



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program:

**OCHRANA OBYVATELSTVA**

**Autor:** Bc. Klára Kuřátková, DiS.

**Vedoucí práce:** Mgr. et Mgr. Uday Kumar Killi, Ph.D.

České Budějovice 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci s názvem „Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 9. 5. 2022

.....

Bc. Klára Kuřátková, DiS.

## **Poděkování**

Děkuji panu Mgr. et Mgr. Uday Kumar Killi Ph.D. za vedení mé práce. Také chci poděkovat mé úžasné kolegyni Ing. Ivetě Náprstkové za cenné rady a mým dalším kolegyním za to, že mě při studiu podporovaly. Další dík patří respondentům, kteří se zapojili do výzkumné části této práce a především mé rodině a partnerovi, kteří při mně celou dobu studia stáli.

## **Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek**

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce na téma „Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek“ se zabývá charakteristikou toxických těžkých kovů, kontaminací životního prostředí olovem a také toxickými účinky olova. Diplomová práce zahrnuje i nahlédnutí do jednotlivých složek životního prostředí. V diplomové práci je uvedena i kapitola o laboratorní diagnostice a o terapii intoxikace olovem.

V diplomové práci jsou zvoleny dva cíle. Prvním cílem diplomové práce je charakterizovat olovo, jeho vlastnosti, výskyt, dopady na životní prostředí a jeho toxické účinky na zdraví člověka. Druhým cílem je analyzovat data z dotazníkového šetření o povědomí laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí a toxických účincích olova.

Pro tuto diplomovou práci byl zvolen kvantitativní výzkum, kterého se zúčastnilo 102 respondentů. Podmínky pro účast ve výzkumné části nebyly stanoveny a sběr dat probíhal pomocí anonymních dotazníkových studií.

Diplomovou práci je možné použít pro studijní účely a jako zdroj informací o olovu a jeho dopadech na životní prostředí a o jeho toxických účincích na lidský organismus.

Dle výzkumu je prokazatelné, že tázaní respondenti mají dobré informace o olovu. Jsou jim známy informace o vlastnostech olova i jeho využití, o kontaminaci životního prostředí olovem a také skutečnost, že je olovo v České republice legislativně sledováno. Respondenti mají přehled i v informacích o toxických účincích olova na lidský organismus i v příznacích intoxikací olovem.

### **Klíčová slova**

Toxický kov; těžký kov; olovo; životní prostředí; intoxikace olovem; plumbémie

# **Lead in the environment and its toxic effect**

## **Abstract**

This diploma thesis on the topic „Lead in the environment and its toxic effect“ is focused on the characteristic of toxic heavy metals, on the lead contamination of the environment and also on the toxic effect of lead. This diploma thesis also includes an insight into the individual components of the environment. The diploma thesis also contains a chapter on laboratory diagnostics and on the treatment of lead intoxication.

Two aims are selected in this diploma thesis. The first one is to define lead, its properties, localization, impacts on the environment and its toxic effects on human health. The second aim is to analyze data from a questionnaire survey about the public awareness of lead influence on the nature environment and the toxic effects of lead.

The quantitative research was chosen for this diploma thesis, which was attended by 102 respondents. The conditions for participation in the research part weren't set and data collection was implemented by using of anonymous questionnaire surveys.

This diploma thesis can be used for study purposes and as a source of information about lead and its impact on the environment and its toxic effect on the human body.

The result of the research is that respondents are well-informed about lead. They are acquainted with the information regarding the properties of lead and its use, and regarding lead contamination of the environment, as well as the fact that lead is legislatively monitored in the Czech Republic. Respondents also have an overview about lead effects on the human body and symptoms of lead intoxication.

## **Keywords**

Toxic metal; heavy metal; lead; environment; lead intoxication; plumbemia

## Obsah

Úvod.....	8
1. Teoretická část .....	9
1.1. Základní pojmy toxikologie.....	9
1.2. Těžké kovy.....	10
1.2.1. Zdroje kontaminace těžkými kovy.....	11
1.2.2. Imisní a emisní limity.....	13
1.2.3. Těžké kovy v organismu a jejich toxicita .....	15
1.3. Olovo .....	19
1.3.1. Historie.....	19
1.3.2. Charakteristika olova .....	20
1.3.3. Pravidla pro zacházení s NCHL a bezpečnost práce.....	21
1.3.4. Produkce olova člověkem .....	23
1.3.5. Recyklace .....	25
1.3.6. Cyklus olova.....	25
1.4. Životní prostředí .....	26
1.4.1. Ovzduší .....	26
1.4.2. Voda .....	29
1.4.3. Půda.....	32
1.4.4. Příbramsko .....	36
1.5. Toxický účinek olova .....	38
1.5.1. Intoxikace olovem.....	39
1.5.2. Karcinogenní a teratogenní účinky olova .....	43
1.6. Toxikologická analýza.....	44
1.6.1. Analýza olova.....	44
1.6.2. Terapie.....	45
2. Cíl práce a výzkumné otázky.....	47

2.1.1. Cíl práce .....	47
2.1.2. Výzkumné otázky.....	47
3. Metodika .....	48
3.1. Použitá metodika .....	48
3.2. Charakteristika výzkumného souboru .....	48
3.3. Sběr dat .....	48
3.4. Analýza dat .....	48
4. Výsledky .....	49
5. Analýza získaných dat .....	74
5.1. Popisná statistika .....	76
5.2. Analýza kontingenčních tabulek – Testy dobré shody .....	78
6. Diskuse .....	83
6.1. Teoretická část .....	83
6.2. Výzkumná část.....	83
7. Závěr .....	87
8. Použitá literatura.....	88
Seznam příloh a obrázků.....	97
Seznam tabulek .....	98
Seznam grafů .....	99
Seznam zkratk .....	100

## Úvod

Již od starověku je olovo pro lidstvo známým kovem, který má nízkou teplotu tání a je dobře kujný a velice odolný vůči korozi. Olovo se ve 3. tisíciletí př. n. l. využívalo jako olovnatá běloba, se kterou se ženy líčily. V Římské říši docházelo k nadměrnému využívání tohoto toxického kovu. Olovo se využívalo k výrobě rozvodů a vedení pitné vody, při stavbě lodí i ke stavbě akvaduktů.

Olovo je jedním z nerozšířenějších kontaminantů životního prostředí. Největší zdroje kontaminace olovem jsou především průmyslové zplodiny z antropogenní činnosti. Olovo patří mezi nejnebezpečnější z toxických kovů a již ve stopových množstvích má negativní vliv na lidský organismus a může poškozovat zdraví člověka a v nejhorších případech způsobit smrt.

Znečištění životního prostředí olovem se stalo alarmujícím problémem veřejného zdraví. Byly zakázány barvy na bázi olova, dále tetraethylolovo jako antidetonační přísada do benzínů. Tyto olovnaté sloučeniny jsou ale stálým problémem a při posuzování míry kontaminace hrají důležitou roli jako zdroj znečištění životního prostředí i jako zdroj expozice olova na lidskou populaci.

Životní prostředí je komplex sestavený z přírodních, umělých i sociálních komponent světa. Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky pro existenci organismů včetně člověka a je předpokladem pro jejich další vývoj.

Intoxikace olovem je velice závažný stav, jelikož ohrožuje zdraví člověka a může způsobit i smrt. V současné době je intoxikace olovem ve vyspělých zemích vzácně řešená diagnóza. Zpočátku je velmi obtížné intoxikaci olovem odhalit, protože příznaky a symptomy se nemusí projevit, dokud není v lidském organismu akumulována dostatečně velká, a tím nebezpečná koncentrace olova. Intoxikaci olovem rozlišujeme na dvě formy – na akutní a na chronickou.



# 1. Teoretická část

## 1.1. Základní pojmy toxikologie

Toxikologie je interdisciplinární vědní obor, který studuje toxické neboli nepříznivé účinky cizorodých chemických látek – xenobiotik nebo jejich směsí na živý organismus. Toxikologie spolupracuje a využívá poznatků z biologie, chemie, genetiky, patofyziologie, ekologie, zemědělství a dalších věd. Využívá metody fyzikální a analytické chemie pro identifikaci a stanovování toxických látek (Patočka, 2007).

Toxicita je nepříznivý účinek chemické látky na živý organismus.

Toxickou látkou se rozumí jedovatá látka či jed (Patočka, 2007).

Xenobiotikum je cizorodá látka, která je od určité dávky považována za jed.

Noxa je škodlivina nebo škodlivá látka, která způsobuje poškození lidského organismu nebo životního prostředí (Paleček, 1999).

Na expozici je nahlíženo jako na kontakt chemické látky s živým organismem, při kterém dojde k průniku chemické látky z vnějších hranic živého organismu do vnitřních částí. K tomuto procesu dochází na různých místech, které jsou nazývány jako brány vstupu. Těmito branami vstupu je myšlen způsob kontaktu chemické látky s organismem, který je určován místem, kde chemická látka vnikla do organismu. Důležitá je i četnost expozice, zda živý organismus přišel do kontaktu s chemickou látkou jen jednou anebo opakovaně (Patočka, 2007).

Riziko chemické látky je vyjádřeno pravděpodobností, s jakou se projeví toxicita chemické látky u exponovaného organismu. Rizika můžeme odhadovat, řídit i omezovat jejich dopad na zdraví živého organismu. Pro omezení toxických účinků na zdraví a život živého organismu je nutné snížit riziko. Proto je nutností postupovat při zacházení nebo kontaktu s chemickou látkou tak, aby se zdravotní rizika snížila na co nejnižší možná (Patočka, 2007).

Cizorodé látky mohou působit přímo (cytotoxicky) na určité buňky tkáně nebo orgány. Tento mechanismus je charakteristický svými málo specifickými reakcemi xenobiotik nebo jejich metabolitů s biologickými makromolekulami. Mnoho cizorodých látek ovlivňuje důležité biochemické procesy v živém organismu, a tím posléze ovlivňují

i životní funkce. Nejčastěji působí na enzymatické reakce, kde způsobují inhibici enzymů, a tím zpomalují katalýzu (Paleček, 1999).

## 1.2. Těžké kovy

Těžké kovy patří mezi nejdéle známé toxické látky, které doprovázejí lidstvo po celou dobu jeho existence. Existují archeologické záznamy, ze kterých víme, že už v pravěku lidé využívali toxické látky z rostlin, živočichů a minerálů. Nejstarší dochovanou zmínkou je Eberův papyrus, jenž pochází z Egypta z období zhruba 1 500 př. n. l., a obsahuje poznámky o jedech, jež byly využívány nájemnými vrahy při travičství např. jako antimon, měď a olovo (Vrzal, 2014).

Těžké kovy jsou obecně definovány jako kovy s relativně vysokou hustotou, atomovou hmotností nebo atomovými čísly (Pourret, 2021). Základním kritériem pro označení těžkých kovů je hustota kovu vyšší než  $5 \text{ g/cm}^3$  (Víden, 2005). Dle IUPAC neexistuje exaktní definice, proto je označení těžký kov nepřesné a preferuje se termín toxický kov (Duffus, 2002). Také je navrhováno, aby termín těžký kov byl ve vědecké literatuře nahrazen termíny metaloid, stopový kovový prvek nebo potenciálně toxický prvek (Pourret, 2021). Pro tuto práci budu využívat termín toxický kov. Vyskytuje se zhruba osmdesát prvků, které se řadí mezi kovy a jen přibližně třicet je označováno jako těžké (toxické) kovy (Harte, 1991). Toxické kovy jsou nejen vysoce toxické pro lidský organismus, ale také jsou považovány za nesmírně škodlivé pro životní prostředí. Za nejnebezpečnější toxické kovy se považuje rtuť, kadmium, olovo, chrom, kadmium a nikl (Víden, 2005).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			I	II	III	IV	V	VI	VII	0
<b>H</b>																	<b>He</b>
<b>Li</b>	<b>Be</b>											<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>
<b>Na</b>	<b>Mg</b>											<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>
<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>
<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>
<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>
<b>Fr</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<b>Db</b>	<b>Jl</b>	<b>Rf</b>	<b>Bh</b>	<b>Hn</b>	<b>Mt</b>									
lanthanoidy:		<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>		
aktinoidy:		<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>		

Obrázek 1: Mendělejevova periodická tabulka prvků (Science Notes, © 2022).

Kovy se v přírodě dají nalézt buď v ryzím stavu nebo se také vyskytují ve formě solí. V nízkých koncentracích jsou přirozenou součástí zemské kůry a lokálně se objevují vyšší koncentrace množství kovů v příslušných rudách (Kafka, 2002). Antropogenní toky toxických kovů výrazně překračují toky přirozené, protože v přirozených podmínkách se vyskytují jen v nízkých koncentracích, i když je v poslední době využívání toxických kovů v různorodých procesech a výroбах postupně výrazně omezováno. Toto omezování mělo za následek, že se již v současnosti tyto látky nepovažují za nejhorší škodliviny. Především se povedlo snížit zátěž životního prostředí olovem v důsledku redukce, a nakonec i vyloučení používání olovnatého benzínu ve spalovacích motorech všech dopravních prostředků. Přesto lze toxické kovy i nadále považovat za velmi významný a znepokojující faktor pro živé organismy a životní prostředí jako takové (Richter, 2004; CHMI, 2013; Marešová 2015; Kannampilly, 2021).

Jak již bylo řečeno, toxické kovy se přirozeně vyskytují v půdě a jsou koncentrovány v důsledku antropogenní činnosti neboli činnosti, která je způsobena člověkem. Tímto způsobem kovy vstupují do rostlin a živých organismů a jejich tkání prostřednictvím inhalace, stravy i manipulací. Toxické kovy se poté mohou vázat na životně důležité buněčné složky, a tak mohou významně ovlivňovat jejich funkci (Srivastava, 2010). Kovy se pohybují v životním prostředí biogeochemickými cykly, jejichž prostřednictvím dokážou pronikat do organismů (Klassen, 1996). Z půdy a vodních toků jsou absorbovány kořeny rostlin, které dále slouží jako potrava pro různé druhy živočichů (Nagajoti, 2010). Tyto migrační cykly mohou být přírodního nebo antropogenního původu. Půdní mikroorganismy umožňují toxickým kovům vstup do komplexů s organickými látkami, které jsou nebezpečnější formou pro životní prostředí než primární forma kovu. Jelikož kovy nedegradují, dochází k jejich postupné akumulaci v životním prostředí (Kafka, 2002).

### **1.2.1. Zdroje kontaminace těžkými kovy**

Nejrůznější sloučeniny těžkých kovů se hojně využívají v různých odvětvích průmyslu a zemědělství (Kafka, 1997), proto existuje hodně zdrojů a možností úniku nebezpečných látek do životního prostředí (Cockerham, 1994). Nejdůležitější zdroje kontaminace životního prostředí těžkými kovy pocházejí z antropogenní činnosti (viz Tabulka I). Do životního prostředí je nejvíce uvolňováno hlavně olovo, arsen, selen, kadmium, rtuť, nikl a také chrom (Kafka, 2002). Toxické kovy jsou tedy

zásadními látkami, které znečišťují životní prostředí (Nagajyoti, 2010). Mezi nejčastější antropogenní činnosti patří výrobní procesy, jako je zpracování rud, spalování fosilních paliv a také zemědělská výroba, kdy se využívají průmyslová hnojiva (fosfátová) a pesticidy (Kafka, 2002). Akumulace toxických kovů v půdách je v zemědělské produkci znepokojující kvůli nepříznivým účinkům na bezpečnost potravin, jelikož v důsledku geologické a biologické distribuce těžkých kovů do ovzduší, vody a půdy dochází k negativním změnám v metabolismu rostlin. Toxicita těžkých kovů má rozsáhlý negativní dopad na rostliny, a tím se zároveň ovlivňuje i ekosystém. Mezi negativní dopady na rostliny ve znečištěných lokalitách patří změny ve fyziologických a biochemických procesech a to jsou změny v metabolismu, snížený růst, nižší produkce biomasy a akumulace toxických kovů v těle rostlin (Nagajyoti, 2010).

Toxické kovy jsou řazeny mezi závažné kontaminanty nejen svojí toxicitou, ale i stálostí a schopností se akumulovat v živém organismu. I když jsou intoxikace živého organismu vzácné, stále se jedná o závažný stav, jenž ohrožuje zdraví a život jedince. Nejčastěji se v praxi setkáváme s otravou olovem, arsenem a rtutí. Inhalačně nebezpečné jsou prašné aerosoly a kovové páry, perorálně pak zejména rozpustné soli kovů (Patočka, 2007).

Tabulka I: Zdroje kontaminace životního prostředí těžkými kovy.

<b>TĚŽKÝ KOV</b>	<b>ZDROJ KONTAMINACE</b>
OLOVO	úpravy rud, hutě, rafinerie, chemický průmysl, pigmenty barev, akumulátory, olovnaté sklo, přísady do glazur, zemědělství
ARSEN	zpracování rud, zemědělství, sklářský průmysl, léčiva pro veterinární medicínu, ochranné prostředky na dřevo
SELEN	zpracování rud, spalování fosilních paliv, komunální odpady, povrchové úpravy kovů, polovodiče
KADMIUM	doprovodný kov v olověných a zinkových rudách, zemědělství, pigmenty barev a plastů, baterie, spalování fosilních paliv
RTUŤ	zpracování rud, zemědělství, elektrochemie, katalytické procesy, baterie, lékařství, spalování fosilních paliv
NIKL	úpravny rud, hutě, rafinerie, baterie, pokovování, slitiny, kosmetické přípravky
CHROM	chemický průmysl, pigmenty barev, ochranné prostředky na dřevo, zpracování kůže, výroba cementu, pokovování, slitiny
MĚĎ	elektrotechnický materiál, slitiny, komunální odpad, chemický průmysl, zemědělství, měděné dráty a plechy
ZINEK	galvanizace, pigmenty barev a keramických glazur, slitiny, zemědělství, komunální odpad

Zdroj: Kafka, 2002.

### 1.2.2. Imisní a emisní limity

Emise je definována jako proces znečišťování ovzduší, vnášení jedné nebo více znečišťujících látek (Brzenina, 2006). Dle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší je imise vymezena jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v ovzduší nebo její uložení na zemský povrch za jednotku času. Imise vzniká jako následek emise a rozumí se jí znečišťující látka, která je v přímém kontaktu s příjemcem, tedy s půdou, vodou, rostlinami, zvířaty a člověkem (Brzezina, 2006; Zákon č. 201/2012 Sb.).

Imisní limit představuje nejvyšší přípustnou úroveň znečištění, jedná se o průměr nebo maximum, jež je vyjádřený jako hmotnost znečišťující látky na jednotku objemu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{ng}/\text{m}^3$  atd.) za daný časový úsek při standardním tlaku a teplotě. Tyto imisní limity byly stanoveny za účelem ochrany lidského zdraví, ale i životního prostředí (Brzezina, 2006). Jsou-li překročeny imisní limity, je nutné, aby Ministerstvo životního prostředí vypracovalo pro danou oblast nebo aglomeraci společně ve spolupráci

s příslušným krajským nebo obecním úřadem opatření v rámci Programu zlepšování kvality ovzduší. Emisním limitem je nejvyšší přípustné množství znečišťující látky, která může být uvolněná do ovzduší (Brzezina, 2006; Zákon č. 201/2012 Sb.).

V atmosféře se po přenosu, rozptylu a fyzikálně-chemických procesech emise stává imisí. Hodnoty imisních limitů jsou uvedeny v příloze č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Restrikce se netýkají pouze imisí, ale i emisí, kde množství znečišťujících látek je omezeno emisními limity a stropy, jenž jsou uvedeny ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 415/2012 Sb., Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší (Brzezina, 2006; Zákon č. 201/2012 Sb.; Vyhláška MŽP č. 415/2012 Sb.).

Sledované roční průměrné koncentrace všech toxických kovů v předešlých letech mírně klesají. K redukci emisí těžkých kovů zásadně pomohla opatření v sektorech pro výrobu oceli a železa, kde se zlepšil systém pro odprášení spékacích pásů železných rud. Také se podařilo snížit emise těžkých kovů při výrobě skla, a to pomocí technických opatření (CHMI, 2020).

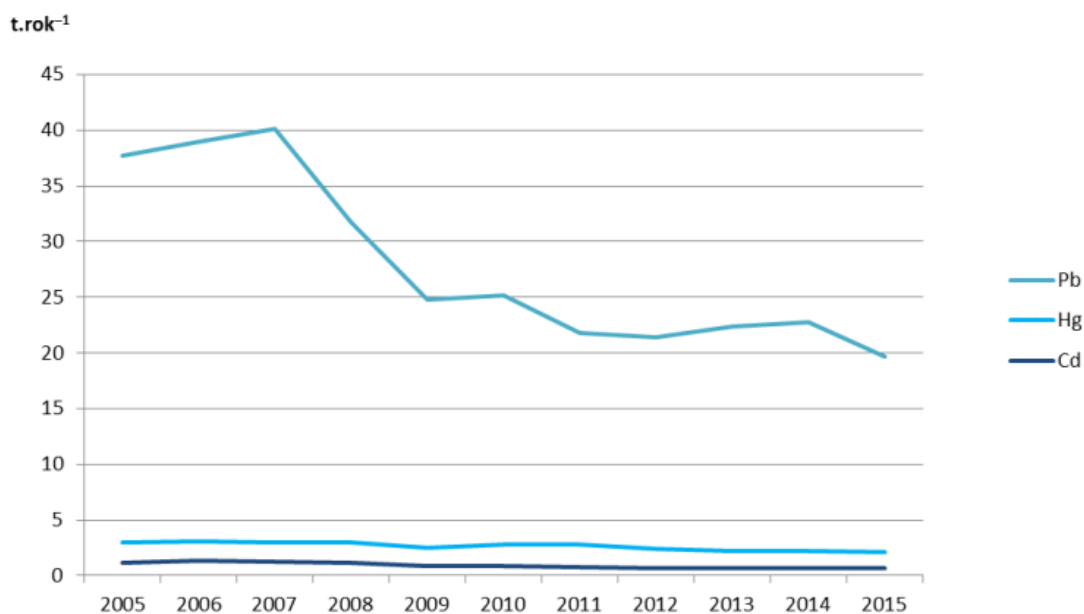
Tabulka II: Závislost emisí těžkých kovů na územním rozložení.

<b>ÚZEMNÍ ROZLOŽENÍ</b>	<b>EMISE TOXICKÝCH KOVŮ</b>
Ústecký, Středočeský a Pardubický kraj	emise arsenu a niklu
Aglomerace Ostrava/Karviná/Frydek-Místek	emise kadmia a olova
Středočeský kraj	emise olova

Zdroj: CHMI, 2020.

Z tabulky II lze vyčíst, že územní rozložení emisí těžkých kovů záleží především na rozmístění podniků, které spadají do sektoru veřejné energetiky a výroby tepla nebo sektoru výroby železa a oceli. Pro oblasti, ve kterých se soustředí tepelné elektrárny a teplárny spalující uhlí, jsou charakteristické emise arsenu a niklu. V oblastech, kde se nacházejí nerosty, vznikly společnosti na výrobu železa a oceli, se vyskytují emise kadmia a olova. To platí i pro Středočeský kraj, kde jsou do ovzduší vnášeny emise olova ze sekundární výroby olova v příbramských Kovohutích (CHMI, 2020).

Emise těžkých kovů mají v České republice setrvalý pokles (viz Obrázek 2).



Obrázek 2: Emise těžkých kovů mezi roky 2005–2015 (Zpráva o životním prostředí, 2016).

### 1.2.3. Těžké kovy v organismu a jejich toxicita

Živý organismus vyžaduje a potřebuje některé těžké kovy jako mikroživiny, které jsou pro život zásadní, a to například železo, kobalt, měď, zinek, mangan a další. Závisí však na jejich cestě a dávce, protože každý z těchto kovů může mít nepříznivé dopady na zdraví a život živého organismu při jejich konzumaci ve vysokých nebo naopak nízkých množstvích (Hogan, 2011). Například měď je velice významná pro živý organismus, řadí se mezi stopové prvky a je nedílnou a důležitou součástí řady enzymů, ale organismus potřebuje pouze malé množství mědi, cca 1 mg/den. Deficit mědi může mít za následek anémii, zpomalení duševního vývoje, poruchy imunity a náchylnost k infekcím či poruchu tvorby kostí a jejich kvality. Byly popsány i otravy mědí, které měly za následek poškození jater, selhání ledvin, kóma a smrt (Hogan, 2011; Arndt, 2008).

Hlavními vstupními branami pro průnik iontů těžkých kovů je respirační systém, gastrointestinální systém a kůže. Ionty těžkých kovů jsou vstřebávány a organismem jsou transportovány krví v oběhové soustavě a po určité době pronikají a ukládají se do cílových míst (Kafka, 2002). Toxický kov je nejčastěji vázán na specifické bílkoviny krevní plazmy ( $\beta$ -2-mikroglobulin,  $\alpha$ -2-makroglobulin) nebo přímo na erytrocyty.

Cílovými orgány jsou takové orgány, jenž jsou určitým kovem negativně ovlivňovány nebo se v nich kov ukládá (Nurnberg, 1985).

Tabulka III: Toxické kovy a jejich cílové orgány.

