clin Lab Sci*. 1981;14(1):1-20. doi: 10.3109/10408368109105861. PMID: 7016437.
- [52] BURIÁNEK, Tomáš. *Toxikologie*. Vydavatelství Mendelovy university v Brně, 2019.
- [53] LCK 329 Copper [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593618313>
- [54] LCK 360 Zinc [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593618617>
- [55] LCK306 Lead [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593618022>
- [56] LCK301 Aluminium [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593604398>
- [57] LCK 313 Chromium total and VI [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593604505>

[58] LCK308 Cadmium [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z:

<https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=50963860051>

[59] LCK 537 Nickel [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: [https://cz.hach.com/asset-](https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=57428786509)

[get.download.jsa?id=57428786509](https://cz.hach.com/asset-get.download.jsa?id=57428786509)