<b>TĚŽKÝ KOV</b>	<b>CÍLOVÝ ORGÁN</b>
OLOVO	mozek, játra, ledviny, dlouhé kosti a placenta
RTUŤ	mozek, játra, ledviny a imunitní systém
ARSEN	CNS, kůže a vlasy
KADMIUM	játra, ledviny a varlata
CHROM	játra, ledviny, plíce, pohlavní orgány a kůže
NIKL	srdce, plíce, imunitní systém a kůže

Zdroj: Kafka, 2002.

K negativnímu působení toxických kovů jsou nejvíce vnímavé malé děti a staří lidé. V dětském organismu dochází k rychlému růstu buněk a jejich dělení, což přispívá k většímu poškození organismu. Toto poškození je přímo úměrné době, po kterou jsou ionty toxických kovů přítomny v organismu. Proto se pro každý toxický kov určuje hodnota biologického poločasu neboli doba, za kterou tělo eliminuje polovinu toxické látky, která se nahromadila a uložila v těle (Kafka, 2002). Jednotlivé kovy se od sebe svými biologickými poločasy značně liší. U olova a kadmia se jedná v řádu dvaceti až třiceti let, kdežto u arsenu, kobaltu a chromu se jedná v řádu hodin až dnů. Biologický poločas iontů rtuti v krvi je několik dní, ale biologický poločas se prodlužuje na několik měsíců, pokud se rtuť dostane do cílových orgánů (viz Tabulka III a Tabulka IV). Biologický poločas je ovlivněn i formou kovu, v jaké se v organismu nachází. Míru absorpce a distribuci kovu v organismu, sílu a typ toxického efektu určuje chemická forma kovu a jeho mocenství (Kafka, 2002).



Tabulka IV: Biologické poločasy vybraných toxických kovů.

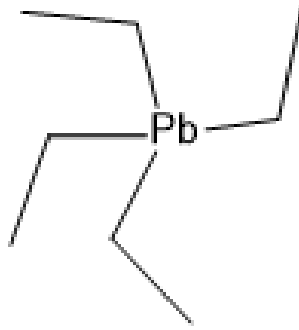
<b>TOXICKÝ KOV</b>	<b>BIOLOGICKÝ POLOČAS</b>
OLOVO (matrix kostí)	17-27 let
OLOVO (krev a měkké tkáně)	20-40 dnů
KADMIUM	7-40 let
ARSEN (krev)	40-60 hodin
KOBALT	hodiny až dny
RTUŤ	30-70 dní

Zdroj: Kenšová et al., 2014; Kafka, 2002.

Stejně jako jsou odlišné biologické poločasy, jsou odlišné i toxické účinky těžkých kovů. Mohou být zdrojem zažívacích potíží, nežádoucích změn v krevním obraze, poškození důležitých orgánů (játra, ledviny, mozek), rakovinných procesů a dalších potíží (Francis, 1993; Kafka, 200). Ionty kovů působí negativně ve vnitřní struktuře buněk, především jsou nepříznivě ovlivňovány specifické biochemické procesy (enzymatické reakce) a poškozují se cílová místa v buňkách (organely a buněčné membrány). Toxicitu dále ovlivňují i jiné faktory, například na celulórní úrovni je ovlivňována chemickou formou iontu, ligandovou vazbou nebo oxidačním stavem kovu (Kafka, 2002). Ionty těžkých kovů se mohou vázat na transportní kanály buněčných stěn, a tak zabraňovat přísunu živin do buněk, v tomto hraje důležitou roli tvarová podobnost iontu toxického kovu s molekulou látky, jež je potřebná pro buňku, částici nebo molekulu obsahující kov. Jelikož kovy vytvářejí elektrofilní kationty, pro které je charakteristická afinita k síře, atakují thiolové -SH skupiny v enzymech, a tím negativně ovlivňují enzymatické funkce. Dochází k takzvané ireverzibilní inhibici, kdy se inhibitor (např. těžký kov rtuť  $Hg^{2+}$ , olovo  $Pb^{2+}$ , měď  $Cu^{2+}$ ) kovalentně váže do struktury aktivního místa enzymu nebo na jiné určité místo, a tím zabraňuje reakci (Racek, 2006). Dále se kationty toxických kovů váží i na aminoskupinu  $-NH_2$  a karboxylovou skupinu  $-COOH$ , které jsou typické pro látky, které souvisejí s genetickou informací (Kafka, 2002). Jednou z nejvíce nebezpečných schopností těžkých kovů je akumulace v rozmanitých tělních tkáních, v kostech se například kumuluje olovo a kadmium, které nahrazují vápník v kostech (Patočka, 2007).

Další velký rozdíl je v toxicitě anorganických a organických sloučenin kovů, v intenzitě jejich toxického působení a i v jejich kvalitě. Sloučeniny organokovové,

např. tetraethylolovo (viz Obrázek 3), jsou nejtoxičtějšími látkami, které lehce procházejí přes buněčné membrány v nezměněné podobě, jsou lipofilní a jejich dealkylace na anorganické soli je značně pomalá (Kafka, 2002).



Obrázek 3: Strukturální vzorec tetraethylolova (Moravec, © 2022).

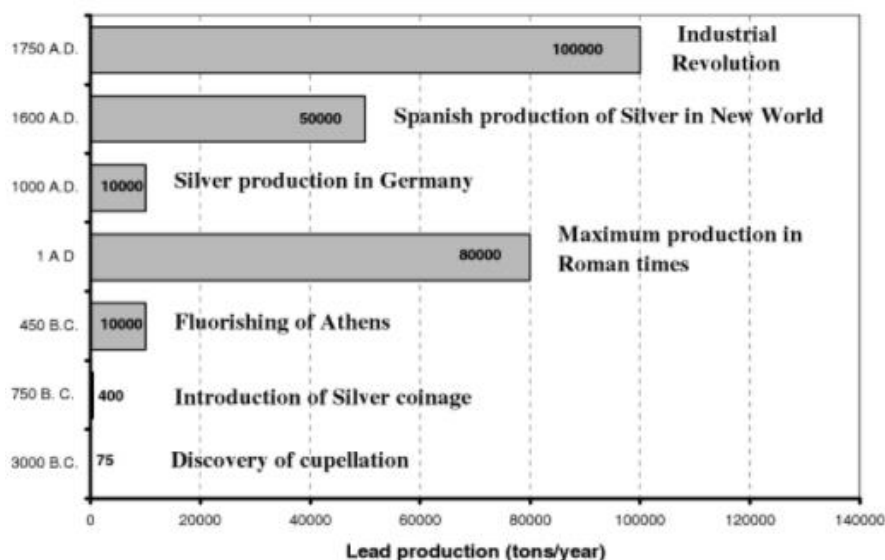
Akutní otravy toxickými kovy nebo sloučeninami těchto kovů jsou především otravy profesního rázu. Projevují se poškozením plic, dermatitidou nebo poruchami gastrointestinálního ústrojí. Chronické otravy představují těžké poškození organismu a jsou zapříčiněny vysokou akumulací schopností těžkých kovů v organismu. Nejzávažnějším chronickým účinkem těžkých kovů je karcinogenita, která je mnohdy doprovázena mutagenními účinky - olovo, kadmium, arzen, selen a teratogenní účinky - olovo, rtuť (Kafka, 2002; Bencko, 1984).

### 1.3. Olovo

Olovo je jedním z nejrozšířenějších kovů v půdě, vodách i v atmosféře a také je nejrozšířenějším kontaminantem mezi toxickými kovy, kontaminující povrch planety, jež se do prostředí dostává především z průmyslových zplodin (Bencko, 1995; Di Maio, 2001). I když má stále průmyslové využití, patří mezi nejnebezpečnější toxické kovy a už ve stopových množstvích má negativní vliv a může poškodit lidské zdraví a životní prostředí (Bencko, 1995). V živém organismu je olovo antagonistou vápníku a dochází k jeho kumulaci v kostech a zubech a k ovlivňování hematopoézy (Zvěřina, 2019).

#### 1.3.1. Historie

Olovo je známým kovem již od starověku, spolu se rtuť jsou nejdéle známými a využívanými kovy (Zvěřina, 2019). Ve 3. tisíciletí př. n. l. znali tento kov v Babylonii, Egypťanky si malovaly obočí sulfidem olovnatým (PbS) a líčily se uhličitánem olovnatým, známým jako olovnatá běloba. V Egyptě se platilo olovnými mincemi a olovo se přidávalo do barevných glazur (Cídllová, 2018). Pohle historických zdrojů byla Římská říše obdobím chronických otrav olovem (Zvěřina, 2019), protože Římané využívali olovo k výrobě rozvodů a vedení pitné vody, při stavbě lodí a ke stavbě akvaduktů (viz Obrázek 4). Docházelo k nadměrnému využívání olova, které vedlo k nadměrné expozici populace touto noxou (Cídllová, 2018).



Obrázek 4: Milníky ve světové produkci olova (Casas, 2006).

Vlivem průmyslově hygienických opatření ve 20. století poklesl počet akutních i chronických otrav olovem (Paleček et al., 1996). Ale dlouhodobé využívání olova

v průmyslu bylo důvodem dalšího zkoumání pro objasnění škodlivého vlivu na zdraví člověka. Mechanismy negativních účinků olova na lidský organismus byly pochopeny až ve 20. století, kdy se nejvíce rozvíjela nová odvětví v lidském lékařství a lidské biologii (Cídllová, 2018; Bingham, 2012). Alarmujícím problémem veřejného zdraví se ve 20. letech 20. století stalo znečištění životního prostředí používáním tetraethylolova jako antidetonační přísady do benzínu. Tento problém přetrvává a tetraethylolovo je stále z velké části zdrojem znečištění životního prostředí a je zdrojem expozice olova na populaci (Hernberg, 2000; Kákosy, 1995).

### 1.3.2. Charakteristika olova

Olovo, chemická značka Pb, latinsky *Plumbum* (Makovinská, 2006). Je to lesklý, kujný, měkký, v krystalické formě modrostříbrně šedý toxický kov, jenž se přirozeně vyskytuje v zemské kůře planety. Olovo patří mezi nejtěžší neradioaktivní prvky, je špatným vodičem elektrického proudu, avšak skvěle odolává korozi. Za normálních podmínek je olovo odolné a stálé vůči atmosférickým vlivům. Na vzduchu zvolna ztrácí lesk a na svém povrchu vytváří tmavomodrou až šedou matnou vrstvu oxidů, hydroxidů a uhličitánů (Šrámek, 1996). Měrná hmotnost olova je 11,34 g/cm<sup>3</sup> a taje již při teplotě 327,4 °C (Navrátil, 2006). Tabulka V uvádí přehled fyzikálních vlastností olova. Při přidavku malého množství odlišného kovu, například antimonu, se olovo stává tvrdším. Přirozeně se vyskytuje v oxidačních stavech Pb<sup>0</sup>, Pb<sup>2+</sup> a Pb<sup>4+</sup> (Šrámek, 1996).

Tabulka V: Vybrané vlastnosti olova.

<b>PROTONOVÉ ČÍSLO</b>	82
<b>ZNAČKA, LATINSKÝ NÁZEV</b>	Pb, <i>Plumbum</i>
<b>BARVA</b>	modrostříbrně šedý
<b>SKUPENSTVÍ</b>	pevné
<b>RELATIVNÍ ATOMOVÁ HMOTNOST</b>	207,02
<b>BOD TÁNÍ</b>	327,5 °C
<b>BOD VARU</b>	1 740 °C
<b>HUSTOTA</b>	11,340 g/cm <sup>3</sup>

Zdroj: Navrátil, 2006.

Olovičité sloučeniny mají vynikající oxidační schopnosti, kdežto olovnaté sloučeniny jsou chemicky stabilní. Ve valenční vrstvě má olovo 4 elektrony (Šrámek, 1996; Makovinská, 2006). Olovo je čtyřvazné a může se zabudovávat do organických

sloučenin kovalentní vazbou, tvoří také slitiny s mnoha kovy a metaloidy – nekovový prvek, který kov připomíná (Navrátil, 2006). Olovo se v mnoha anorganických sloučeninách vyskytuje ve dvojmocné formě. Mezi významné organické sloučeniny, díky jejich širokému použití, patří tetramethylolovo a tetraethylolovo (Bencko, 1995).

Olovo se v přírodě vyskytuje vázané v běžně se nacházejících minerálech, jako galenit (PbS), cerussit (PbCO<sub>3</sub>) a anglesit (PbSO<sub>4</sub>). Z těchto sloučenin se olovo snadno redukuje při zvýšených teplotách a tyto rudy velmi často obsahují další kovy jako zinek, stříbro, měď a železo (Bencko, 1984; Navrátil, 2006). Olovo tvoří relativně stabilní sloučeniny a vyskytuje se ve formě čtyř stabilních izotopů (<sup>208</sup>Pb, <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb, <sup>204</sup>Pb). Vytěžené olovo z odlišných míst má odlišné poměry zmíněných izotopů. V dnešní době se těchto izotopů využívá ve studiích, kde slouží jako indikátory znečištění životního prostředí a negativních změn metabolismu. Olovo se využívá i v lékařství, při výrobě ochranných pomůcek, jelikož velmi dobře absorbuje rentgenové záření (Bingham, 2012; Bencko, 1995). Dalším využitím olova je výroba elektrických akumulátorů, výroba střeliva, kde je olověné jádro kryto ocelovým nebo měděným pláštěm a výroba olovnatého skla a pájek (slitina olova s cínem). Dříve bylo olovo používáno do glazur a konstrukcí vodovodních rozvodů, přičemž docházelo k uvolňování olova do vody a do dnešní doby mají některé objekty v České republice stále olověné domovní rozvody (Patočka, 2007).

### **1.3.3. Pravidla pro zacházení s NCHL a bezpečnost práce**

H-věty („Standardní věta o nebezpečnosti“) a P-věty („Pokyn pro bezpečné zacházení“) jsou standardizované pokyny, které jsou kódovány pomocí alfanumerického kódu sestaveného z jednoho písmene a tří číslic. Tyto věty vychází z Nařízení komise EU č. 487/2013 ze dne 8. května 2013, kterým se pro účely přizpůsobení vědeckotechnickému pokroku mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí. Bezpečnostní listy pro zacházení s NCHL se zpracovávají dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky.

Následující věty jsou uvedeny pro olovo, které jsou převzaty z Bezpečnostního listu podle nařízení (ES) č. 1907/2006 (IRZ, 2010).

### **Standardní věty o nebezpečnosti.**

- H332 Zdraví škodlivý při vdechování.
- H302 Zdraví škodlivý při požití.
- H373 Může způsobit poškození orgánů.
- H400 Vysoce toxický pro vodní organismy.
- H410 Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.
- H360 Může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky.
- H361 Podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky.

### **Pokyny pro bezpečné zacházení.**

- P260 Nevdechujte prach/dým/plyn/mlhu/páry/aerosoly.
- P261 Zamezte vdechování prachu/dýmu/plynu/mlhy/par/aerosolů.
- P271 Používejte pouze venku nebo v dobře větraných prostorách.
- P304 + P340 PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste osobu na čerstvý vzduch a ponechte ji v poloze usnadňující dýchání.
- P312 Necítíte-li se dobře, volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO /lékaře/.
- P270 Při používání tohoto výrobku nejezte, nepijte ani nekuřte.
- P301 + P312 PŘI POŽITÍ: Necítíte-li se dobře, volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO /lékaře/.
- P330 Vypláchněte ústa.
- P314 Necítíte-li se dobře, vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření.
- P273 Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
- P391 Před použitím si obzarejte speciální instrukce.

- P202 Nepoužívejte, dokud jste si nepřečetli všechny bezpečnostní pokyny a neporozuměli jim.
- P280 Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít.
- P308 + P313 PŘI expozici nebo podezření na ni: Vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření (IRZ, 2010).

#### 1.3.4. Produkce olova člověkem

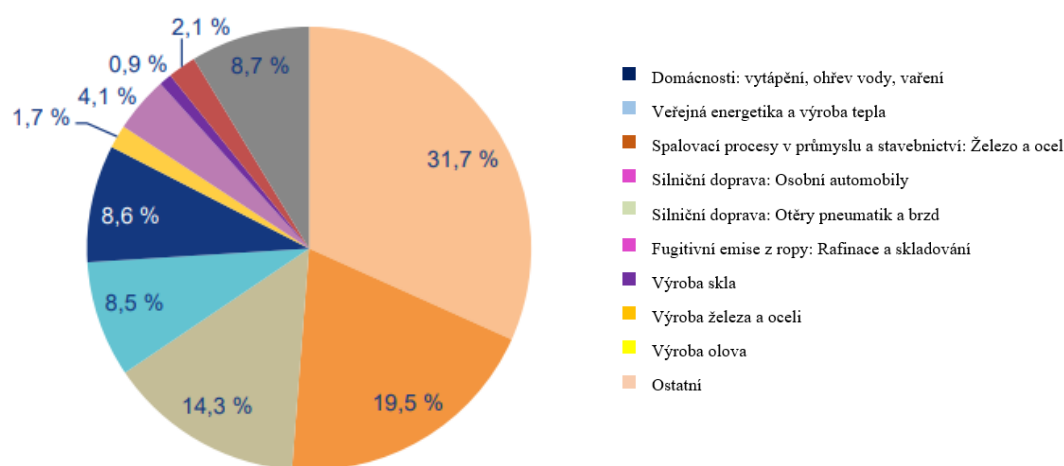
Hlavní producent olova na světě je Čína. Dalšími velkými světovými producenty olova, kde se těží olovo ze sulfidu olovnatého, jsou Austrálie, Kanada a USA. V Evropě se vyprodukuje pouze zhruba 6 % z celosvětové produkce olova, nejvíce se těží ve Švédsku, Polsku a Irsku. V České republice (viz Obrázek 5) se nachází několik ložisek rud olova např. na severní Moravě (Bencko, 1991; Starý, 2005). Ložiska olova se dělí podle zdroje uložení do 5 hlavních typů a to sedimentární, vulkanosedimentární, metasomatická, kontaktně metamorfní a žilná. Značná část světové těžby pochází ze sedimentárních ložisek (Starý, 2005).



Obrázek 5: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje olova v České republice (Starý, 2005).

V současné době je největším průmyslovým využitím olova výroba baterií do aut. Slitiny olova jsou velmi důležité pro svoji tvrdost a odolnost vůči působení kyselin, proto je olovo po železu nejčastěji využívané v průmyslu (viz Obrázek 6). Díky těmto vlastnostem je olovo využíváno i v chemickém průmyslu a ve stavebnictví (Lehr, 2005).

Zdrojem olova v životním prostředí mohou být také spalovny uhlí a odpadů, demolice starých budov, tavrny, emise z vodidel a také barevné nátěry, které jsou aplikované na konstrukčních materiálech. Případný výskyt intoxikací obyvatelstva olovem je potlačen z důvodu neustálého snižování množství kontaminovaných míst. K potlačení výskytu intoxikací olovem dopomáhají i lepší technologické postupy, hygiena pracovníků a proškolení v oblasti zacházení s olovem (Lehr, 2005; Jacobs, 2012).



Obrázek 6: Podíl různých odvětví na obsahu emisí olova v roce 2020 (CHMI, 2021).

V minulém století vedly antropogenní aktivity ke značné kontaminaci půd a vod. Velká města a jejich aglomerace byla kontaminována nejvíce, jelikož se hojně používaly alkylové sloučeniny toxického olova, jako je tetraethylolovo a tetramethylolovo, které byly používány jako antidetonační přísady do benzínu pro motorová vozidla. I když bylo používání olovnatých sloučenin do benzínu zakázáno, stále ještě existuje mnoho produktů a výrobků, jež olovo obsahují, např. baterie do aut a střelivo. Právě proto antropogenní činnost velmi přispívá ke kontaminaci životního prostředí olovem (Bencko, 1991; Lehr, 2005; Jacobs, 2012).



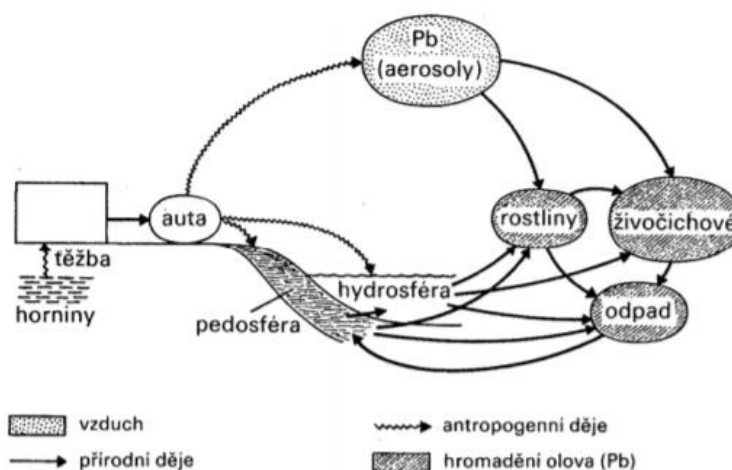
### 1.3.5. Recyklace

Podíl recyklace na globální výrobě se neustále zvyšuje, a to snižuje poptávku po olověných surovinách a po surovinách obohacených kovy. Nejvíce recyklovaným odpadem jsou akumulátory, na jejichž výrobu spadá vysoká spotřeba olova. V menší míře je recyklovaný odpad spotřebitelský, zpracovatelský a výrobní. Dle údajů UNCTAD z roku 2013 byla v globálním měřítku zajištěna recyklace již u 59 % výroby olova (UNCTAD, 2013; Starý, 2005).

### 1.3.6. Cyklus olova

Kovy v životním prostředí jsou neodbouratelné a perzistentní a vyskytují se v různých formách. V ekosystémech se pohybují v cyklech a při výstupu z těchto cyklů dochází ke kumulaci v prostředí a ke zvyšování expozice (Zvěřina, 2019). Na Obrázku 7 je vidět cyklus olova v životním prostředí. Zastoupení olova v zemské kůře se pohybuje okolo 12,5 mg/kg (Durža, Khun, 2002), jeho mobilita v půdě není vysoká, váže se na karbonáty, jílové minerály, oxidy železa a manganu a na organickou hmotu (Vaněk et al., 2005).

Olovo se do trofických řetězců dostává hlavně z půdy, odkud je vstřebáváno autotrofními organismy. Některé rostliny jsou schopny přijímat vysoké koncentrace olova, aniž by byl porušen jejich vývoj a růst. Z půdy se olovo dostává do rostlin prostřednictvím kořenového systému nebo se prach obsahující olovo usazuje na povrchu rostlin a plodů. Distribuce olova v rostlinných částech je velice nerovnoměrná. Heterotrofní organismy konzumují autotrofy a jsou jim předávány rezistentní ionty olova, které bez problémů procházejí do dalších částí potravního řetězce (Kafka, 2002).



Obrázek 7: Cyklus prvku olova (Císař, 1987).

## 1.4. Životní prostředí

Životní prostředí je komplex sestavený z přírodních, umělých i sociálních komponent světa. V dnešní době existuje několik definic životního prostředí, dle zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí zní definice životního prostředí takto „*Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.*“

Koncentrace olova v zemské kůře se pohybuje zhruba okolo 12,5 mg/kg sušiny. Rudy jako galenit jsou hlavními naturogenními zdroji olova. Nejčastěji jsou olovené rudy doprovázeny přítomností zinku a stříbra a sporadicky přítomností mědi, bismutu a antimonu (Durža a Khun, 2002).

Jelikož se moderní technika rozvíjí velice rychle, roste tím i produkce a spotřeba kovů jako je olovo, hliník, měď, rtuť, nikl a chrom. Navyšování koncentrace těchto kovů v životním prostředí je velmi vážný problém. Škody v zemědělské produkci a poškozování zdraví člověka jsou nejzávažnějším důsledkem znečištění životního prostředí nárůstem obsahu množství toxických kovů v půdě, vodě i ovzduší (Bencko, 1995; Cibulka, 1991).

Právě olovo je jedním z typicky antropogenních prvků, jež znečišťují životní prostředí. Olovo se snadno vstřebává do organismu, a přitom destruktivně působí svým toxickým účinkem na gastrointestinální trakt, hematopoetický systém a imunitní systém. Přítomnost olova v lidském organismu může způsobovat i neuropsychické potíže (Cibulka, 1991).

V České republice jsou legislativně sledovány koncentrace vybraných kovů v ovzduší, v půdě, ve vodě a v biologických materiálech. Pro olovo udává česká legislativa nejvyšší přípustný imisní roční limit  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (Vojtěšek et al., 2009).

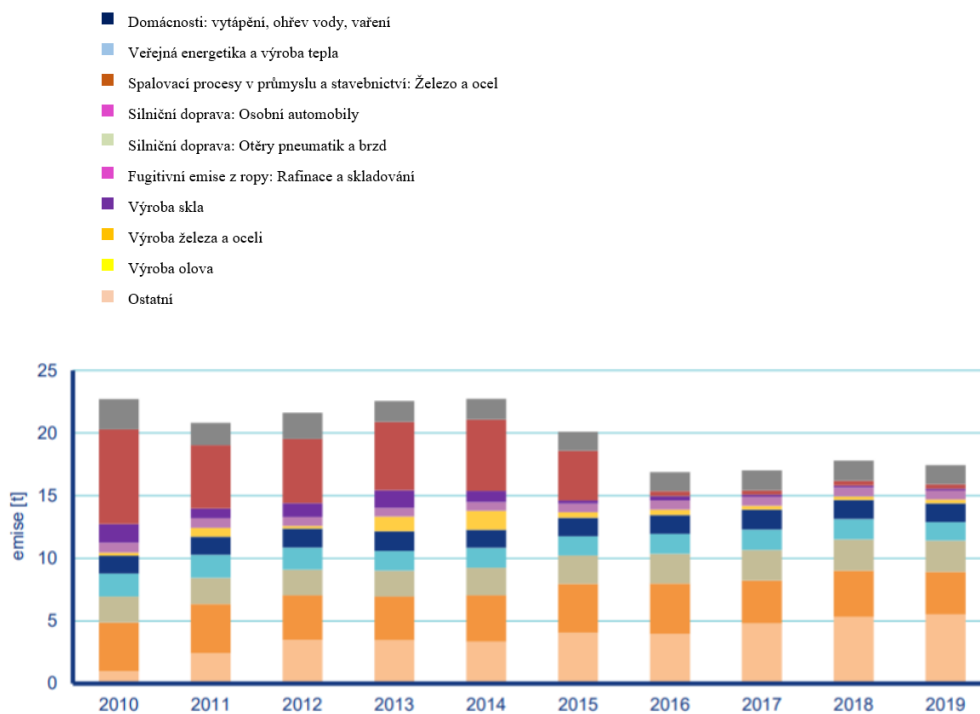
### 1.4.1. Ovzduší

Ovzduší je jednou z nejdůležitějších složek životního prostředí. Vzduch a jeho veškeré složky jsou vdechovány živými organismy a ovlivňují tak jejich zdraví. Atmosféra je tvořena směsí z hlavních plynných složek, vodních par a pevných částic. Stopové koncentrace látek, které jsou různého složení a původu, mohou ovlivňovat atmosférické procesy a působit na živé organismy (Cibulka, 1991; MŽP, 2021). Toxické kovy

v životním prostředí jsou globálním problémem, do ovzduší jsou distribuovány převážně ze spalovacích procesů. K lokálnímu znečištění dochází při vlastní těžbě, zpracování a využíváním toxických kovů (Cibulka, 1991).

V atmosféře lze rozdělit transport znečišťujících látek do tří kategorií, které jsou hodnoceny podle měřítek vzdálenosti a času. První kategorie je lokální transport, transport do 50 kilometrů, ve kterém se látky mísí v přízemních vrstvách ovzduší a jedná se o okamžitou depozici znečišťujících látek. Druhou kategorií je regionální transport, až několik set kilometrů, pro který jsou zásadní informace o předpovědi počasí a znalost fotodegradace. Posledním je globální transport, kde jsou hlavními aspekty rovnováha mezi globálními zdroji a celou planetou Zemí (Cibulka, 1991). Tato klasifikace je snahou porozumět chování vzdušných mas s hladinami znečištění a jejich transportem (Miller a Robinson, 1988). Do ovzduší a do atmosféry jsou stopové prvky distribuovány především ze spalovacích procesů, dále z vlastní těžby a využití kovů v průmyslu (Cibulka, 1991).

Kovy se do ovzduší dostávají z naturogenních nebo antropogenních zdrojů a jsou navázány na částice atmosférických aerosolů, jež pronikají do živých organismů přes dýchací orgány (Vojtěšek et al., 2009). Díky snaze soustředit průmysl do určitých lokalit společně s městskými aglomeracemi je znečištění ovzduší nerovnoměrné a jeho celkový stav je souběžně zhoršován i vlivem transportu plynných a tuhých emisí z přilehlých států (Cibulka, 1991).



Obrázek 8: Vývoj celkových emisí olova 2010-2019 (CHMI, 2020).

Využívání olovnatého benzínu (příměs tetraethylolovo) bylo hlavním zdrojem emisí olova v ovzduší (viz Obrázek č. 8) a zákazem jeho používání ve vyspělých státech došlo ke značnému poklesu množství olova v ovzduší. V České republice je tento zákaz uveden v § 5 odst. 5 zákona č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů. V § 8 zákona č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách jsou společně s přestupky uvedeny i sankce, které lze uložit za prodej nebo vydání olovnatého benzínu (Zákon č. 311/2006 Sb.).

S ohledem na velikost aerosolových částic je obsah kovů v ovzduší velice proměnlivý a závisí na meteorologických podmínkách, ročním období, lokalitě, transportu i emisních zdrojích. Aerosol se rozděluje na frakci jemnou, což jsou částice menší než 2,5  $\mu\text{m}$ , která je tvořena hlavně kovy antropogenního původu a jejich sloučeninami. Hrubá frakce aerosolu, částice větší než 2,5  $\mu\text{m}$ , obsahuje z velké části kovy naturogenního původu a jejich sloučeniny. Kovy společně se svými sloučeninami se celkově podílí na složení aerosolu zhruba z 5 % (Vojtěšek et al., 2009).

Tabulka VI: Distribuce kovů v aerosolu.

<b>FRAKCE</b>	<b>PŮVOD</b>	<b>KOVY</b>
JEMNÁ	ANTROPOGENNÍ	Cu, Zn, Ba, Cd, V, Pb, Sn, Se, Cr, Ni, Co,
HRUBÁ	PŘÍRODNÍ	Mg, Ca, Sr, Mn, Na, Fe, Al, K, Ti

Zdroj: Vojtěšek et al., 2009.

Jak již bylo zmíněno, imisní limity jsou v české legislativě zakotveny v zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. V příloze č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, jsou stanoveny imisní limity a povolený počet jejich překročení za kalendářní rok. Pro olovo je doba průměrování jeden kalendářní rok s žádným nepovoleným počtem překročení a hodnotou imisního limitu  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Zákon č. 201/2012 Sb.).

#### 1.4.2. Voda

Voda představuje nenahraditelnou podmínku života na planetě Zemi a je primární složkou životního prostředí. Na planetě Zemi se nachází voda ve dvou podobách, a to v podobě slané vody v mořích a oceánech, která tvoří zhruba 96,5 % celého obsahu vody na planetě Zemi. Další podobou je sladká voda, jež tvoří pouze 3,5 % z veškerých vodních zásob, a přitom je z tohoto množství pro lidskou potřebu využitelných jen 0,3 %. Sladká voda se nachází v ledovcích, podzemních vodách, povrchové a také atmosférické vodě.

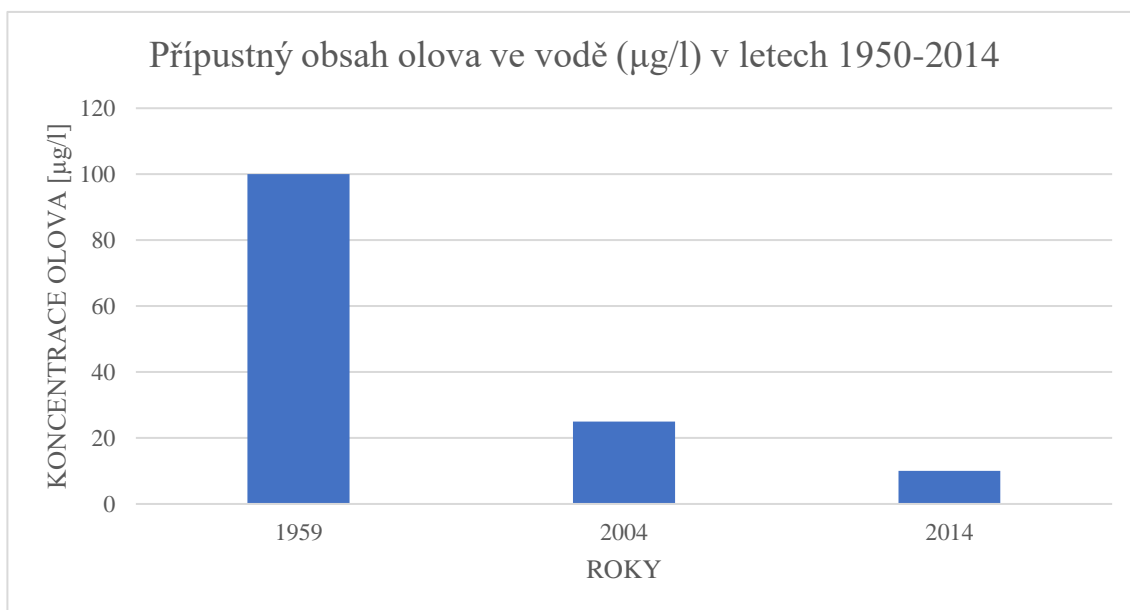
Ve vodách se kovy vyskytují ve stopových množstvích a jsou naturogenního původu, protože voda je v kontaktu s kovovými rudami obsaženými v půdě. Mezi hlavní zdroje znečištění vod patří odpadní vody z těžby a zpracování rud, dále z chemického průmyslu a ze zemědělství. Dalším zdrojem znečištění jsou atmosférické srážky, které jsou znečištěné emisemi vznikajícími spalováním fosilních paliv nebo emisemi z výfukových plynů motorových vozidel (Cibulka, 1991). Toxické kovy ve vodě jsou přítomny jako jednoduché anionty nebo kationty anebo jsou navázány v komplexních anorganických či organických sloučeninách. Velkým problémem a významnou negativní vlastností toxických kovů, mezi které se řadí i olovo, je jejich velká schopnost akumulace ve vodních sedimentech. Proto stanovování toxických kovů pouze v kapalně fázi plně nevystihuje celkové znečištění vodních ekosystémů. Z tohoto důvodu je nutné věnovat pozornost i obsahu toxických kovů ve vodních sedimentech a ve vodních organismech (Cibulka, 1991).

Toxické působení olova a dalších toxických kovů na vodní živočichy spočívá v navázání na  $-NH_2$  a  $-COOH$  skupiny aminokyselin a SH-skupiny bílkovin, kde olovo působí jako enzymový jed (Cibulka, 1991). Kontaminace vody olovem je vzácná, protože zůstává jen málo míst v oblasti těžeb a rudných ložisek, kde by mohla naakumulovaná voda v dole být využívána jako zdroj pitné nebo užitkové vody, nebo by takto kontaminovaná voda unikala do povrchového zdroje pitné vody. Hlavním a lokálním zdrojem kontaminace pitné vody olovem jsou setrvávající staré domovní rozvody nebo vodovodní přípojky, jež jsou vyrobeny z olova (Kožíšek et al., 2008). Ve vodárenství se čisté olověné materiály již nevyužívají, zato se využívají kovové slitiny (bronz, mosaz), které obsahují malé množství olova. Do slitin se olovo přidává při obrábění pro zlepšení mechanických vlastností a z tohoto důvodu se olovo z těchto slitin uvolňuje do vody v malém rozsahu (Kožíšek et al., 2008).

Mezi základní právní předpisy pro ochranu vod patří právní předpis Evropského parlamentu a Rady vymezující rámec pro činnost Společenství členských států v oblasti vodní politiky, a sice směrnice 2000/60/ES neboli Vodní rámcová směrnice ze dne 23. října 2000, která reprezentuje zásadní právní úpravu pro oblast vody. Tato směrnice se týká veškerého vodstva, vnitrozemské povrchové vody, podzemní vody, brakické i pobřežní vody (Vodní rámcová směrnice, 2000). Vodní rámcová směrnice je doplněna dalšími směrnicemi a je také propojena se směrnicí 2007/60/ES, Směrnice o zvládnutí povodňových rizik. Hlavním cílem Vodní rámcové směrnice je odvrácení jakéhokoli zhoršení stavu vodních útvarů. Směrnice má přispívat k postupnému snižování vypouštění nebezpečných látek do vod a k ochraně a zlepšování stavu vodních ekosystémů (Vodní rámcová směrnice, 2000).

V České republice legislativně zajišťuje ochranu vod zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), jehož některá ustanovení jsou více konkretizována pomocí vyhlášek nebo nařízení (Zákon č. 254/2001 Sb.). Každoročně je předkládána vládě České republiky, kolektivně Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zemědělství, Zpráva o stavu vodního hospodářství v České republice, která objasňuje a posuzuje stav jakosti a množství povrchových a podzemních vod na území České republiky. Obsahuje i legislativní, výzkumná, ekonomická a integrační hlediska, která se vztahují k tomuto tématu (Ochrana vody, 2022). Česká republika má legislativní požadavky na obsah olova v pitné vodě. První předpis ČSN 56 7900 Pitná voda, který stanovoval požadavky na jakost pitné vody, byl uveden v platnost

od 1. 7. 1959. Tento předpis požadoval přípustný obsah olova nejvýše 100  $\mu\text{g/l}$  (Kožíšek et al., 2008). Soudobé požadavky pro limitní hodnoty olova v pitné vodě obsahuje vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a na četnost a rozsah kontroly pitné vody, jež vychází ze směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu (Vyhláška č. 252/2004 Sb.; Kožíšek et al., 2008). Pro olovo platil hygienický limit 25  $\mu\text{g/l}$  (nejvyšší mezní hodnota) do 24. 12. 2013, tato hodnota byla poté snížena na 10  $\mu\text{g/l}$ , viz Graf 1 (Vyhláška č. 252/2004 Sb.).



Graf 1: Přípustný obsah olova ve vodě ( $\mu\text{g/l}$ ) v letech 1950-2014 (Zdroj vlastní).

Současným zdrojem informací a dat o kvalitě pitné vody v České republice je informační systém PiVo, který byl zřízen roku 2004 a provozuje ho Ministerstvo zdravotnictví. Výsledky veškerých rozborů pitné vody jsou dostupná data charakterizující kvalitu pitné vody v České republice a musí být umístěny do informačního systému PiVo a jsou provedeny dle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (Kožíšek et al., 2008; Zákon č. 258/2000 Sb.). Komplexní výsledky jsou publikovány ve Zprávě o kvalitě pitné vody v České republice, která vychází jednou ročně. Nejvyšší mezní hodnoty a přípustné limity olova ve vodě jsou uvedeny v Tabulce VII.

Tabulka VII: Nejvyšší mezní hodnoty olova pro různé druhy vody.

<b>VODA</b>	<b>NEJVYŠŠÍ MEZNÍ HODNOTA</b>	<b>LEGISLATIVA</b>
PITNÁ	10 µg/l	Vyhláška č. 252/2004 Sb.
BALENÁ KOJENECKÁ A PRAMENITÁ	5 µg/l	Vyhláška č. 275/2004 Sb.
BALENÁ PŘÍRODNÍ MINERÁLNÍ	10 µg/l	Vyhláška č. 275/2004 Sb.
<b>VODA</b>	<b>PŘÍPUSTNÉ LIMITY</b>	<b>LEGISLATIVA</b>
POVRCHOVÁ	15 µg/l	Narizení vlády č. 61/2003 Sb.
ODPADNÍ	500 µg/l (těžba rud)	Narizení vlády č. 166/2015 Sb.
	1500 µg/l (výroba a zpracování skla)	
	500 µg/l (barevná metalurgie)	
	200 µg/l (spalování odpadů)	
	500 µg/l (strojírenský a elektrotechnický průmysl)	

Zdroj: Vyhláška č. 252/2004 Sb.; Vyhláška č. 275/2004 Sb.; Nařízení vlády č. 166/2015 Sb.

### 1.4.3. Půda

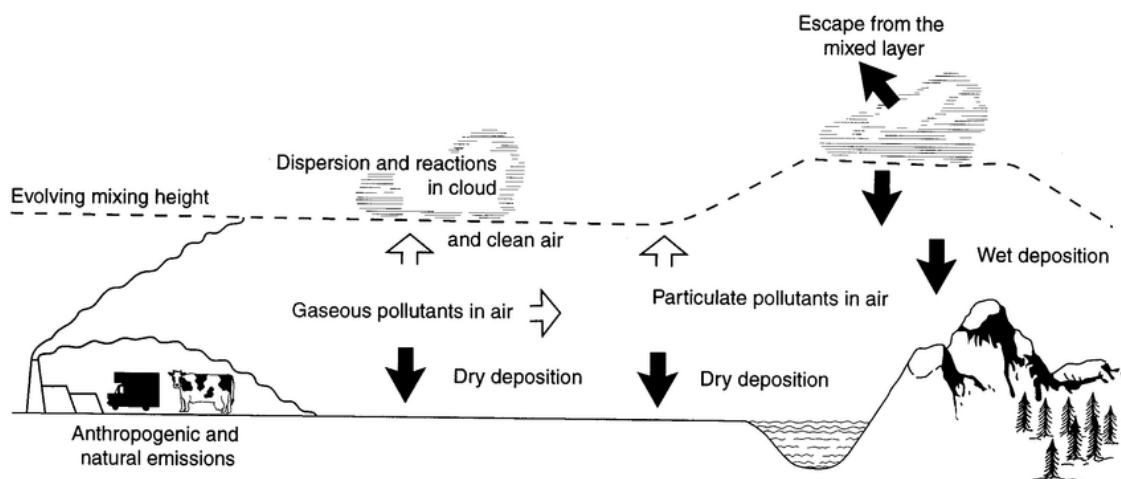
Půda je dynamický živý systém, který se neustále vyvíjí. Je to přírodní uskupení, které vzniklo působením půdotvorných faktorů z povrchových zvětralin zemské kůry společně s organickými zbytky. Jedná se o životní prostředí mnoha půdních organismů a rostoucí vegetace. Půda je také určena k pěstování kulturních plodin, jež jsou pro člověka důležité. Také půda funguje jako rezervoár látek, regulátor jejich koloběhu a zároveň je zdrojem potenciálně rizikových a škodlivých látek. Prosperita a přežití biologických společenstev je závislá na svrchní vrstvě planety Země, protože půda je jednoznačně jedním z nejcennějších přírodních bohatství (MŽP, 2008; Loučka, 2014).



V půdě jsou obsaženy minerály, které obsahují olovo, a to je galenit (sulfid olovnatý), cerussit (uhličitan olovnatý) a anglesit (síran olovnatý). V rudách je přítomen i zinek, měď, železo a další kovy (Bencko, 1995).

Kontaminace půdy se řadí k nežádoucím účinkům, které ovlivňují produkční a ekologické půdní funkce a jedná se o ireverzibilní proces, jenž probíhá především v povrchových půdách (Makovníková, 2006). Půdní kontaminace se účastní široké spektrum anorganických i organických látek, které patří mezi nejčastější a dlouhodobě působící kontaminanty životního prostředí a jejichž zdrojem můžou být jednak naturogenní procesy nebo antropogenní aktivity. Nežádoucí účinky antropogenních kontaminantů na rostliny a na půdní úrodnost je velice těžké eliminovat, protože škodlivé látky přetrvávají v půdě tisíce let (Alloway, 2012).

Následkem interakce těžkých kovů a půdy dochází k akumulaci těžkých kovů ve svrchní vrstvě půdy a k následnému, u olova však k minimálnímu, transportu do nižších vrstev. Globálním problémem z hlediska kontaminace půdy olovem bylo spalování olovnatého benzínu, kdy bylo olovo z antidekonačních přísadách součástí výfukových plynů ve formě nepatrných částic, jež se nejčastěji usazovaly v blízkosti velkých silnic nebo měst. Dalším zdrojem kontaminace půd olovem jsou emise z hutí, které zpracovávají olovenou rudu, poté energetické emise a agrochemikálie, např. insekticidy na bázi arseničnanu olovnatého. Do půdních kontaminujících zdrojů se zařazuje i atmosférická depozice (viz Obrázek č. 10), tj. depozice deštěm, kroupami, sněhem, prachem atd., kdy dochází k očištění atmosféry od kumulovaných látek (samočisticí schopnost), které byly do ovzduší emitovány antropogenními i naturogenními zdroji (Cibulka, 1991; Loučka, 2014; Braniš, 2009). Průniky olova do půd z antropogenních zdrojů jsou společně s atmosférickou depozicí nejvyšší a představují 80-90 % všech vstupů. Problémem je, že vstupy olova do půdy v rámci ekosystému velmi převyšují jeho výstupy (Makovníková, 2006).



Obrázek 9: Procesy, které vedou k atmosférické depozici (Broughton, 2001).

Průměrně je za běžný obsah olova v půdách považováno 5-50 mg/kg sušiny, za naturogenní obsah 2-300 mg/kg sušiny (Raclavská, 1993). Olovo je v půdě málo mobilní a dochází k minimálnímu transportu do nižších vrstev půd. Nejbohatší na olovo je svrchní pěticentimetrová vrstva půdy, protože soli olova jsou málo rozpustné, převážně sírany a uhličitany, a protože olovo se také dobře váže na jílovou koloidní frakci a humus (Beneš, 1994). Olovo má rovněž vysokou afinitu při tvorbě komplexů s nerozpustnými huminovými látkami, a to vede ke stabilizaci a imobilizaci olova v humusových vrstvách půdy (Cibulka, 1991). Rostliny přijímají olovo v kyselých půdách více než v zásaditých a nejvíce je ho uloženo v kořenech rostliny. Koncentrace olova v nadzemních částech rostlin, i u silně kontaminovaných půd, jsou poměrně nízké. Půda se na kontaminaci produkčních částí rostlin podílí velmi málo, největší podíl na kontaminaci rostlin má imisní spád z ovzduší, a to až 80 %. Obsah olova v rostlinách je zhruba v rozmezí 0,2-0,5 mg/kg sušiny (Beneš, 1994).

Měření obsahu toxických kovů v půdách je jedním z nejdůležitějších měřítek hodnocení kvality půd, je hodnoceno zatížení půd a jsou stanoveny povolené obsahy toxických kovů (Holoubek, 2006). Jsou stanovena kritéria, která obecně vymezují koncentrace prvků, při kterých nastávají určité poruchy půdní funkce nebo při kterých příjem toxických prvků rostlinami je nadměrný, a tím se zároveň toxické prvky začleňují do potravního řetězce (Beneš, 1993). Obsah těžkých kovů je v půdách revidován podle stanovených nejvyšších přípustných koncentrací prvků (NPK) a dále se stanovují i hraniční hodnoty prvků v surovinách, které jsou aplikovány do půdy (komposty, kaly, závlahové vody atd.) (Beneš, 1993; Holoubek, 2006).

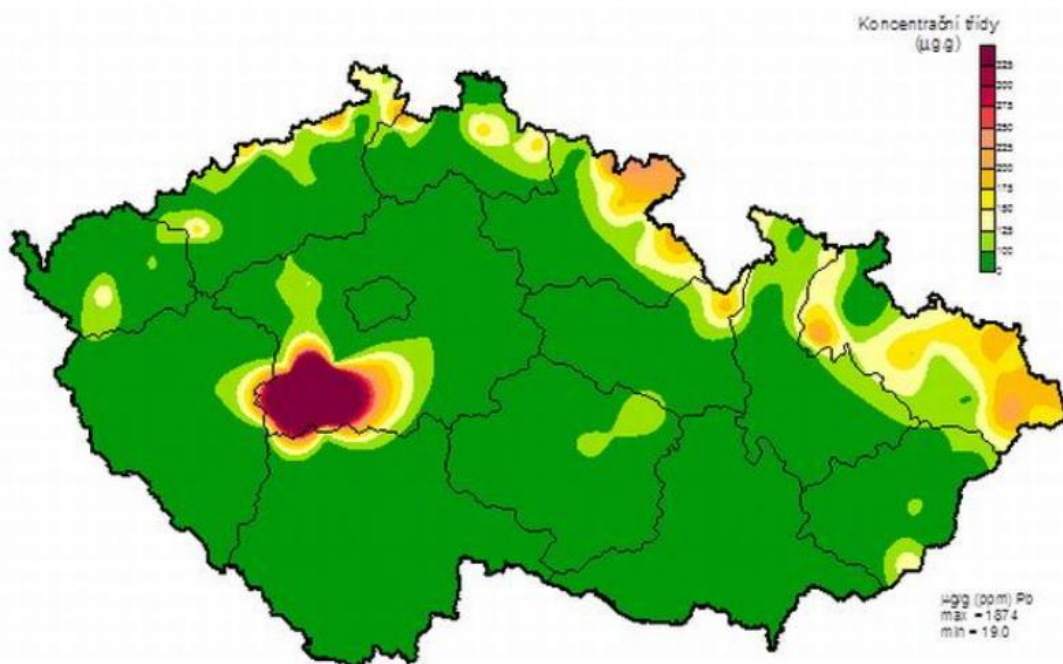
Pro omezení vstupu toxických prvků a sloučenin do půdy jsou zavedeny legislativní předpisy, jenž omezují vstup těchto prvků do půdy prostřednictvím hnojiv v zemědělství nebo přidavkem půdních látek nebo vytěžením sedimentů nebo kalů z čistíren odpadních vod. V roce 2016 došlo v České republice k novelizaci vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. V nové vyhlášce č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, jsou stanovené maximálně přípustné koncentrace prvků a látek v zemědělské půdě. Tato vyhláška obsahuje i preventivní (viz Tabulka VII) a indikační limity, jejichž záměrem je odstranit rizika a minimálně omezit využívání kontaminovaných půd pro zemědělské účely (Vyhláška č. 153/2016 Sb.).

Tabulka VIII: Preventivní hodnoty obsahů vybraných rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou.

<b>KATEGORIE PŮD</b>	<b>RIZIKOVÉ PRVKY V ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ [mg/kg sušiny]</b>					
	<b>Hg</b>	<b>As</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>
<b>BĚŽNÉ PŮDY</b>	0,3	20	60	60	50	0,5
<b>LEHKÉ PŮDY</b>	0,3	15	55	45	45	0,4

Zdroj: Vyhláška č. 153/2016 Sb.

Indikační hodnoty pro olovo, při jejichž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin nebo krmiv, jsou při extrakci lučavkou královskou 300 mg/kg sušiny nebo při extrakci dusičnanu amonného  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1,5 mg/kg sušiny. Další indikační hodnotou, při jejímž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat, je pro olovo při extrakce lučavkou královskou 400 mg/kg sušiny (Vyhláška č. 153/2016 Sb.).



Obrázek 10: Obsah olova v České republice (Sucharová et al., 2012).

#### 1.4.4. Příbramsko

Příbramsko se řadí mezi nejvíce poškozené oblasti České republiky, co se týče výskytu olova v životním prostředí (viz Obrázek 10), protože zde došlo k atmosférickým depozicím rizikových prvků při těžbě a zpracování olova. Nejstarším písemným dokumentem je listina z roku 1311 o existenci huti na Příbramsku. V průběhu staletí zde probíhala hutní a těžební činnost (Rieuwerts et al., 1999).

V roce 1632 na místě současných příbramských Kovohutí vznikla první malá huť na zpracování stříbra, která byla roku 1793 rozšířena. Příbramské hutě za celou svoji 710letou existenci vyprodukovaly přes 2 miliony tun olova a přes 5 tisíc tun stříbra. Olovo se vyrábělo z koncentrátů rud, které byly těženy v příbramských dolech a to až do 70. let minulého století. Od roku 1973 se vyrábí již pouze z recyklovaných zdrojů (Tremlová, 2010). Ještě v letech 1970–1982 vytvářel závod emise zhruba 200–400 tun olova za rok (Rieuwerts et al., 1999). Když se na začátku 80. let 20. století začala sledovat ochrana životního prostředí, byl vystavěn komín s kvalitním odlučovacím zařízením, a tak se v letech 1983–1989 se emise snížily na 15–36 tun olova za rok (Rieuwerts et al., 1999; Kalač et al., 1991).

Hutní a důlní aktivita na Příbramsku mají vliv i na zastoupení dalších prvků v půdě, a to především arsenu, kadmia a zinku. Vysoký obsah těchto toxických kovů v půdě je navíc zintenzivněn i jejich vysokým obsahem v geologickém podloží. Kontaminovaná půda je v bezprostředním okolí Kovohutí Příbram, a. s. (kontaminováno cca 4 000 ha zemědělské půdy), dále na místech starých ekologických škod a také v naplaveninách v povodí řeky Litavky, kde byly dříve soustředěny proplachovny rud (Rieuwetrts et al., 1999).

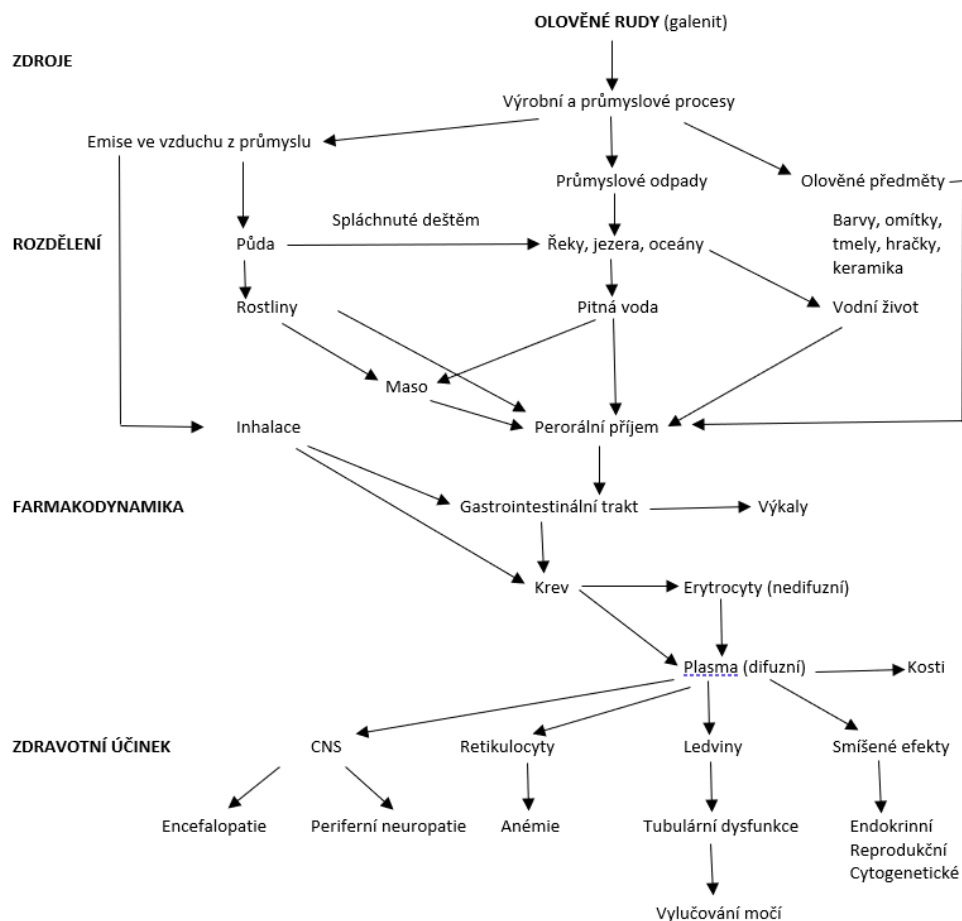
Roku 1999 byla v Příbramském regionu provedena studie, při které byly odebrány půdní vzorky z 61 lokalit a data o množství rizikových prvků byla zpracována do grafických map, které znázorňovaly velikost kontaminace regionu. Vzhledem k vysokému obsahu organické hmoty na lesních půdách byly nalezeny hodnoty koncentrací  $> 50\,000$  mg Pb/kg sušiny,  $> 20\,000$  mg Zn/kg sušiny a  $> 50$  mg Cd/kg sušiny. V současné době je hutnická činnost redukována pouze na recyklaci olověných surovin (vyřazené olověné akumulátory) a parametry recyklace odpovídají daným evropským normám a vliv na životní prostředí je minimální (Rieuwetrts et al., 1999; Tremlová, 2010).

### 1.5. Toxický účinek olova

Olovo je známá neurotoxická a teratogenní látka, která se nachází v životním prostředí. Absorpce olova z vnějšího prostředí (viz Obrázek 11) není závislá pouze na množství přítomného olova v místě vstupu do živého organismu za jednotku času, ale absorpci ovlivňují také fyzikálně-chemické vlastnosti kovu a jeho sloučenin, dále fyziologický stav živého organismu jako celku i stav jednotlivých orgánů a především pohlaví a věk. Po absorpci je olovo kumulováno v živém organismu (Bencko, 1995; Racek, 2021).

K otravě olovem může dojít inhalační, perorální i perkutánní cestou. Olovo a jeho anorganické sloučeniny se vstřebávají ve formě prachu a par, u dospělých jedinců převážně respiračním systémem (40 %) a gastrointestinálním traktem (10 %). Avšak u dětí olovo a jeho sloučeniny se vstřebávají gastrointestinálním traktem až z 50 % (Pelclová et al., 2009). Kůží se olovo vstřebává jen velmi málo. Olovo je transportováno krví, kde se převážně váže na erythrocyty (až 98%) nebo na plazmatické bílkoviny (2-4 %) a je distribuováno do parenchymatózních orgánů tzn. směnitelného prostoru - krev, játra a ledviny, nebo je inkorporováno do depotního prostoru - kosti a zuby (Bencko, 1995). K největší inkorporaci olova  $Pb^{2+}$  dochází do matrix kostí, kde se váže podobně jako vápník  $Ca^{2+}$  a díky podobným vlastnostem olova a vápníku dochází i k ovlivňování procesů, které jsou řízené vápenatými ionty, např. respirace v mitochondriích nebo přenos signálů na synapsích. V buňkách se olovo  $Pb^{2+}$  váže na thiolové SH-skupiny a na mnoho jiných skupin enzymů, které se podílejí na syntéze hemu. Biologický poločas olova v matrix kostí je 17-27 let a vylučuje se převážně močí, až 80 % (Pelclová et al., 2009; Kenšová et al., 2014). Olovo se může také vylučovat gastrointestinálním traktem, ale pouze v malém množství (zhruba 15 %) a ostatními cestami (asi 8 %) a to jsou vlasy, nehty a pot (Bencko, 1995).

Existují i faktory, které zvyšují riziko intoxikace olovem. Mezi tyto faktory patří věk. Kojenci a malé děti mohou být vystaveny olovu častěji (perorální příjem) než starší děti nebo dospělí jedinci a především je pro ně olovo škodlivější a snadněji ho vstřebávají. Dalším faktorem mohou být volnočasové aktivity, jako je výroba vitráží a šperků, při kterých je vyžadováno použití olovnaté pájky. Důležité je také zmínit, že i bydlení ve starších domech zvyšuje riziko intoxikace olovem. Vyskytují se zde zbytky olovnatých barev, které jsou již od 70. let 20. století zakázány. Dalším rizikovým faktorem je například život v rozvojových zemích. Rozvojové země mají méně přísná pravidla týkající se expozice olova než ve vyspělých státech (Mayo Clinic, 2019).



Obrázek 11: Schéma olova v životním prostředí a jeho účinky na lidský organismus (Lee, 1972).

### 1.5.1. Intoxikace olovem

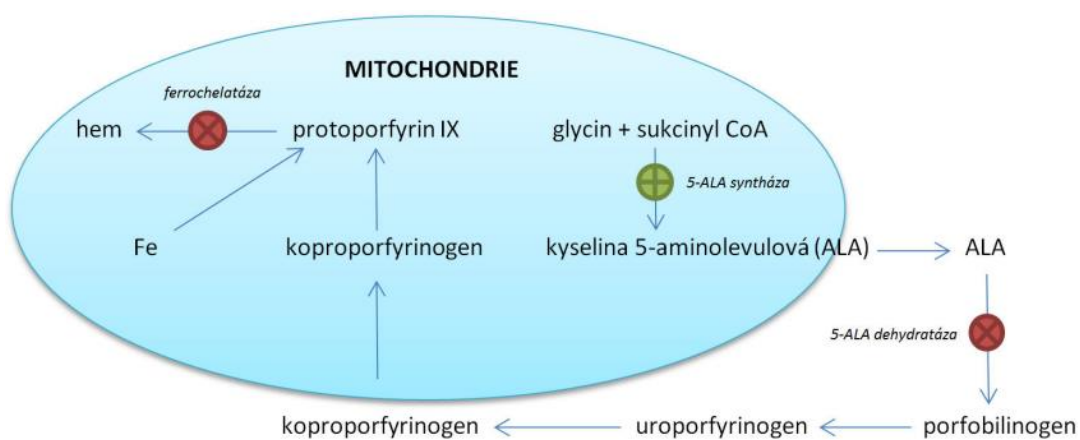
Intoxikace olovem je velice závažný stav, jelikož může ohrozit zdraví člověka a způsobit i smrt. V současné době je intoxikace olovem ve vyspělých zemích vzácně řešená diagnóza (Vlček, 2016). Zpočátku je velmi obtížné intoxikaci olovem odhalit, protože příznaky a symptomy se nemusí projevit, dokud není v lidském organismu akumulována dostatečně velká, a tím nebezpečná koncentrace olova. Můžeme rozlišit intoxikaci olovem na akutní a chronickou (Štefánek, 2011; Mayo Clinic, 2019).

**Akutní intoxikace** je charakterizována náhle zvýšenou koncentrací olova v lidském organismu. Dochází k prudkým křečovitým bolestem břicha, průjmům, zvracení, křečím a někdy i poruchám vědomí (viz Tabulka IX). Při vysokých hladinách může intoxikace olovem skočit smrtí (Štefánek, 2011; Mayo Clinic, 2019).

**Chronická intoxikace** se projevuje dlouhodobě zvýšeným příjmem olova (několik měsíců nebo let), ale v nižších dávkách než u akutní intoxikace. Postižen je nejvíce

hematopoetický systém, gastrointestinální trakt, nervový systém a ledviny (Bencko, 1995). Projevy jsou neurčité a nenápadné, může se objevit apatie, únava, nevolnost a nechutenství a kovová chuť v ústech. Člověk dlouhodobě postižený účinky olova získává šedavou popelavou barvu kůže a kolem dásní se objevuje šedomodrý lem (viz Tabulka IX). Také se objevují poruchy mentálních funkcí např. poruchy paměti, soustředění, snížená inteligence a další (Štefánek, 2011).

Jak už bylo zmíněno, intoxikace olovem postihuje hematopoetický systém, a proto jsou často intoxikovaní jedinci anemičtí (Štefánek, 2011). Jedná se především o normochromní nebo normocytární anémie, které jsou způsobeny inhibičním účinkem syntézy hemu a zkrácením životnosti erytrocytů, protože olovo může inhibovat thiolové enzymy (Bencko, 1995; Pelclová, 2014). Olovo se váže na membrány erytrocytů a interferuje s  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPázou (HealthFrom, 2021) a dochází k takzvané mechanické fragilitě erytrocytů, jež je při intoxikaci olovem zvýšená. Také dochází k basofilnímu tečkování retikulocytů a erytrocytů. (Bencko, 1995; Pelclová, 2014). Syntéza hemu je narušena ionty olova, které vstupují do tohoto procesu a mají nežádoucí účinek (viz Obrázek 12). Následkem inhibice syntézy hemu je zvýšení vylučování kyseliny 5-aminolevulové (5-ALA) a koproporfyriu močí, dochází ke kumulaci volného protoporfyriu v erytrocytech a také k deficitu hemoglobinu, červeného krevního barviva v erytrocytech. Tyto projevy jsou společně se zvýšenou koncentrací olova v krvi považovány za časně indikátory expozice olovem na živý organismus. Při intoxikaci jedince olovem vznikají získané porfyrie, kdy jsou koncentrace 5-ALA a 5-ALA-dehydratázy vysoké (Koolman, 2012).



Obrázek 12: Poruchy syntézy hemu (IVA VFU, 2017).



Jelikož intoxikace olovem postihuje hematopoetický systém, zároveň s tím se poškozuje i cévní a srdeční systém, což se projevuje zvýšením krevního tlaku a vazokonstrikcí, degenerativními defekty na artériích, také zvyšováním cholesterolových plátů na stěnách arterií a poškozením srdečního svalu (Bencko, 1995). Existuje průkazný vztah, který potvrdilo mnoho studií, mezi zvýšeným tělesným depem olova u dospělých jedinců a zvýšeným krevním tlakem (Tyroler, 1990).

Při delších expozicích olovem se poškozují ledviny (Štefánek, 2011), ve kterých dochází k reverzibilnímu poškození tubulů, snížení glomerulární filtrace, snížení průtoku krve a k vytváření inkluzních tělísek (komplex olova a bílkoviny), kde se váže zhruba 90 % olova transportovaného do ledvin. S nepřestávající expozicí olovem na živý organismus dochází k nárůstu závažnosti změn na tubulárních epitelových buňkách ledvin a objevují se ireverzibilní změny, například atrofie tubulárních buněk, která vede k selhání ledvin. U dětí jsou tubulární funkce charakteristicky doprovázeny aminoacidurií, glykosurií, hypofosfatemií a hyperfosfourií (Bencko, 1995).

Intoxikace olovem má negativní vliv i na centrální nervový systém a periferní nervový systém, jelikož dochází k demyelinizaci a degradaci axonu a porušují se nervově-svalové přenosy (Bencko, 1995; Koolman, 2012). Defekt centrálního nervového systému se může projevit jako encefalopatie (Bressler, 1991), která je častější u dětí a má velice rozmanitý klinický obraz s pyramidovými i extrapyramidovými příznaky, například poruchy psychiky a intelektu, změny chování apod. (Bencko, 1995). Mohou být poškozeny i funkce smyslových receptorů a efektorů na periferii (Koolman, 2012). Nejzávažnějšími poruchami periferního nervového systému jsou poruchy neurofyziologické, kdy dochází společně s polyneuropatií ke zpomalení rychlosti vedení senzitivními i motorickými nervovými vlákny. Expozice olovem na živý organismus má nežádoucí účinky i na imunitní mechanismy, kdy akutní intoxikace olovem přechodně zesiluje syntézu protilátek IgM a chronická intoxikace olovem vede k potlačení tvorby protilátek IgA a IgG (Bencko, 1995).

Postižen bývá i gastrointestinální trakt, kdy intoxikace olovem vyvolává spastické kontrakce střev, jež vedou ke střevním kolikám, také může vyvolat inhibici peristaltiky vedoucí k obstipaci (Bencko, 1995). Jako dalším následkem může být ototoxicita neboli poškození sluchu, kde dojde k defektu na sluchovém ústrojí, které je uloženo ve vnitřním uchu (Štefánek, 2011). Olovo má také nežádoucí účinek na endokrinní

orgány, může dojít k postižení štítné žlázy a nadledvin (Bencko, 1995; Jadhav et al., 2007).

Intoxikace olovem může u dětí do 6 let narušit psychomotorický vývoj, zapříčinit poruchy chování a učení, poškodit syntézu hemu a vyskytují se i další následky intoxikací olovem (viz Tabulka X). Pokud olovo prochází přes placentární bariéru do plodu, narušuje nitroděložní vývoj, způsobuje předčasný porod nebo potrat (Štefánek, 2011). Z tohoto důvodu by měly být gravidní ženy zejména opatrné, aby se vyhnuly expozici olovem, protože i malá koncentrace olova v krvi matky může způsobit plodu nezvratné poškození mozku a nervového systému (Mayo Clinic, 2019). Expozice olovem na živý organismus ovlivňuje reprodukční funkce jak matek, tak i otců (Bencko, 1995).

Vstřebávání olova v gastrointestinálním traktu živého organismu může ovlivňovat věk, složení stravy i zdravotní stav. Dětský jedinec vstřebává 40-50 % olova z potravy, kdežto dospělý jedinec vstřebává zhruba 10 % olova z potravy. Vyšší vstřebávání olova je při příjmu potravy bohaté na bílkoviny, a naopak nižší vstřebávání olova je u potravy, která je bohatá na vlákninu, železo, vápník a fytové kyseliny (Hájková, 2006). Klinický obraz intoxikace olovem je závislý na věku intoxikovaného jedince a je důležitá i úroveň expozice (Bednařík, 2010).

Tabulka IX: Nejčastější symptomy akutní a chronické intoxikace olovem u dospělého jedince.

<b>AKUTNÍ INTOXIKACE OLOVEM</b>	<b>CHRONICKÁ INTOXIKACE</b>
bolest hlavy	apatie a únava
křeče a bolesti břicha	nevolnost a nechutenství
průjem	anémie
zvracení	šedomodrá lem na dásních
koliky	kovová chuť v ústech
poruchy vědomí	mentální poruchy
	poškození ledvin
	ototoxicita
	bolesti kloubů a svalů

Zdroj: Štefánek, 2011.

Tabulka X: Nejčastější symptomy intoxikace olovem u dětí a novorozenců.

<b>INTOXIKACE DĚTÍ DO 6 LET</b>	<b>INTOXIKACE NOVOROZENCŮ</b>
vývojové zpoždění	nízká porodní váha
potíže s učením a chováním	zpomalený růst
ztráta chuti k jídlu a váhy	předčasný porod
pomalost a únava	
záchvaty	
bolesti břicha	
zvracení nebo zácpy	
ztráta sluchu	

Zdroj: Štefánek, 2011; Mayo Clinic, 2019.

### 1.5.2. Karcinogenní a teratogenní účinky olova

Dle IARC (viz Tabulka XI) patří olovo do skupiny 2B neboli do chemických látek, které jsou klasifikovány jako potenciálně karcinogenní pro člověka. Anorganické sloučeniny olova jsou zařazovány do skupiny 2A, pravděpodobný karcinogen pro člověka. Organické sloučeniny olova jsou klasifikovány jako skupina 3, což znamená, že jsou neklasifikovatelné jako karcinogen pro člověka (Řehůrková et al., 2018). Olovo má teratogenní účinky, kdy může poškodit plod v těle matky a je podezření na poškození reprodukčních schopností dospělého jedince.

Tabulka XI: Klasifikace činitelů podle monografií IARC.

<b>SKUPINA 1</b>	Karcinogenní pro člověka
<b>SKUPINA 2A</b>	Pravděpodobně karcinogenní pro člověka
<b>SKUPINA 2B</b>	Potenciálně karcinogenní pro člověka
<b>SKUPINA 3</b>	Neklasifikovatelné, co se týče karcinogenity pro člověka

Zdroj: WHO, 2022.

## **1.6. Toxikologická analýza**

Jedná se o komplexní laboratorní toxikologické vyšetření, kdy se zjišťuje přítomnost exogenní toxické látky (noxy) v živém organismu. Vyšetřuje se rozmanité spektrum analytů s různými chemickými vlastnostmi, kinetikou, biotransformací a prokazatelností. Všechny tyto vlastnosti se ověřují dostupnými analytickými metodami a každá intoxikace má svůj charakteristický klinický obraz (Pelclová et al., 2009). Intoxikace toxickými těžkými kovy vyhodnocují laboratoře toxikologické, které spadají pod hygienické ústavy nebo kliniky pracovního lékařství. V nejasných případech intoxikací je vhodné komunikovat a konzultovat výsledky s Toxikologickým informačním střediskem, které spadá pod Ústav soudního lékařství a toxikologie Všeobecné fakultní nemocnice v Praze (Pelclová et al., 2009; TIS, 2021).

Zároveň Toxikologické informační středisko Všeobecné fakultní nemocnice v Praze spravuje a zajišťuje Zásobu vybraných léčiv v zájmu naplnění zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění. Tato vybraná léčiva jsou určena k léčbě život ohrožujících stavů nebo otrav a nejsou na tuzemském trhu registrována. Zásoby vybraných antiser, antidot, antiinfektiv a dalších léčivých přípravků, které jsou v České republice povětšinou neregistrovány, jsou obstarávány z provozního příspěvku zřizovatele. Pro Toxikologické informační středisko Všeobecné fakultní nemocnice je zřizovatelem Ministerstvo zdravotnictví (TIS, 2021).

### **1.6.1. Analýza olova**

Laboratorně se obsah olova v živém organismu nazývá plumbémií neboli koncentrací olova v krvi, která koreluje s přípustnými limity pro pracující (0,4 mg/l), kteří jsou vystaveni expozici olovem. Pokud tato koncentrace přesáhne určitou hodnotu, mluvíme o akutní intoxikaci. Při chronické intoxikaci už je většina olova lokalizována v kostech a zubech a olovo je uvolňováno postupně. Z tohoto důvodu koncentrace olova v krvi nemusí vypovídat o celkovém množství olova, které je uloženo v lidském organismu (Štefánek, 2011). Za těchto okolností jsou laboratorní vyšetření doplňována speciálními zobrazovacími metodami, při kterých se vyšetřují kosti. Zároveň ale stanovování plumbémie není dostačující test pro prevenci expozic nebo pro diagnostiku újmy na zdraví exponovaných jedinců, protože aktuální hodnoty koncentrací olova v krvi nedokážou odhalit dlouhodobou absorpci olova a nepromítnou tak skutečný zdravotní stav jedince (Bencko, 1995). Intoxikaci olovem můžeme potvrdit mikroskopickým vyšetřením erytrocytů, kdy na erytrocytech jsou jasně patrné tečky

s namodralou barvou (Štefánek, 2011). Toto basofilní tečkování způsobují zvýšené koncentrace železa v erytrocytech, protože v kostní dřeni vzniká normoblastická hyperplázie neboli zmnožení buněk jako kompenzace inhibice erythropoézy (Pelclová, 2014; Bencko, 1995).

Přípustné limity olova se liší. Běžně se hladiny olova v krvi v běžné populaci pohybují do 0,1 mg/l. U pracujících jedinců vystavených expozici olovem je limit 0,4 mg/l, u nových zaměstnanců se příznaky intoxikace objevují při hodnotách 0,5 mg/l a u dlouhodobě pracujících jedinců, kteří mohou být i asymptomaticí, jsou hodnoty i 0,7 mg/l. Toxická hladina u dětí je již 0,1 mg/l (Gidlow, 2015).

Zvýšené hladiny 5-ALA a koproporfyriu v moči vypovídají o nedávné expozici olovem. Můžeme detekovat i snížení aktivity enzymu 5-ALA dehydratázy, který je inhibován olovem. Opět ale tyto koncentrace nepromítnou skutečný stav jedince exponovaného olovem, protože vztah mezi hladinami 5-ALA v moči a koncentrací olova v krvi není lineární. Stanovování koncentrace olova v moči pacientů je z praktického hlediska velice výhodné, protože napomáhá posouzení velikostí depa v matrix kostí. Je-li olovo vylučováno močí ve vyšších koncentracích než 2 mg za 24 hodin, bude depo olova velké (LAB TEST, 2020; Bencko, 1995). Olovo lze také detekovat v nehtech a vlasech, toho je využíváno především ve forenzních analýzách.

Ve srovnání s plumbémií a koncentrací 5-ALA a koproporfyriu v moči, jež prokazují spíše aktuální obsah olova v lidském organismu, je více vypovídající stanovit koncentraci volného protoporfyriu v erytrocytech, která vypovídá o celkové zátěži olovem živého organismu (Bencko, 1995).

### **1.6.2. Terapie**

Tělo se olova velmi těžko zbavuje, protože olovo je ukládáno do matrix kostí a zubů, kde je zaměňováno s vápníkem. V těchto místech může setrávat několik let a postupně se uvolňovat do krevního řečiště. Právě krevním řečištěm je olovo transportováno do ledvin, které olovo vylučují velmi pomalu močí, a také je transportováno do jater, kde je olovo vylučováno žlučí.

V léčbě intoxikace olovem se uplatňují látky, cheláty, jež na sebe váží olovo koordinačně kovalentní vazbou, vznikají komplexy, které vylučují se močí. Mezi chelatotvorné látky patří vápenatá sůl ethylendiamintetraacetátu CaEDTA,

dimerkaptol BAL a D-penicilamin, jež se podávají nitrožilně a měly by být použity jak při akutní, tak i při chronické intoxikaci olovem. Nejefektivnějším a nejrozšířenějším chelatotvornou látkou je kalcium-EDTA. V současné době se nejčastěji využívá antidotum dimerkaptojantarová kyselina DMSA. Na -SH skupiny DMSA se váží chemické noxy, a tím je zabráněno vstřebávání iontů olova z trávicího ústrojí. Aplikace chelatotvorných látek je nutné dobře dávkovat, jelikož mají nepříznivé vedlejší účinky, jako je ucpaní nosu, kýčání, slzení, bolesti svalů, nízký krevní tlak, srdeční arytmie, bolest hlavy, únava a poškození jater (Kotingová, 2010; Friberg et al., 1986).

## **2. Cíl práce a výzkumné otázky**

### **2.1.1. Cíl práce**

- Charakterizovat olovo, jeho vlastnosti, výskyt, dopady na životní prostředí a toxické účinky na zdraví člověka.
- Analyzovat data z dotazníkového šetření o povědomí laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí a jeho toxických účincích.

### **2.1.2. Výzkumné otázky**

- Jaká je informovanost laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí?
- Jaká je informovanost laické veřejnosti o toxických účincích olova?

## **3. Metodika**

### **3.1. Použitá metodika**

V této diplomové práci byla použita metoda kvantitativního výzkumu, která je charakteristická rychlým a přímočarým sběrem dat. Byla využita dotazníková studie, která má pevně danou strukturu. Části dotazníkové studie byly vytvořeny tak, aby na sebe dílčí části navazovaly. Dotazníková studie obsahuje 25 otázek se seznamem odpovědí.

### **3.2. Charakteristika výzkumného souboru**

Výzkumný soubor tvořilo 102 respondentů. Nebyla stanovena žádná podmínka, dotazníková studie se týkala informovanosti laické veřejnosti.

### **3.3. Sběr dat**

Sběr dat probíhal 3 týdny, konkrétně od 14. února 2022 do 7. března 2022. Dotazníková studie uveřejněná na sociálních sítích dosáhla nejvyššího počtu respondentů v prvních hodinách po uveřejnění dotazníku. Celkem bylo vyplněno 52 dotazníků, které byly zveřejněny na sociálních sítích. Byly rozdány i dotazníkové studie v papírové formě. Ze 70 dotazníků v papírové formě bylo vráceno 50, to je 71 % návratnost. Dotazníková studie je přiložena v příloze č. 1 této diplomové práce.

### **3.4. Analýza dat**

Dotazníková studie byla nadále počítačově zpracována s využitím Microsoft Word a Microsoft Excel, zde byla vložena do tabulek a byly k ní vytvořeny grafy, dále byl použit statistický software R. Dotazníková studie uveřejněná na sociálních sítích byla vytvořena prostřednictvím aplikace my.survio.com.

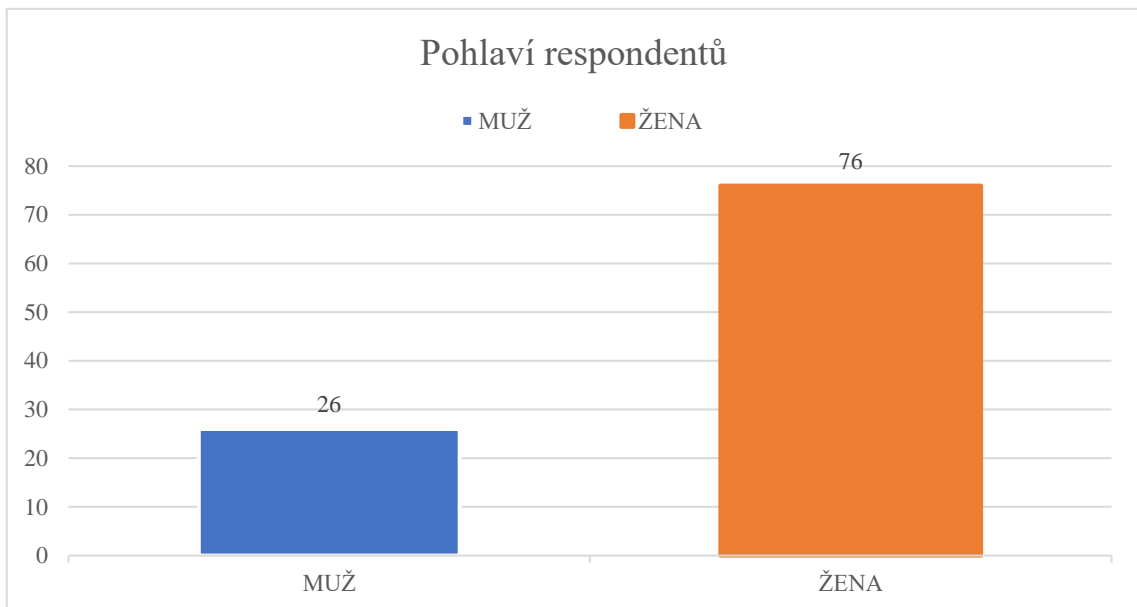


## 4. Výsledky

### Otázka č. 1

Pohlaví.

První otázka se týkala rozdělení respondentů dle pohlaví. Obě varianty této odpovědi jsou zaneseny do grafu 2. Dotazníkové studie se zúčastnilo 102 respondentů z toho 76 žen a 26 mužů. Tyto absolutní četnosti lze vyjádřit procentuálně. Můžeme říci, že tři čtvrtiny (75 %) respondentů byly ženy a jedna čtvrtina (25 %) respondentů byli muži. Z toho vyplývá, že ženy jsou ochotnější spolupracovat.

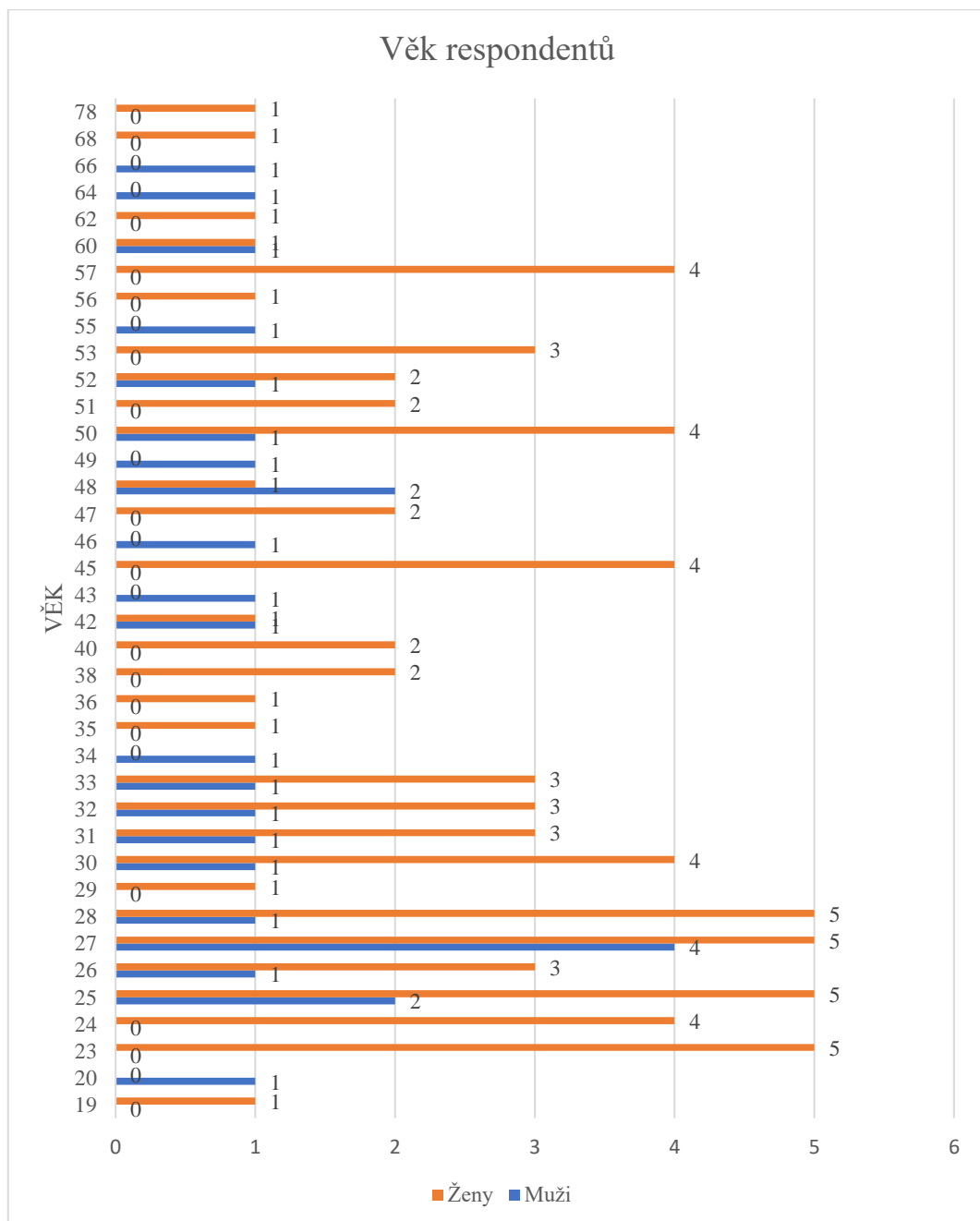


Graf 2: Zastoupení pohlaví u tázaných respondentů (Zdroj vlastní).

## Otázka č. 2

Uveďte, prosím, Váš věk.

Do této otázky vyplňovali respondenti svůj věk, jehož hodnoty jsou uvedeny v grafu 3. Nejmladší účastníkem dotazníkového šetření byla 19letá žena a nejstarším účastníkem byla 78letá žena. V rámci četností ženského pohlaví bylo nejvíce žen ve věku 23, 25, 27, 28 let.



Graf 3: Zastoupení věku u tázaných respondentů (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 3

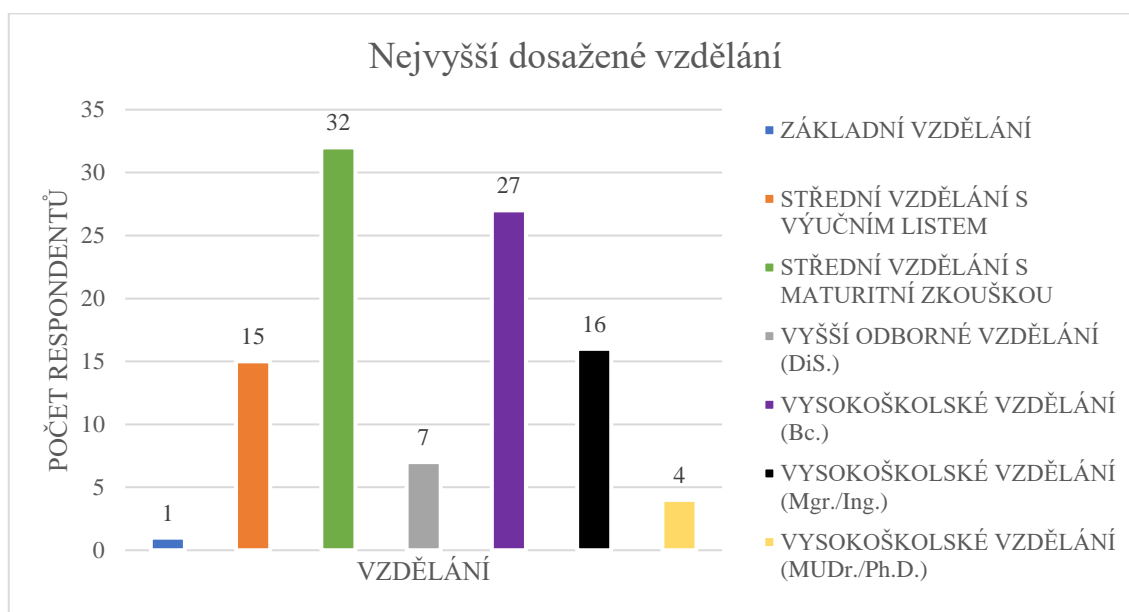
Uveďte Vaše nejvyšší dosažené vzdělání.

Otázka č. 3 se týkala nejvyššího dosaženého vzdělání tázaných respondentů. V tabulce XII jsou uvedeny absolutní četnosti nejvyššího dosaženého vzdělání respondentů. Vyhodnocení je zpracováno i v grafické podobě (Graf 4). V nejhojnějším zastoupení nejvyššího dosaženého vzdělání se setkáváme se středním vzděláním s maturitní zkouškou a to u 32 respondentů, to je 31 %. Dále se v hojném počtu vyskytují i respondenti s vysokoškolským vzděláním, titul Bc., a to u 27 respondentů, procentuálně 26 %.

Tabulka XII: Tabulka dosaženého vzdělání respondentů a počty odpovědí.

VZDĚLÁNÍ	POČET RESPONDENTŮ
ZÁKLADNÍ VZDĚLÁNÍ	1
STŘEDNÍ VZDĚLÁNÍ S VÝUČNÍM LISTEM	15
STŘEDNÍ VZDĚLÁNÍ S MATURITNÍ	32
VYŠŠÍ ODBORNÉ VZDĚLÁNÍ (DiS.)	7
VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁNÍ (Bc.)	27
VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁNÍ (Mgr./Ing.)	16
VYSOKOŠKOLSKÉ VZDĚLÁNÍ (MUDr./Ph.D.)	4

Zdroj: Vlastní.



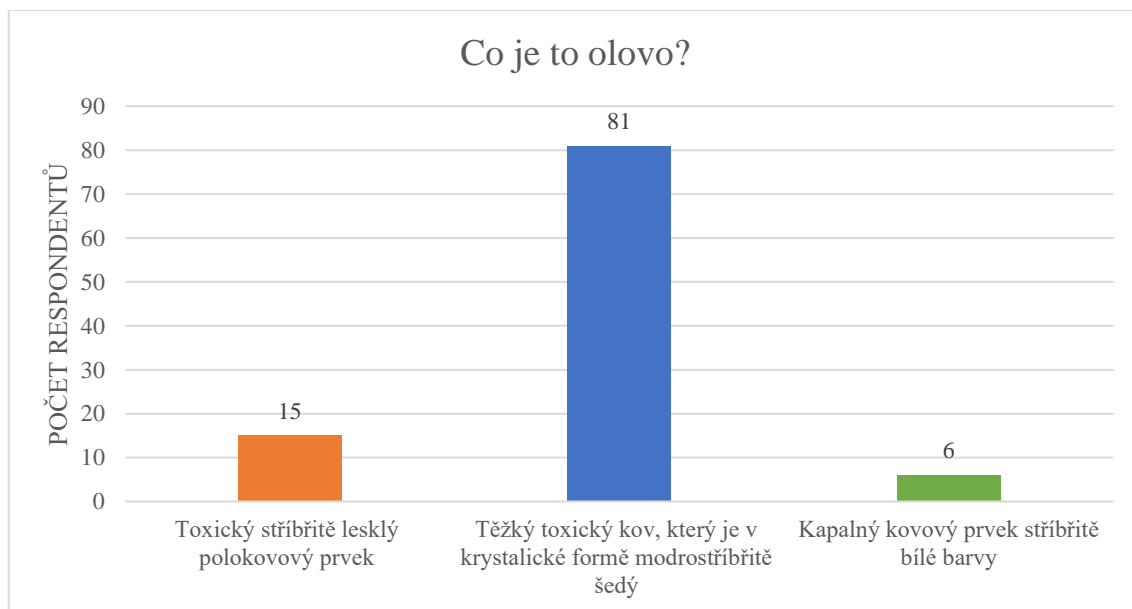
Graf 4: Grafické vyhodnocení otázky č. 3 (Zdroj vlastní).

#### Otázka č. 4

Co je to olovo?

- a. Toxický stříbřitě lesklý polokovový prvek
- b. Těžký toxický kov, který je v krystalické formě modrostříbřitě šedý**
- c. Kapalný kovový prvek stříbřitě bílé barvy

Otázka č. 4 se věnovala olovu z chemicko-fyzikálního pohledu. Respondenti měli na výběr ze tří variant odpovědí, přičemž pouze jedna odpověď byla správná. Všechny tři odpovědi se vztahovaly k nějakému toxickému kovu. Varianta a. se týkala arsenu, varianta b. olova a varianta c. se týkala rtuti. Na tuto otázku odpovědělo 81 respondentů správně, což odpovídá téměř čtyřem pětinaš všech respondentů a je to procentuálně 79 %. Pokud rozdělíme ženy a muže, tak mužští respondenti odpověděli v 96 % na tuto otázku správně, jinou odpověď zvolil pouze jeden zástupce mužského pohlaví. Ženy odpověděly správně v 67 %. V grafu 5 lze vidět absolutní četnosti všech variant odpovědí na otázku č. 4.



Graf 5: Grafické vyhodnocení otázky č. 4 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 5

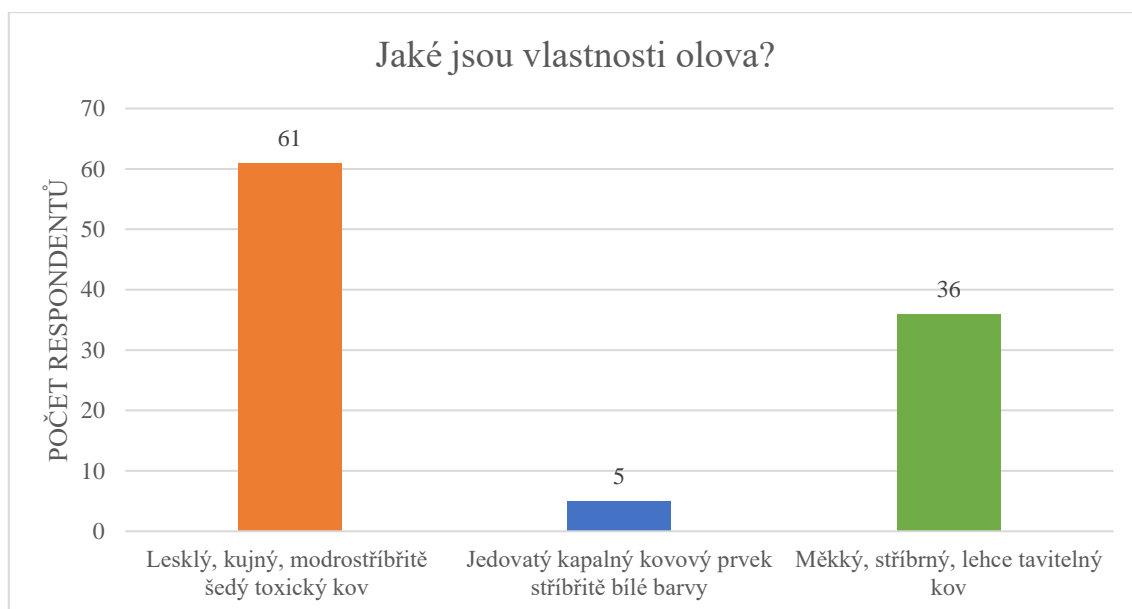
Jaké jsou vlastnosti olova?

a. Lesklý, kujný, modrostříbřitě šedý toxický kov

b. Jedovatý kapalným kovový prvek stříbřitě bílé barvy

c. Měkký, stříbrný, lehce tavitelný kov

Otázka č. 5 navazovala na předchozí otázku a vztahovala se k obecně známým vlastnostem olova. Na výběr byly opět tři možné varianty odpovědí a všechny se opět vztahovaly k některému z toxických kovů. Varianta a. se týkala olova, varianta b. rtuti a varianta c. kadmia. Správnou variantu a. zaškrtnulo 61 respondentů, což představuje 60 % všech respondentů. Variantu b. zaškrtnulo 5 respondentů, což odpovídá pouhým 5 % respondentů. Variantu c. zaškrtnulo 36 respondentů, což odpovídá 35 % respondentů. Pro některé mohla být tato odpověď zavádějící, protože i olovo je nízkotavitelným kovem. Ale pro olovo je právě charakteristická jeho barva, a to modrostříbřitě šedá. Právě muži odpověděli v 69 % variantou c. tak, že olovo je měkký, stříbrný, lehce tavitelný kov (viz Graf 6).



Graf 6: Grafické vyhodnocení otázky č. 5 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 6

Jaké je využití olova?

- a. Výroba střeliva, lékařství, olovnaté sklo a pájky
- b. Elektrochemie, výroba cementu, zpracování kůže
- c. Olovnaté barvy, konstrukce vodovodních rozvodů

Otázka č. 6 se zabývala využitím olova. Správnou variantu a. zaškrtnulo 94 respondentů, procentuálně to odpovídá 92 % dotázaných. Variantu b. zaškrtnul pouze jediný respondent, což odpovídá 1 % ze všech respondentů. Variantu c. zaškrtnulo 7 respondentů a to odpovídá 7 % tázaných respondentů (viz Graf 7).



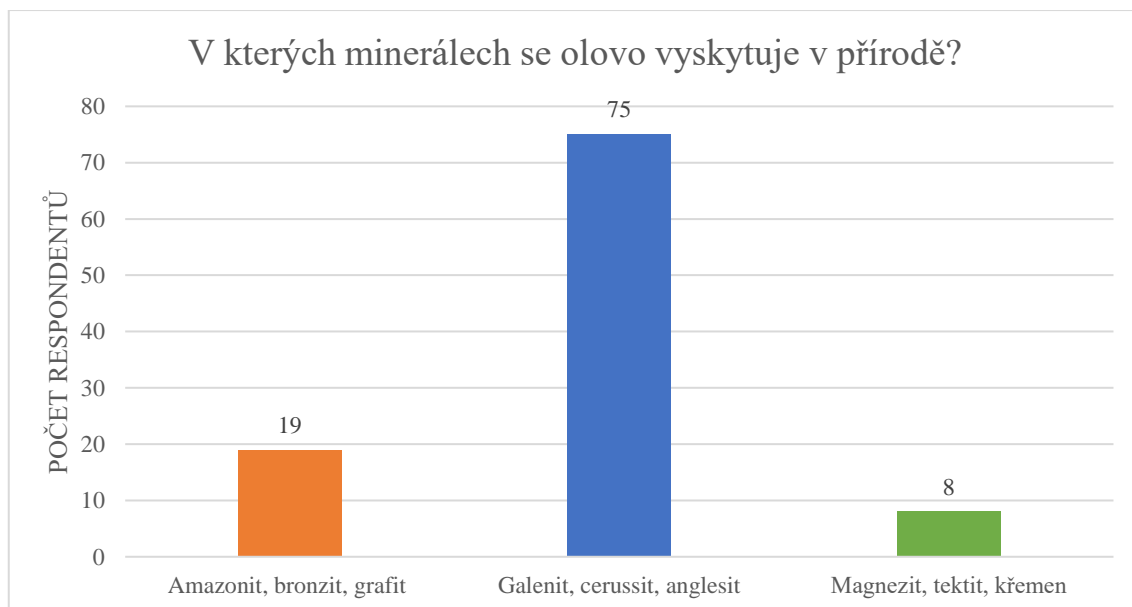
Graf 7: Grafické vyhodnocení otázky č. 6 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 7

V kterých minerálech se olovo vyskytuje v přírodě?

- a. Amazonit, bronzit, grafit
- b. Galenit, cerussit, anglesit**
- c. Magnezit, tektit, křemen

Minerály, které se vyskytují v přírodě a obsahují olovo, jsou galenit, cerusit a anglesit. Galenit neboli leštěnec olověný, chemicky jde o sulfid olovnatý –  $\text{PbS}$ , je minerál, jenž krystalizuje nejčastěji do krychlové formy. Je známý také jako blejno olověné. Cerusit je kosočtverečný minerál, chemicky jde o uhličitan olovnatý –  $\text{PbCO}_3$ . Vzniká jako produkt oxidace galenitu a dalších nerostů olova. Anglesit, který se triviálně označuje jako olověná běloba, chemicky jde o síran olovnatý –  $\text{PbSO}_4$ , je bílý krystalický síran dvoumocného olova. I anglesit se využíval jako bílý pigment pro líčení, ale je to kumulativní jed a způsobuje intoxikaci olovem. Na variantu a. odpovědělo 19 respondentů, což odpovídá 19 %. Správnou variantou b. odpovědělo 75 respondentů, to je 74 %. Variantu c. zvolilo 8 respondentů a to je 7 % ze všech respondentů (viz Graf 8).



Graf 8: Grafické vyhodnocení otázky č. 7 (Zdroj vlastní).

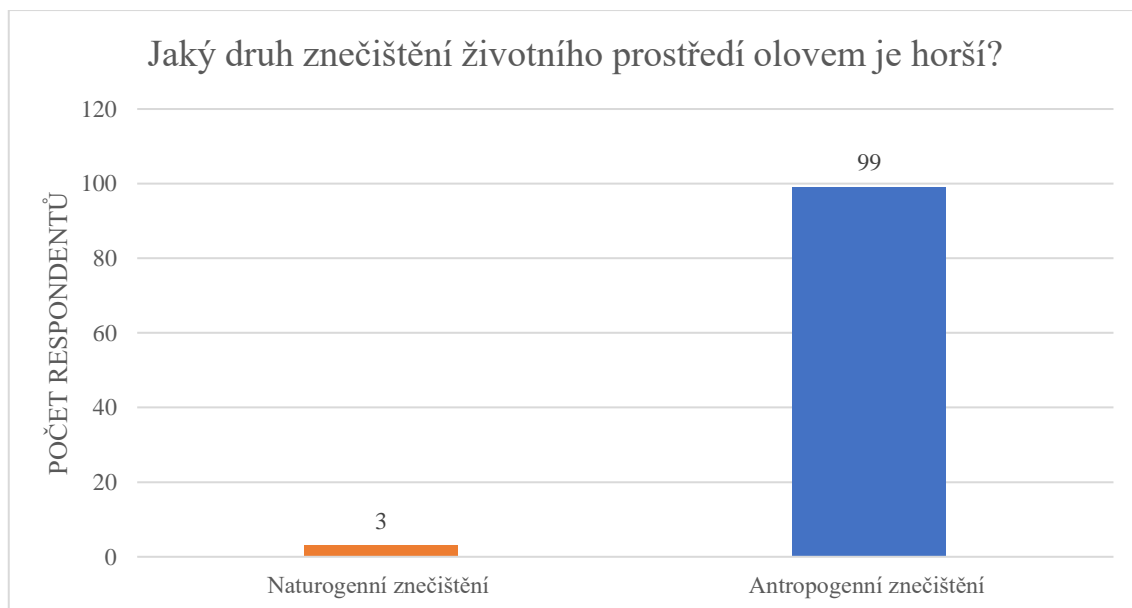
### Otázka č. 8

Jaký druh znečištění životního prostředí olovem je horší?

a. Naturogenní znečištění

**b. Antropogenní znečištění (způsobené člověkem)**

Olovo je jedním z nejrozšířenějších kovů v půdě, vodách i v atmosféře a také je nejrozšířenějším kontaminantem mezi těžkými toxickými kovy kontaminující povrch planety. Olovo se do prostředí dostává především z průmyslových zplodin. Mezi nejčastější antropogenní činnosti patří výrobní procesy, jako je zpracování rud, spalování fosilních paliv a také zemědělská výroba. Z tohoto důvodu je antropogenní znečištění horší než naturogenní znečištění. Variantu a. zvolili 3 respondenti a to jsou 3 % ze všech odpovídajících respondentů. 99 tázaných respondentů odpovědělo variantou b., to je v 97 % (viz Graf 9), že horším zdrojem znečištění životního prostředí olovem je antropogenní znečištění, a to byla správná odpověď.



Graf 9: Grafické vyhodnocení otázky č. 8 (Zdroj vlastní).

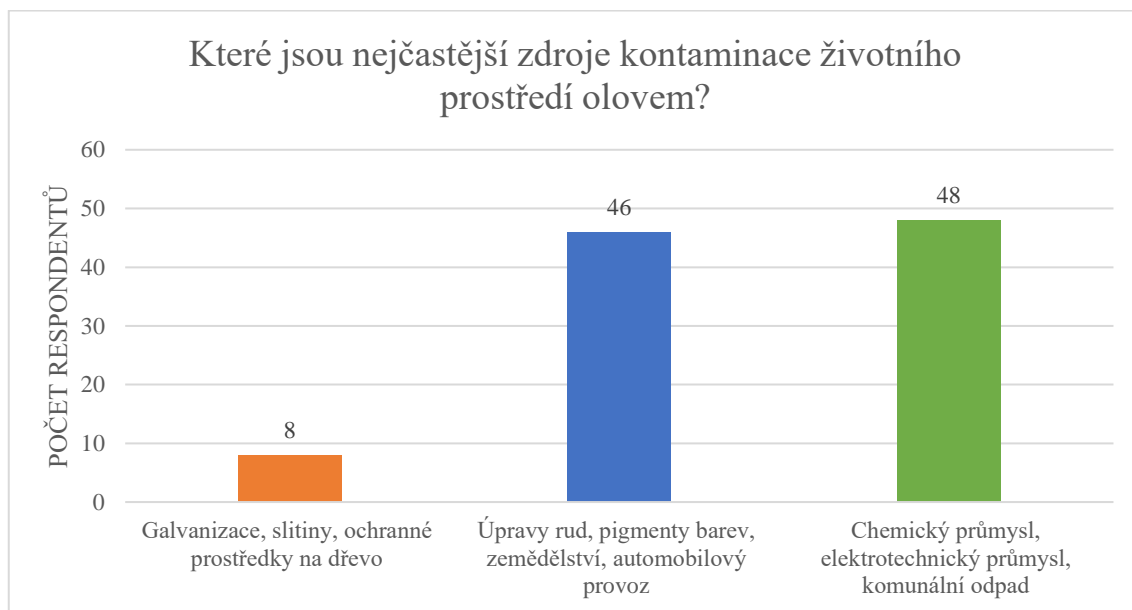


### Otázka č. 9

Které jsou nejčastější zdroje kontaminace životního prostředí olovem?

- a. Galvanizace, slitiny, ochranné prostředky na dřevo
- b. Úpravy rud, pigmenty barev, zemědělství, automobilový provoz**
- c. Chemický průmysl, elektrotechnický průmysl, komunální odpad

Dle Kafky (2002) se olovo nejčastěji využívá nebo využívalo v úpravách rud, hutích, rafinériích, chemickém průmyslu, pigmentech barev, akumulátorech, olovnatém skle, přídavcích do glazur, zemědělství, při spalování fosilních paliv a v automobilovém provozu. Olovo je využíváno i v chemickém průmyslu, protože je odolné vůči kyselině sírové. Variantu a. zvolilo 8 respondentů, což je 8 %. Správnou variantu b. zvolilo 46 respondentů, procentuálně 45 % tázaných respondentů. 48 respondentů odpovědělo variantou c., to je 47 % tázaných (viz Graf 10).



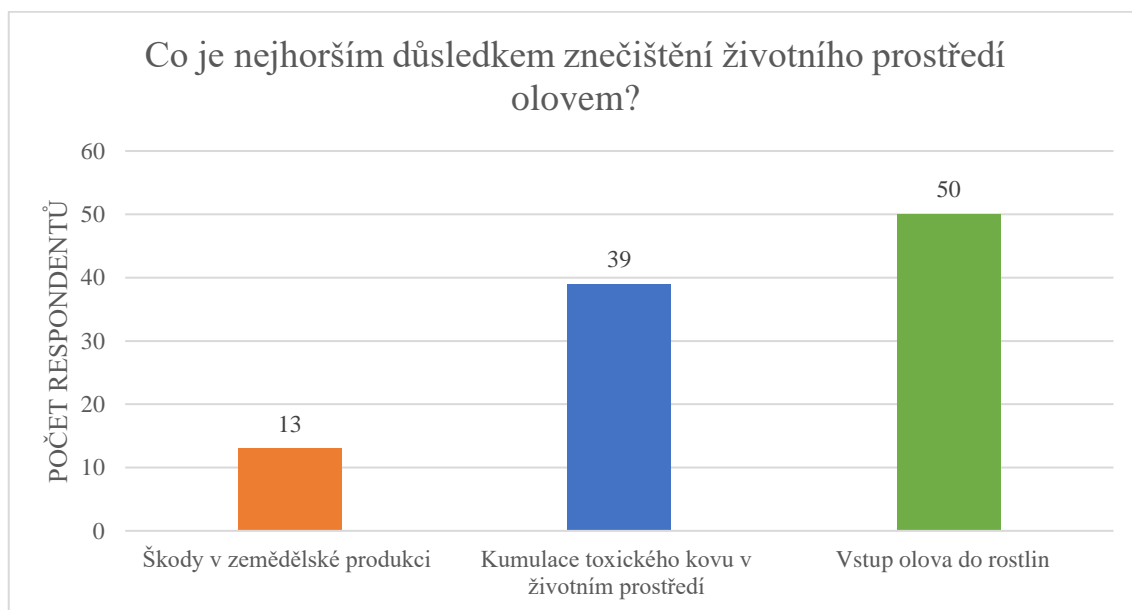
Graf 10: Grafické vyhodnocení otázky č. 9 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 10

Co je nejhorším důsledkem znečištění životního prostředí olovem?

- a. Škody v zemědělské produkci
- b. Kumulace toxického kovu v životním prostředí
- c. Vstup olova do rostlin

Moderní technika se rozvíjí velice rychle a tím, roste i produkce a spotřeba kovů. Navyšování koncentrace těchto kovů v životním prostředí je velmi vážný problém. Znečištěním životního prostředí a následnou kumulací toxického kovu (olova) v půdě, vodě i ovzduší, dochází ke vstupu olova do rostlin. Důsledkem tohoto procesu jsou škody v zemědělské produkci, čímž se cyklus olova v životním prostředí ukončuje. Správnou variantu zvolilo pouze 13 respondentů, to je 13 % všech respondentů. Variantu b. zvolilo 39 respondentů, což je 38 % a variantou c. odpovědělo 50 respondentů, procentuálně 49 % (viz Graf 11).



Graf 11: Grafické vyhodnocení otázky č. 10 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 11

Kde jsou emise olova zastoupeny nejčastěji v závislosti na územním rozložení?

- a. Liberecký kraj
- b. Jihočeský kraj
- c. Středočeský kraj**

Sledované roční průměrné koncentrace všech toxických kovů v předešlých letech mírně klesají. K redukcí emisí těžkých toxických kovů zásadně pomohla opatření v sektorech pro výrobu oceli a železa, kde se zlepšil systém pro odprášení spékacích pásů železných rud. Dle Českého hydrometeorologického ústavu ale stále platí, že nejčastěji jsou emise olova v závislosti na územním rozložení ve Středočeském kraji (CHMI, 2020). Důvodem je, že ve Středočeském kraji vstupují velká množství emisí olova do ovzduší ze sekundárních výrob olova v Kovohutích Příbram a.s. Variantu a. zvolilo 31 respondentů, to je 30 %. Variantou b. odpovědělo 6 respondentů, procentuálně 6 % respondentů. Na tuto otázku odpovědělo správně variantou c. 65 respondentů, což je 64% všech respondentů (viz Graf 12).



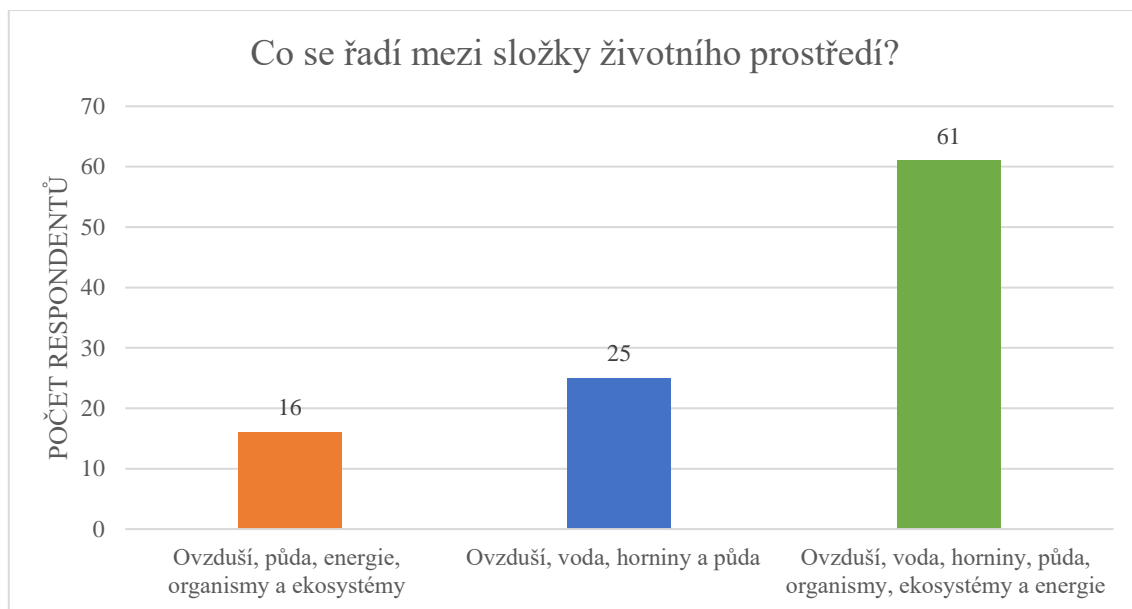
Graf 12: Grafické vyhodnocení otázky č. 11 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 12

Co se řadí mezi složky životního prostředí?

- a. Ovzduší, půda, energie, organismy a ekosystémy
- b. Ovzduší, voda, horniny a půda
- c. Ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie**

Životní prostředí je komplex sestavený z přírodních, umělých i sociálních komponent světa. V dnešní době existuje několik definic životního prostředí, ale dle zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí zní definice životního prostředí takto „*Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.*“ Variantu a. zvolilo 16 respondentů, procentuálně 16 %. Variantu b. zvolilo 25 respondentů, to je 24 % respondentů. Všechny složky, které patří do životního prostředí, byly ve variantě odpovědi c., kterou zvolilo 61 respondentů, což je 60 % respondentů (viz Graf 13).



Graf 13: Grafické vyhodnocení otázky č. 12 (Zdroj vlastní).

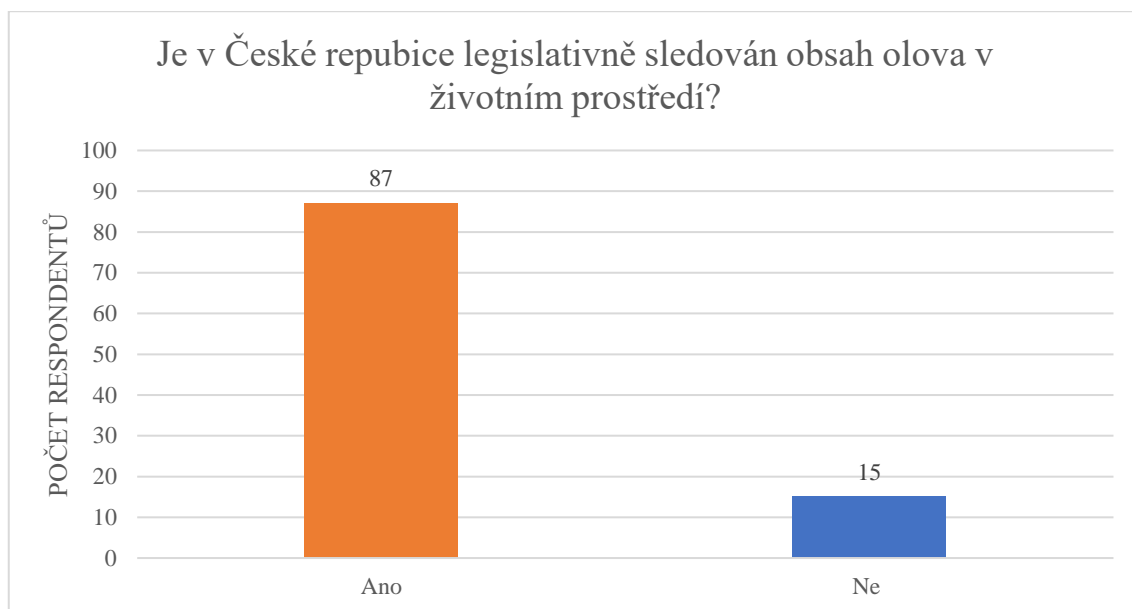
### Otázka č. 13

Je v České republice legislativně sledován obsah olova v životním prostředí?

a. Ano

b. Ne

V České republice jsou legislativně sledovány koncentrace vybraných kovů v ovzduší, v půdě, ve vodě a v biologických materiálech. Pro olovo udává česká legislativa nejvyšší přípustný imisní roční limit  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Správnou variantou a. odpovědělo 87 respondentů, což je 85 % respondentů. Variantu b. zvolilo 15 respondentů a to je 15 % (viz Graf 14).



Graf 14: Grafické vyhodnocení otázky č. 13 (Zdroj vlastní).

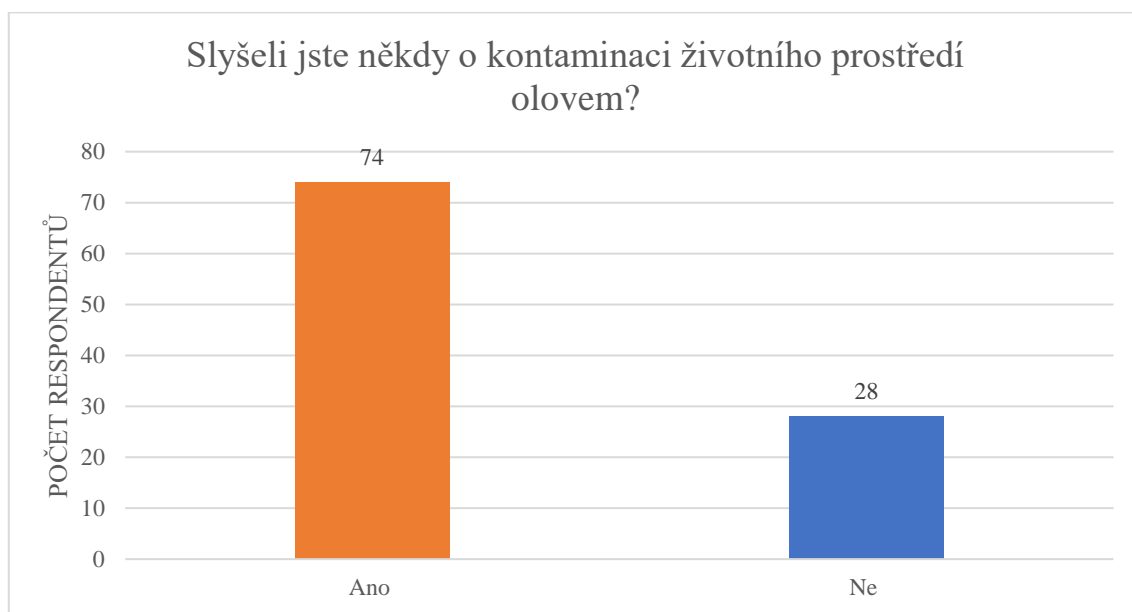
### Otázka č. 14

Slyšeli jste někdy o kontaminaci životního prostředí olovem?

a. Ano

b. Ne

Otázka č. 14 se týkala přímo odpovídajících respondentů a jejich zkušeností s kontaminací životního prostředí olovem. 74 respondentů zvolilo variantu a. a to je 75 % respondentů. Je to více procent respondentů, než jsem očekávala. Variantu b. zvolilo 28 respondentů, což je 25 % všech respondentů. Procentuálně 62 % mužů a 76 % žen odpovědělo, že někdy slyšeli o kontaminaci životního prostředí olovem (viz Graf 15).



Graf 15: Grafické vyhodnocení otázky č. 14 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 15

V jak velkém množství má olovo negativní účinek na lidský organismus?

- a. 0,1 kg/l
- b. 0,7 g/l
- c. **0,4 mg/l**

K prokázání intoxikace olovem je stanovení plumbémie, koncentrace olova v krvi. Přípustné limity olova v lidském organismu se liší. Olovo má negativní účinek na lidský organismus již od 0,4 mg/l, u dětí je toxická hladina již 0,1 mg/l (Gidlow, 2015). Tato otázka byla postavena spíše na to, jak se tázání respondenti budou orientovat v jednotkách a jak si respondenti dokážou představit, jak velké množství olova je schopen lidský organismus pojmout. Variantu a. zvolilo pouze 8 respondentů, to je 8 %. Variantou b. odpovědělo 29 respondentů, což je 28 %. A na správnou variantu c. odpovědělo 65 respondentů, což je 64 % tázaných respondentů (viz Graf 16).



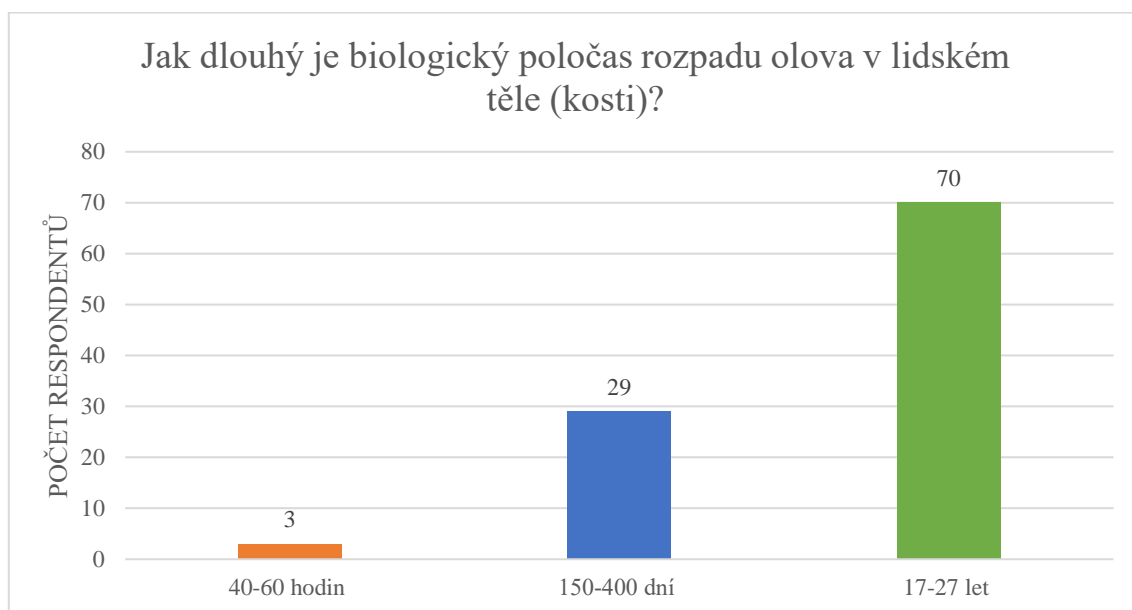
Graf 16: Grafické vyhodnocení otázky č. 15 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 16

Jak dlouhý je biologický poločas rozpadu olova v lidském těle (kosti)?

- a. 40-60 hodin
- b. 150-400 dní
- c. **17-27 let**

Biologický poločas rozpadu olova se v lidském těle liší podle cílového orgánu. V krvi a měkkých tkáních olovo zůstává pouze 20-40 dnů. Kdežto v kostech, kde je olovo zaměňováno s vápníkem a je zde ukládáno, je biologický poločas rozpadu mnohonásobně větší než v krvi a měkkých tkáních a to 17-27 let (Kenšová et al., 2014; Kafka, 2002). Variantou a. odpověděli pouze 3 respondenti, což jsou 3 %. Variantu b. zvolilo 29 tázaných respondentů, to je 28 %. A správnou variantou c. odpovědělo 70 respondentů, to je procentuálně 69 % respondentů (viz Graf 17).



Graf 17: Grafické vyhodnocení otázky č. 16 (Zdroj vlastní).



### Otázka č. 17

Pro koho především představuje zvýšená expozice olovem zdravotní riziko?

- a. Vyvíjející se plod a malé děti
- b. Starší děti a adolescenti
- c. Dospělí jedinci

Zvýšená expozice olovem představuje především velké zdravotní riziko pro vyvíjející se plod a malé děti. V lidském plodu a dětském organismu dochází k rychlému růstu buněk a jejich dělení, což přispívá k většímu poškození organismu. Kojenci a malé děti mohou být vystaveny olovu častěji (perorální příjem) než starší děti nebo dospělí jedinci, především pro ně je olovo škodlivější a snadněji ho vstřebávají. Respondenti, kteří zvolili variantu a., těch bylo 97, procentuálně 95 %, odpověděli správně. Variantu b. zvolili 2 respondenti, což jsou 2 % ze všech respondentů a variantu c. zvolili 3 respondenti a to jsou 3 % všech respondentů (viz Graf 18). Všechny 26 mužských respondentů (100 %) odpovědělo správnou variantou odpovědi.



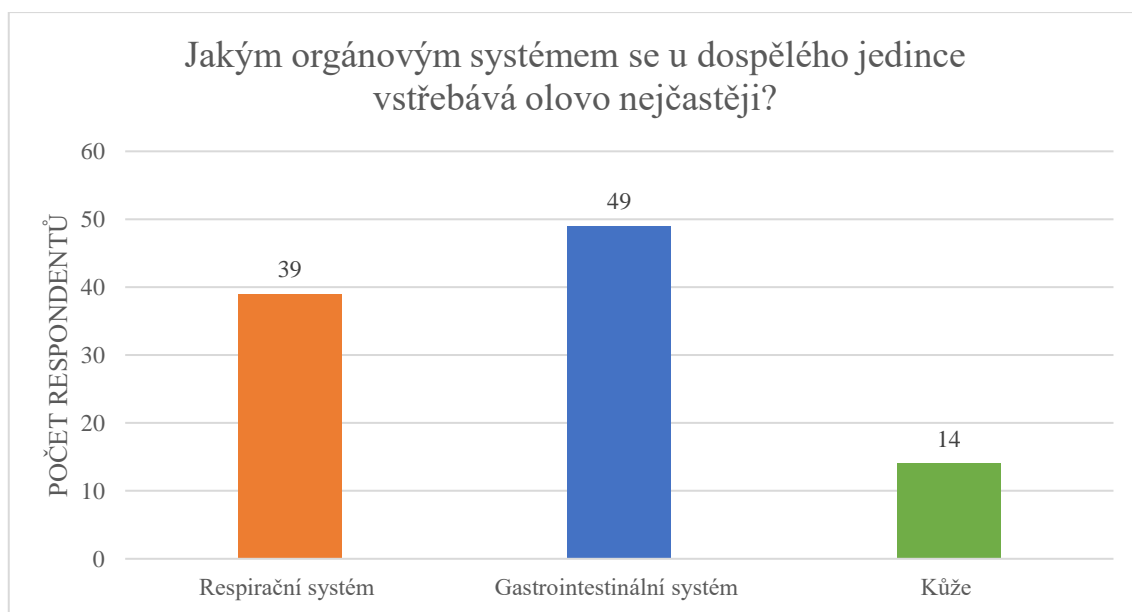
Graf 18: Grafické vyhodnocení otázky č. 17 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 18

Jakým orgánovým systémem se u dospělého jedince vstřebává olovo nejčastěji?

- a. Respirační systém
- b. Gastrointestinální systém
- c. Kůže

Olovo a jeho anorganické sloučeniny se vstřebávají ve formě prachu a par, u dospělých jedinců převážně respiračním systémem, a to ze 40 % a gastrointestinálním traktem pouze z 10 % (Pelclová et al., 2009). Správnou variantu a. zvolilo 39 % respondentů, to je 38 %. Variantu b. zvolilo 49 tázaných respondentů, což je 48 % a variantou c. odpovědělo 14 respondentů, to je procentuálně 14 % (viz Graf 19).



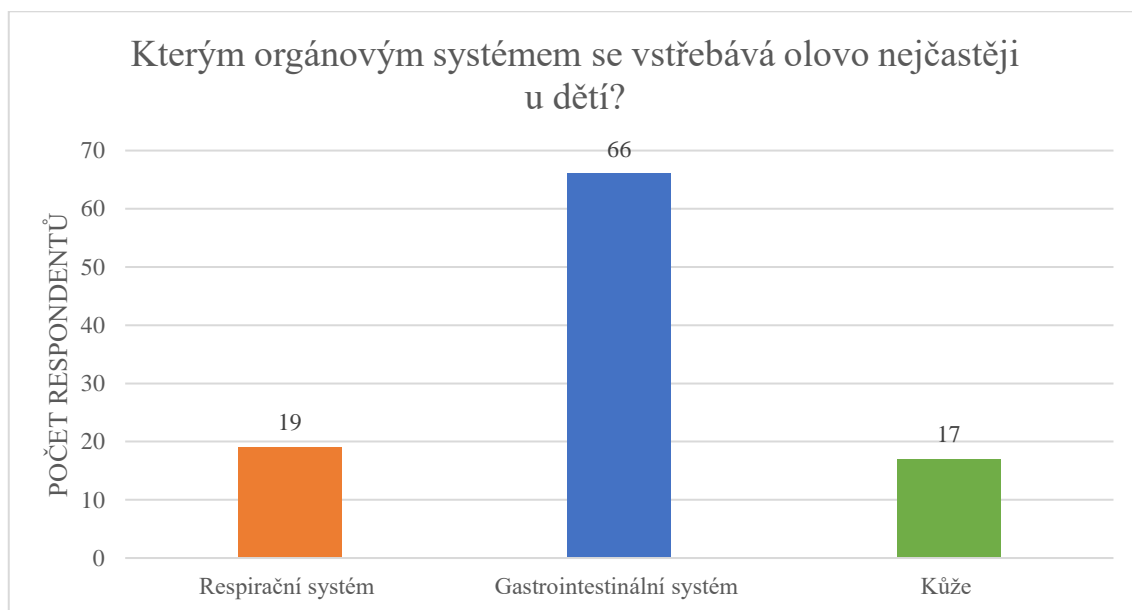
Graf 19: Grafické vyhodnocení otázky č. 18 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 19

Kterým orgánovým systémem se vstřebává olovo nejčastěji u dětí?

- a. Respirační systém
- b. Gastrointestinální systém**
- c. Kůže

Olovo a jeho anorganické sloučeniny se vstřebávají ve formě prachu a par, u dětí se sloučeniny vstřebávají především gastrointestinálním traktem a to až z 50 % (Pelclová et al., 2009). Kojenci a malé děti mohou být vystaveny olovu častěji, protože mohou olovo přijímat perorálně. Variantu a. zvolilo 19 respondentů, což je 18 % všech tázaných respondentů. Variantu b. zvolilo 66 respondentů a to je 65 %. A variantou c. odpovědělo 17 respondentů, procentuálně 17 % (viz Graf 20).



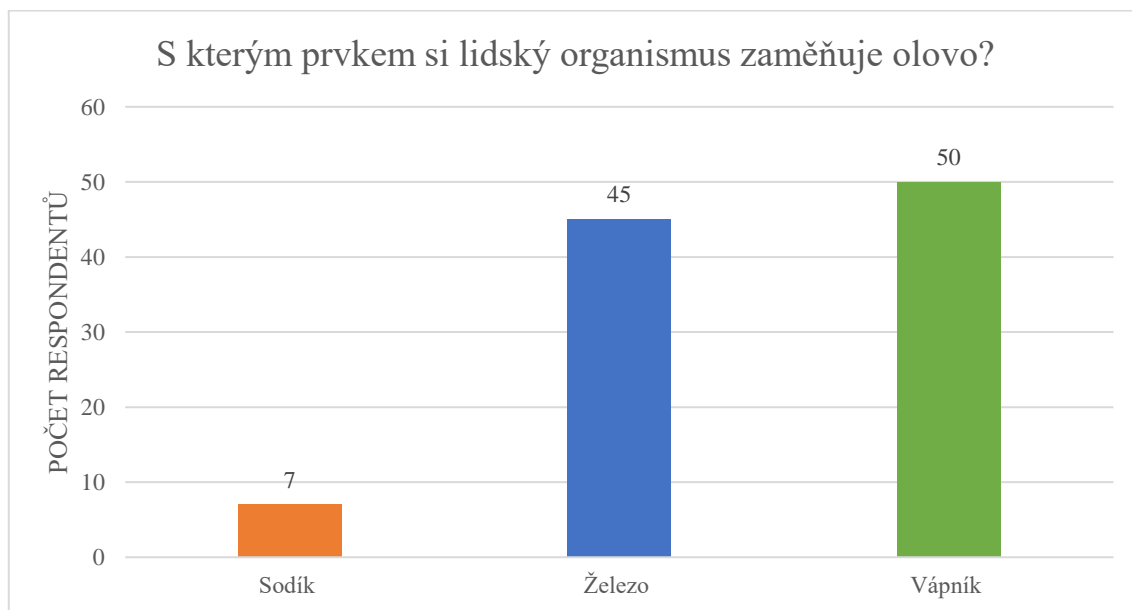
Graf 20: Grafické vyhodnocení otázky č. 19 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 20

S kterým prvkem si lidský organismus zaměňuje olovo?

- a. Sodík
- b. Železo
- c. Vápník**

V živém organismu je olovo antagonistou vápníku. Jednou z nejvíce nebezpečných schopností toxických kovů je akumulace v rozmanitých tělních tkáních. V kostech a zubech se kumuluje olovo, které nahrazuje vápník. Variantu a. zvolilo 7 respondentů neboli 7 %. Variantou b. odpovědělo 45 respondentů, což je 44 %. Správnou variantu c. zvolilo 50 respondentů a to je 49 % všech respondentů (viz Graf 21). Důvodem nesprávnosti odpovědi je spojení železa, které je přítomno v červených krvinkách, a ty kolují v krvi, ale olovo je krví pouze transportováno.



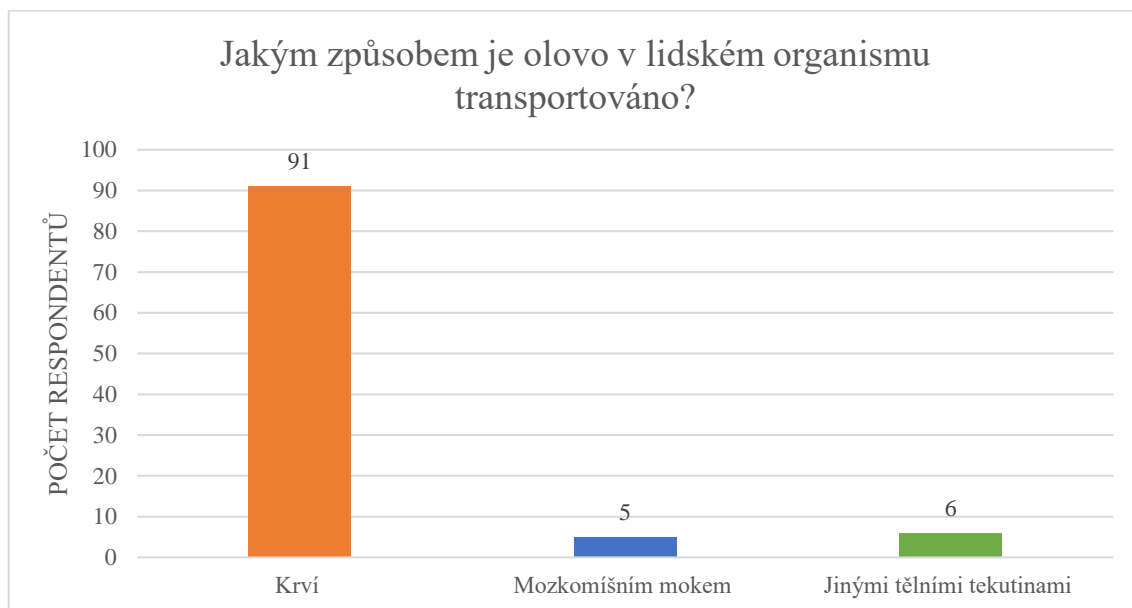
Graf 21: Grafické vyhodnocení otázky č. 20 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 21

Jakým způsobem je olovo v lidském organismu transportováno?

- a. Krví
- b. Mozkomíšním mokem
- c. Jinými tělními tekutinami

Olovo je transportováno krví, kde se převážně váže na erytrocyty (až 98%) nebo na plazmatické bílkoviny (2-4 %) a je distribuováno do parenchymatózních orgánů do směnitelného prostoru (krev, játra a ledviny), nebo je inkorporováno do depotního prostoru, což jsou kosti a zuby (Bencko, 1995). Tázání respondenti, kteří zvolili variantu a., odpověděli správně. Těchto respondentů bylo 91, což je 89 %. Variantu b. zvolilo 5 respondentů neboli 5 % a variantou c. odpovědělo 6 respondentů a to je 6 % (viz Graf 22).



Graf 22: Grafické vyhodnocení otázky č. 21 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 22

Jaký druh látky je olovo pro lidský organismus?

- a. Látka způsobující respirační problémy
- b. Látka způsobující poleptání kůže
- c. Neurotoxická a teratogenní látka**

Olovo je známá neurotoxická a teratogenní látka, která se nachází v životním prostředí. U dospělých jedinců ovlivňuje neurotoxicita spojená s olovem centrální zpracování informací a krátkodobou paměť, také může způsobovat psychické problémy. Zranitelnější vůči neurotoxicitě olova je vyvíjející se mozek plodu a dětí. Olovo má také teratogenní účinky, může poškodit plod v těle matky. Existuje zde podezření na poškození reprodukčních schopností dospělého jedince. Variantou a. odpověděli 4 respondenti, to jsou 4 %. Variantu b. zvolili 4 respondenti, procentuálně opět 4 %. Správnou variantou c. odpovědělo 94 respondentů a to je 92 % všech tázaných respondentů (viz Graf 23).



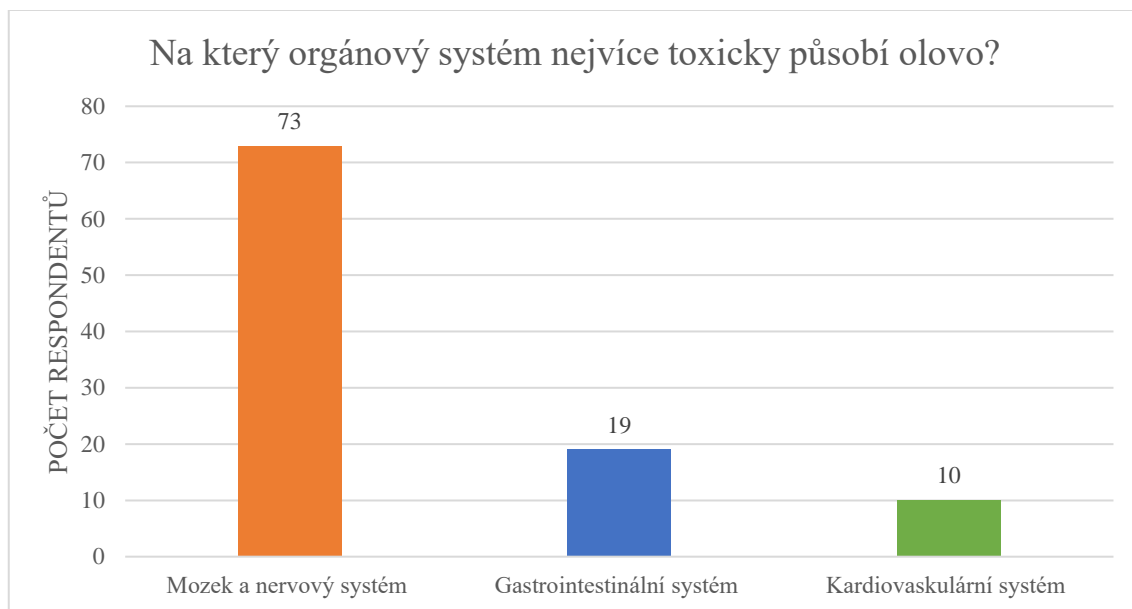
Graf 23: Grafické vyhodnocení otázky č. 22 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 23

Na který orgánový systém nejvíce toxicky působí olovo?

- a. **Mozek a nervový systém**
- b. Gastrointestinální systém
- c. Kardiovaskulární systém

Příznaky intoxikace olovem jsou těžko rozpoznatelné, ale obvyklým místem, kde se objevují první příznaky je především mozek a nervový systém, dále gastrointestinální systém. Jak bylo zmíněno v předchozí otázce, olovo je neurotoxická látka, která ovlivňuje mozek a nervovou soustavu. Dochází k demyelinizaci a degradaci axonu a porušují se nervově-svalové přenosy. Defekt centrálního nervového systému se může projevit encefalopatií (Bencko, 1995; Koolman, 2012). Správnou variantou a. odpovědělo 73 respondentů, to je 72 % tázaných respondentů. Variantu b. zvolilo 19 respondentů, což je 19 % a variantu c. zvolilo 10 respondentů a to je 9 % všech tázaných respondentů (viz Graf 24).



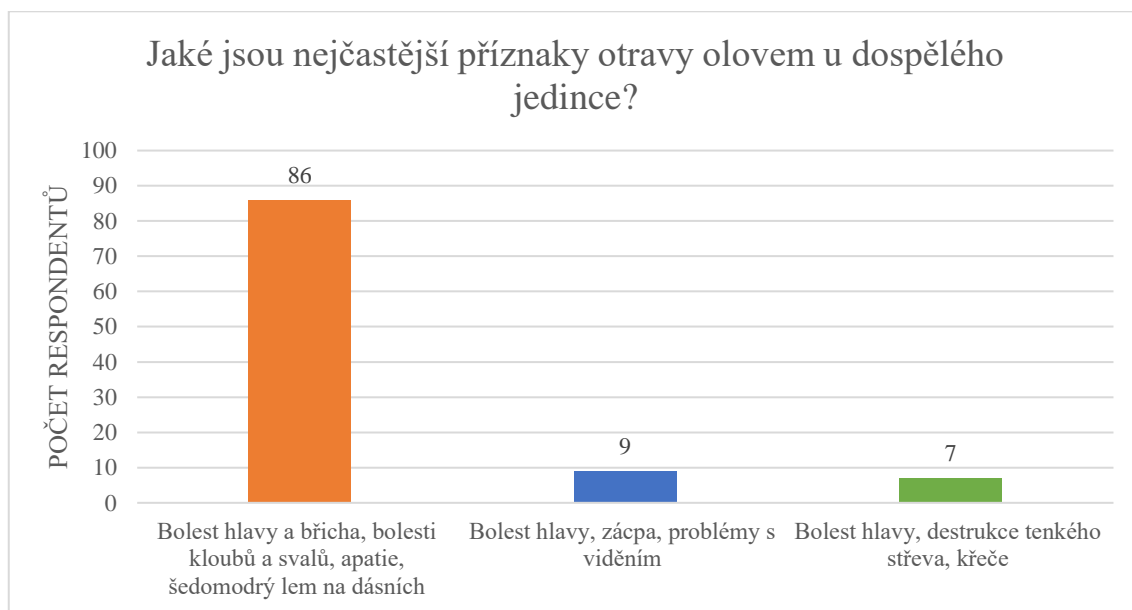
Graf 24: Grafické vyhodnocení otázky č. 23 (Zdroj vlastní).

### Otázka č. 24

Jaké jsou nejčastější příznaky otravy olovem u dospělého jedince?

- a. **Bolest hlavy a břicha, bolesti kloubů a svalů, apatie, šedomodrý lem na dásních**
- b. Bolest hlavy, zácpa, problémy s viděním
- c. Bolest hlavy, destrukce tenkého střeva, křeče

Klinický obraz intoxikace olovem je závislý na věku intoxikovaného jedince a je důležitá i úroveň expozice. V této otázce nebyla rozdělena akutní a chronická intoxikace olovem. Správnou variantou a. odpovědělo 86 respondentů neboli 84 %. Variantu b. zvolilo 9 respondentů, což je 9 % tázaných respondentů a variantu c. vybralo 7 respondentů a to je procentuálně 7 % (viz Graf 25).



Graf 25: Grafické vyhodnocení otázky č. 24 (Zdroj vlastní).



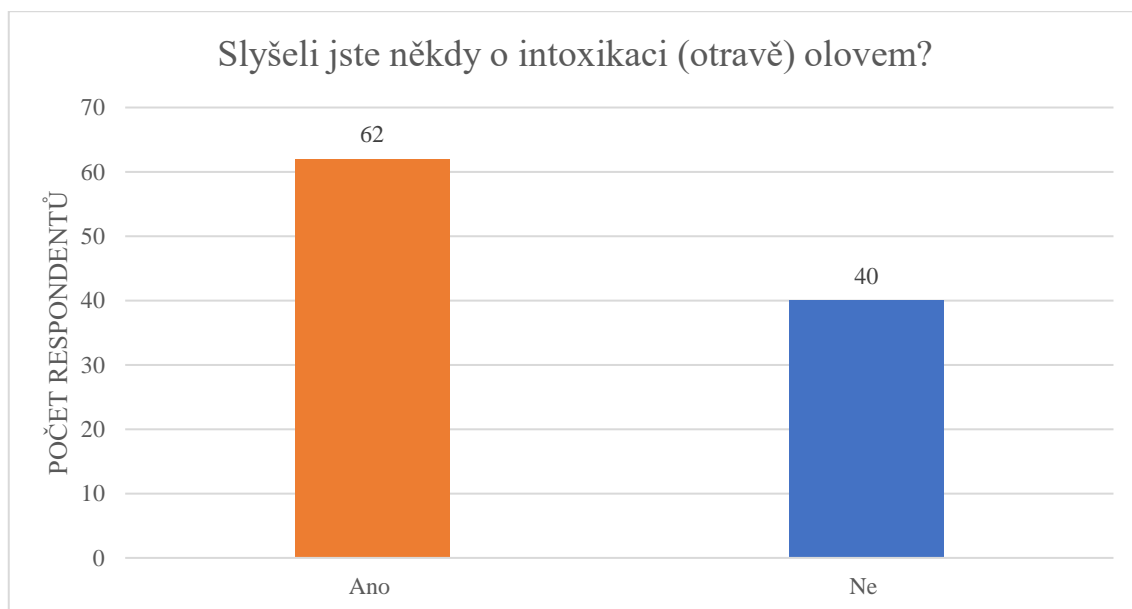
### Otázka č. 25

Slyšeli jste někdy o intoxikaci (otravě) olovem?

a. Ano

b. Ne

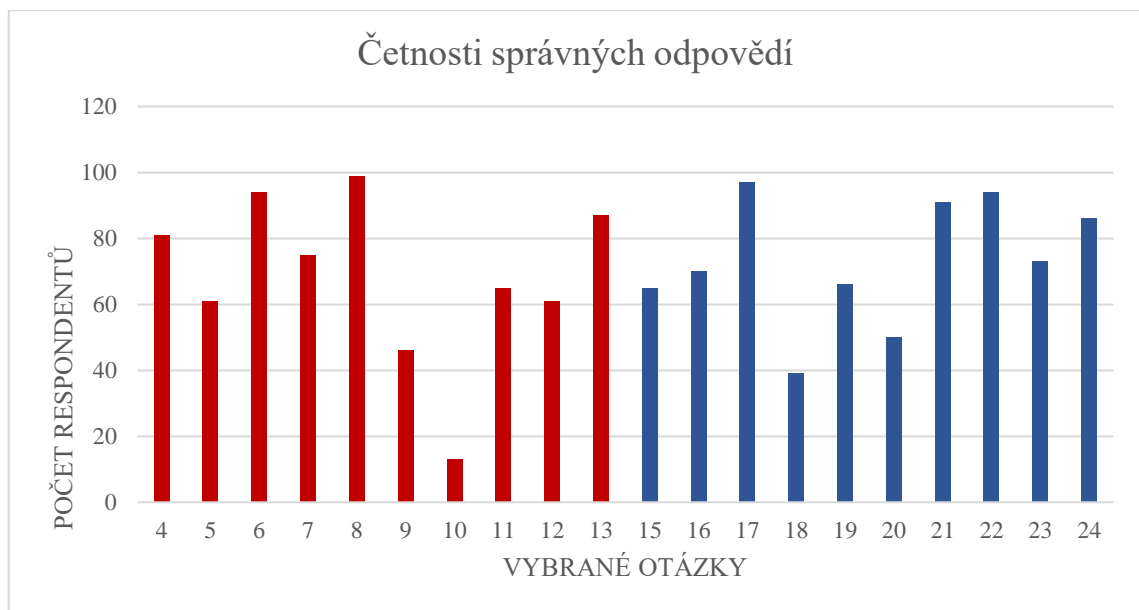
Otázka č. 25 se opět týkala přímo odpovídajících respondentů a jejich zkušeností s intoxikací olovem. Na variantu a. odpovědělo 62 respondentů, což je 61 % všech tázaných respondentů. Variantu b. vybralo 40 respondentů a to je 39 % všech tázaných (viz Graf 26). V 61 % odpovědí, že respondenti někdy slyšeli o intoxikaci olovem, se vyskytují všichni respondenti starší 35 let.



Graf 26: Grafické vyhodnocení otázky č. 25 (Zdroj vlastní).

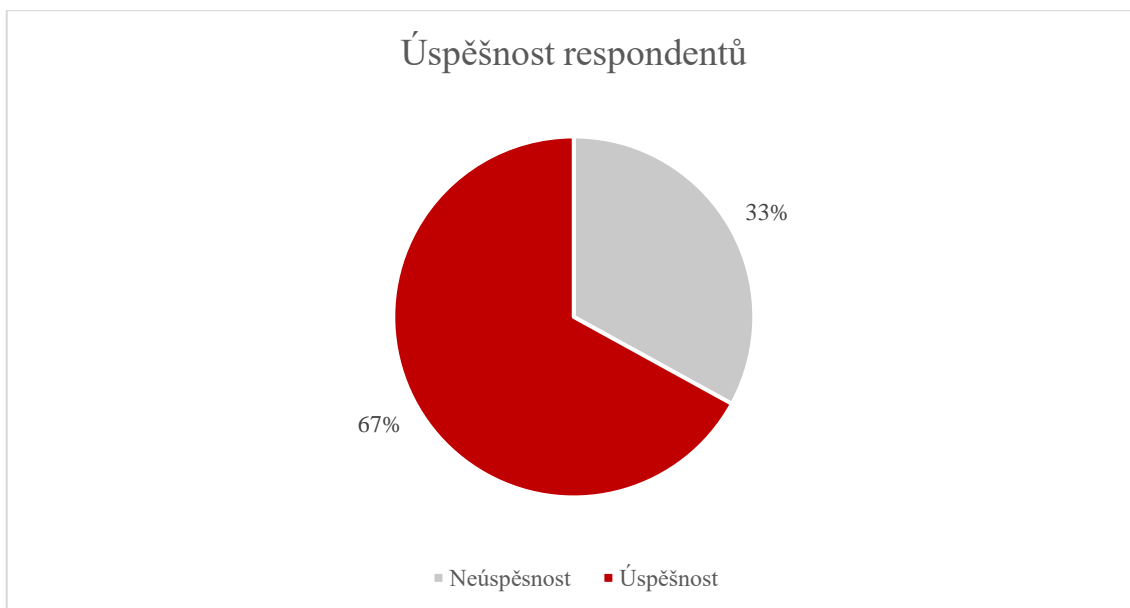
## 5. Analýza získaných dat

Nejprve byly jednotlivé otázky dotazníkové studie zpracovány a poté bodově a statisticky vyhodnoceny. V grafu 27 jsou uvedeny absolutní četnosti správných odpovědí vybraných otázek, které respondenti zodpovídali. Tmavě červená barva prezentuje první výzkumnou otázku a modrá barva představuje druhou výzkumnou otázku.



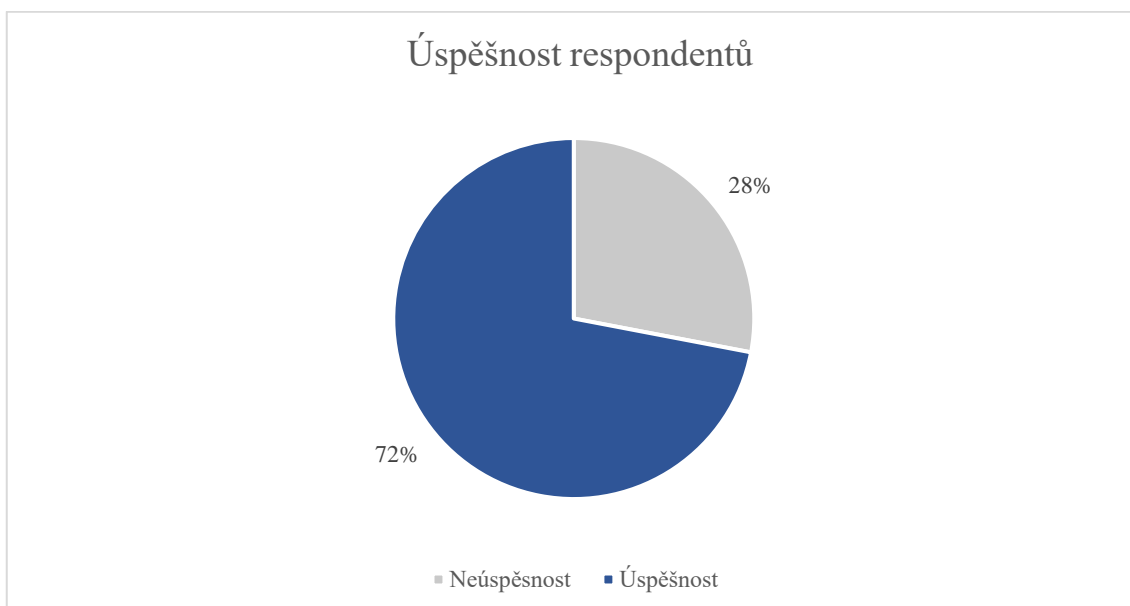
Graf 27: Absolutní četnosti správných odpovědí vybraných otázek (Zdroj vlastní).

První výzkumná otázka zněla „Jaká je informovanost laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí?“. Pomocí grafu 28, který ukazuje úspěšnost tázaných respondentů, lze vidět, že informovanost laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí je **67 %**. Informovanost laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí by se mohla považovat za uspokojující.



Graf 28: Úspěšnost respondentů u první výzkumné otázky (Zdroj vlastní).

Druhá výzkumná otázka zněla „Jaká je informovanost laické veřejnosti o toxických účincích olova?“. Pomocí grafu 29, který ukazuje úspěšnost tázaných respondentů, lze vidět, že informovanost laické veřejnosti o toxických účincích olova **je 72 %**. Informovanost laické veřejnosti o toxických účincích je dobrá. Informovanost o toxických účincích je o 5 % lepší než informovanost o dopadech olova na životní prostředí.



Graf 29: Úspěšnost respondentů u druhé výzkumné otázky (Zdroj vlastní).

Dále byla podrobněji zkoumána úspěšnost v dotazníkovém šetření. Byla vytvořena hodnotící škála, která nabývala hodnot {0, 1, 2, ..., 19, 20}. Hodnoty škály byly

nazvány body. Každá správně zodpovězená otázka představovala 1 bod. Uvedená škála byla rozdělena do úrovní, které reprezentovaly míru úspěšnosti respondenta. Tyto úrovně nabývaly hodnot {0,1,2,3,5}, kde hodnota 0 vyjadřovala absolutní neúspěšnost respondenta a hodnota 5 absolutní úspěšnost respondenta. Tato škála byla použita nejdříve pro všechny respondenty bez ohledu na pohlaví, poté byla použita jen na ženy a jen na muže. Výsledné absolutní četnosti ze všech tří popsanych případů shrnuje následující Tabulka XIII. Z této tabulky je vidět, že naprostá většina všech respondentů (62, což odpovídá 61 %) byla úspěšná aspoň v polovině zodpovídaných otázek. Tato většinová převaha zůstává zachována i v případě, kdy byla sledována obě pohlaví samostatně. Tuto skutečnost lze vidět i v grafu 30, grafu 31 a grafu 32, které bezprostředně následují.

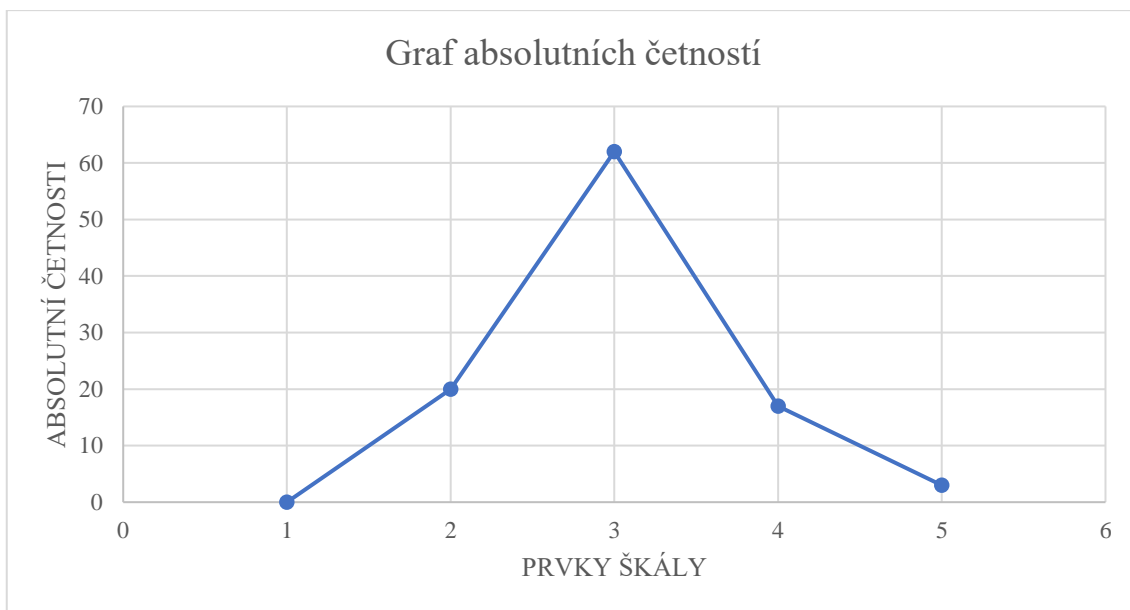
Tabulka XIII: Škálování.

ŠKÁLY	POČET BODŮ	RESPONDENTI		
		ŽENY	MUŽI	CELKEM
1	0-5	0	0	0
2	6-10	15	5	20
3	11-15	44	18	62
4	16-19	15	2	17
5	20	2	1	3

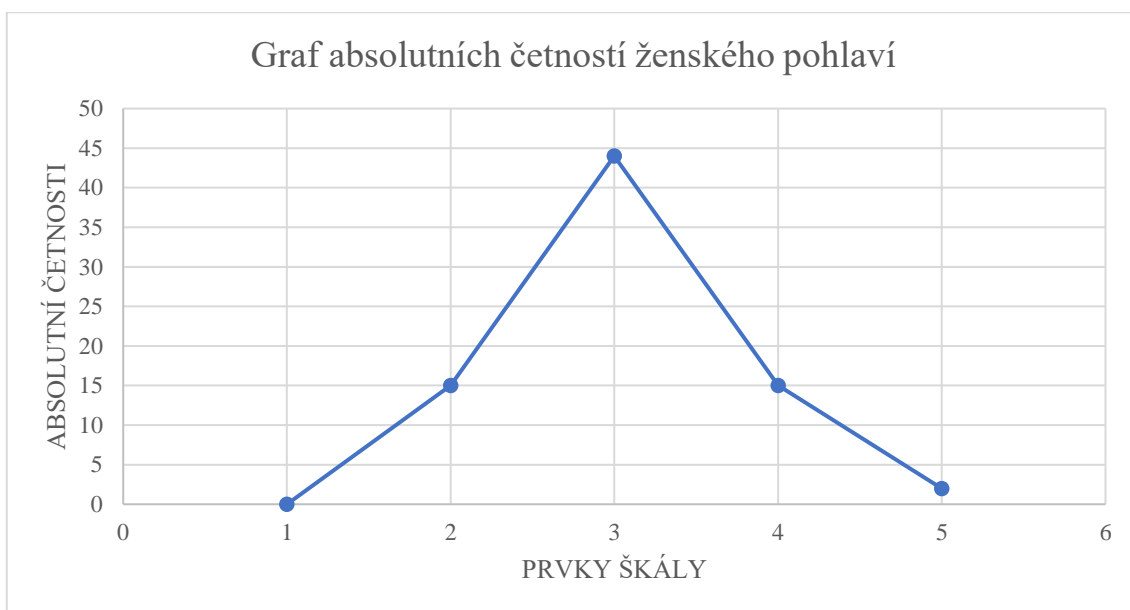
Zdroj: Vlastní.

### 5.1. Popisná statistika

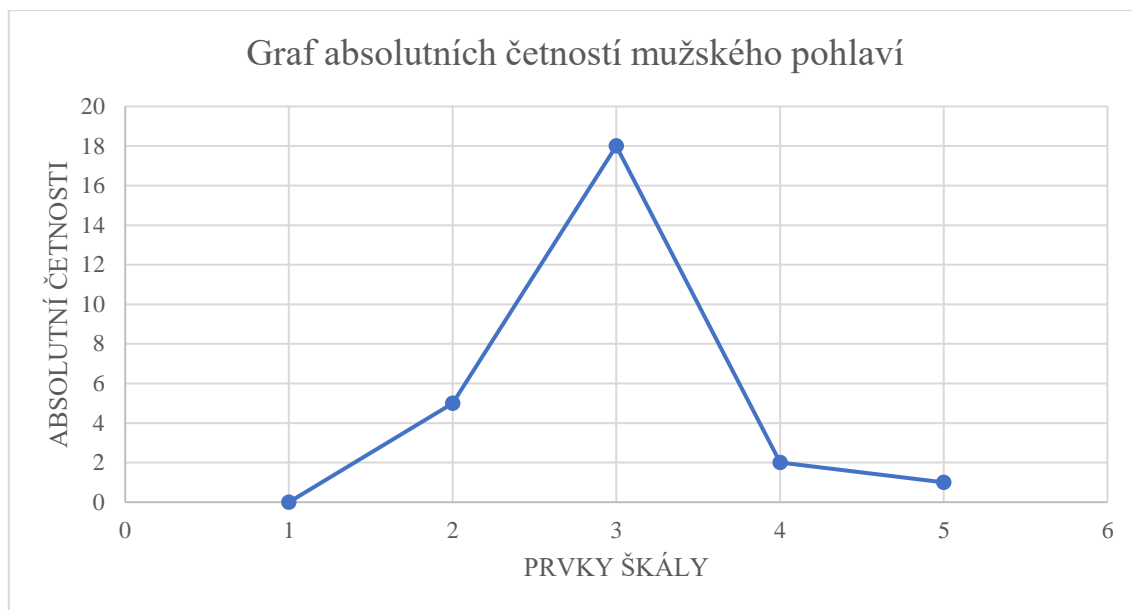
Právě získané hodnoty pomocí zavedené škály vykreslují následující tři grafy: graf 30, graf 31 a graf 32.



Graf 30: Graf absolutních četností z celkového počtu respondentů (Zdroj vlastní).



Graf 31: Graf absolutních četností z respondentů ženského pohlaví (Zdroj vlastní).



Graf 32: Graf absolutních četností z respondentů mužského pohlaví (Zdroj vlastní).

### 5.2. Analýza kontingenčních tabulek – Testy dobré shody

Testování statistických hypotéz se řídí následujícím konceptem. Stanovíme nulovou hypotézu  $H_0$ , což je nějaké tvrzení, o kterém rozhodujeme, zda je pravdivé či nikoli. Zvolíme hladinu významnosti  $\alpha$  z intervalu  $(0,1)$ , zpravidla se volí hodnota 0,05. Hladina významnosti  $\alpha$  je hodnota, která nám ukazuje, jak nepravděpodobný je výsledek za předpokladu, že nulová hypotéza neplatí. Dále je nutné stanovit alternativní hypotézu  $H_A$ , kterou považujeme za pravdivou v případě, že zamítneme  $H_0$ . Zvolíme vhodné testovací kritérium, které má za platnosti  $H_0$  známé rozdělení pravděpodobností (Lepš, 2016).

Vypočteme hodnotu testového kritéria pro data, která máme. O výsledku statistického testu lze rozhodnout pomocí tzv. p-value. P-value je číslo z intervalu  $(0,1)$ , které vyjadřuje pravděpodobnost, že za platnosti  $H_0$  dostaneme hodnotu testového kritéria, kterou máme nebo hodnotu ještě více odporující  $H_0$ . Vypočtenou hodnotu p-value porovnáváme s hladinou významnosti testu. Jestliže hodnota p-value je menší nebo rovna hladině významnosti  $\alpha$ , pak zamítáme  $H_0$  na hladině významnosti  $\alpha$  ve prospěch  $H_A$ . Jestliže je hodnota p-value ostře větší než hladina významnosti  $\alpha$ , pak  $H_0$  nelze zamítnout a lze říci, že je  $H_0$  je nejspíše pravdivá (Lepš, 2016).

Kontingenční tabulky jsou velmi efektivním nástrojem, jak popsat a analyzovat data kategoriálního typu. Umožňují testování různých statistických hypotéz. Pro závislosti mezi jednotlivými úrovněmi kategoriálních dat se používají testy dobré shody, zde

konkrétně byl využit Pearsonův  $\chi^2$  test, jehož testové kritérium má následující tvar (Lepš, 2016).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - \hat{f}_i)^2}{\hat{f}_i} = \sum_{i=1}^k \frac{(O - E)^2}{E},$$

kde  $k$  je celkový počet kategorií (v našem případě je to počet variant odpovědí a počet variant pohlaví),  $f_i$  je pozorovaná (observed) četnost,  $\hat{f}_i$  je očekávaná (expected) četnost v  $i$ -té kategorii (Lepš, 2016). V případě zamítnutí nulové hypotézy  $H_0$  byl pak vypočítán Cramérův koeficient kontingence, což je číslo z intervalu (0,1). Tento koeficient měří míru (sílu) závislosti pro dané dva zkoumané kategoriální znaky. Čím více je blízké 1, tím je vztah (potažmo závislost) silnější. Čím je hodnota bližší 0, tím je vztah slabší.

Z grafu 27 „Četnosti správných odpovědí“ vyplývá, že tázaní respondenti mají povědomí o základních informacích o olovu („otázka č. 4 – otázka č. 7“). Každá z vybraných otázek byla otestována, zda správnost odpovědí závisí na pohlaví tázaného jedince.

#### **Demonstrativní vzor otázka č. 4 – Co je to olovo?**

Následující kontingenční tabulka XIV. Zachycuje absolutní četnosti variant odpovědí na otázku č. 4.

Tabulka XIV: Absolutní četnosti odpovědí na otázku vybranou otázkou.

<b>POHLAVÍ/ODPOVĚDI</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>ŽENY</b>	14	56	6
<b>MUŽI</b>	1	25	0

Zdroj: Vlastní.

Z důvodu, že nás zajímá pouze správnost odpovědi, byla právě uvedená kontingenční Tabulka XIV zjednodušena do nové podoby. Sloupec, v němž se vyskytují správné odpovědi, zůstal zachován, avšak sloupec, v němž jsou zachyceny špatné odpovědi, vyjadřuje počet všech ostatních špatných odpovědí. Rozdělení četnosti podle pohlaví zůstává zachováno.

Tabulka XV: Absolutní četnosti špatných a správných variant na vybranou otázku.

<b>POHLAVÍ/ODPOVĚDI</b>	<b>A+C (špatné odpovědi)</b>	<b>B (správná odpověď)</b>
<b>ŽENY</b>	20	56
<b>MUŽI</b>	1	25

Zdroj: Vlastní.

Pearsonův  $\chi^2$  test je asymptotický (přibližný) test. Z tohoto důvodu je nutné provést kontrolu dat na dostatečně vysoké četnosti. Tato kontrola se provádí podle následujícího vzorce

$$p_i = \frac{(n_i) * (n_j)}{n}$$

Teoretická četnost  $p_i$  je určena jako podíl součinu i-tého řádkového součtu  $n_i$  s j-tým sloupcovým součtem  $n_j$  a celkového počtu  $n$ . Čísla  $p_i$  musí být větší než hodnota 5. Pokud je tato podmínka splněna pro všechny četnosti Tabulky XV, pak lze použít Pearsonův test. Jestliže je tato podmínka porušena, je nutné použít neparametrický Fisherův faktoriálový exaktní test (Mrkvička, 2006).

Teoretická četnost  $p_i$  pro Tabulku XV je ve všech případech větší než hodnota 5, a proto je kritérium pro použití  $\chi^2$  testu splněno.

Nulová hypotéza zní: Správnost odpovědi na danou otázku nezávisí na pohlaví respondenta.

Pomocí statistického softwaru R jsem spočítala  $\chi^2$  test, kde vyšla hladina významnosti  $\alpha = 0,03$ , a proto zamítám nulovou hypotézu  $H_0$ , protože zde existuje nějaká závislost pohlaví na správných odpovědích a pracuji s alternativní hypotézou  $H_A$ , která zní „Pohlaví respondentů závisí na správnosti odpovědí“. Dále jsem ve statistickém softwaru R spočítala sílu závislosti pomocí Cramérova koeficientu kontingence, které nabývá hodnot  $0 \leq V \leq 1$ . Čím blíže je 1, tím těsnější je závislost a čím blíže je 0, tím je závislost volnější.

$$V = \sqrt{\frac{K}{n(m-1)}}, \text{ kde } m = \min\{r, s\}$$

Výpočet pro Cramérův koeficient kontingence  $V$ , kde  $n$  je počet pozorování (respondenti),  $m$  je minimum z (počet řádků, počet sloupců) a  $K$  je výsledná hodnota  $\chi^2$  testu.



Význam hodnot Cramérova koeficientu kontingence:

0 až 0,1 ... zanedbatelná závislost,

0,1 až 0,3 ... slabá závislost,

0,3 až 0,7 ... střední závislost,

0,7 až 1 ... silná závislost (Lepš, 2016).

U otázky č. 4 vyšel Cramérův koeficient kontingence  $V = 0,214$ , tudíž hodnota je  $0 \leq 0,214 \leq 1$ , tzn. že je závislost zanedbatelná.

Každá následující vybraná otázka z dotazníkové šetření je uvedena v Tabulce XVI, kde je uveden použitý test, hladina významnosti  $\alpha$ , Cramérův koeficient kontingence a zda zamítám nebo nezamítám nulovou hypotézu  $H_0$ .

Tabulka XVI: Testy dobré shody pro vybrané otázky.

OTÁZKA	POUŽITÝ TEST	HLADINA VÝZNAMNOSTI	ZAMÍTÁM/NEZAMÍTÁM	CRAMÉRŮV KOEFICIENT
4	$\chi^2$	<b>0,030</b>	<b>zamítám</b>	<b>0,214</b>
5	$\chi^2$	<b>0,005</b>	<b>zamítám</b>	<b>0,278</b>
6	<i>Fisherův</i>	0,676	nezamítám	-
7	$\chi^2$	0,178	nezamítám	-
8	<i>Fisherův</i>	1,000	nezamítám	-
9	$\chi^2$	0,498	nezamítám	-
10	<i>Fisherův</i>	0,735	nezamítám	-
11	$\chi^2$	0,361	nezamítám	-
12	$\chi^2$	0,158	nezamítám	-
13	<i>Fisherův</i>	0,523	nezamítám	-
15	$\chi^2$	<b>0,004</b>	<b>zamítám</b>	<b>0,284</b>
16	$\chi^2$	0,251	nezamítám	-
17	<i>Fisherův</i>	0,325	nezamítám	-
18	$\chi^2$	1,000	nezamítám	-
19	$\chi^2$	<b>0,011</b>	<b>zamítám</b>	<b>0,251</b>
20	$\chi^2$	0,533	nezamítám	-
21	<i>Fisherův</i>	1,000	nezamítám	-
22	<i>Fisherův</i>	0,417	nezamítám	-
23	$\chi^2$	0,105	nezamítám	-
24	<i>Fisherův</i>	0,546	nezamítám	-

Zdroj: Vlastní.

Ve většině případů nezávisí správnost odpovědí v dotazníkovém šetření na pohlaví respondentů. V otázkách, ve kterých jsem zamítla nulovou hypotézu  $H_0$ , jsem spočítala i sílu závislosti pomocí Cramérova koeficientu kontingence. U otázek č. 4, 5, 15 a 20, kde se počítala síla závislosti, je závislost mezi pohlavím respondentů a správností odpovědí zanedbatelná.

## **6. Diskuse**

### **6.1. Teoretická část**

Cílem teoretické části mé diplomové práce bylo charakterizovat olovo, jeho vlastnosti, výskyt, dopady na životní prostředí a toxické účinky na zdraví člověka. Uvedla jsem také charakteristiku ostatních toxických těžkých kovů hned v úvodu této diplomové práce a postupně jsem navázala na problematiku olova. V teoretické části této diplomové práce jsou zmíněny i imisní a emisní limity toxických těžkých kovů a jejich toxicita v lidském těle. U olova jsem se zaměřila na jeho charakteristiku, historii, dále jsou zmíněna pravidla pro zacházení s NCHL a bezpečnost práce, kontaminace životního prostředí olovem a také toxické účinky olova, diagnostika a terapie intoxikace olovem.

Téma „Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek“ jsem si vybrala, protože mě tato problematika zajímá. V současné době mají emise toxických těžkých kovů v České republice setrvalý pokles, ale to neznamená, že to stále není velký problém. I když jsou od minulého století zakázané olovnaté barvy i tetraethylolovo jako antidetonační přísada do benzínu, stále tyto složky hrají důležitou roli, protože jsou zdrojem znečištění životního prostředí. Jelikož momentálně pracuji ve zdravotnictví na pozici zdravotního laboranta, je mi blízký i toxický účinek olova. Důležité jsou nejen jeho toxické účinky na lidský organismus, ale i diagnostika intoxikace olovem a její terapie. Dnes se intoxikace olovem vyskytují jen ojediněle, ale jsou to závažné stavy, které ohrožují lidský život.

### **6.2. Výzkumná část**

Cílem praktické části mé diplomové práce bylo analyzovat data z dotazníkového šetření o povědomí laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí a jeho toxických účincích. Zajímala jsem se právě o povědomí laické veřejnosti, protože o olovu jako o kontaminantu životního prostředí je nízké povědomí, a to platí i pro jeho toxické účinky na lidský organismus. Zvolila jsem kvantitativní výzkum – dotazníkovou studii a v ní jsem se zaměřila na základní poznatky o olovu jako o prvku, dále jsem se zaměřila na životní prostředí a také na toxické účinky na lidský organismus. Dotazníková studie byla složena ze tří otázek, které se týkaly pohlaví, věku a dosaženého vzdělání respondentů, dále dvacet uzavřených otázek s jedinou správnou odpovědí a dvou

otázek, které byly zaměřeny na informovanost respondentů o kontaminaci životního prostředí olovem a o intoxikaci olovem.

V první části dotazníkového šetření, „otázka č. 4 – otázka č. 7“, která se zabývala olovem jako prvkem a jeho vlastnostmi a výskytem, byla největší chybovost v otázce č. 5, která se zabývala vlastnostmi olova. Zde 35 % respondentů volilo variantu, že olovo je měkký, stříbrný a lehce tavitelný kov. Zdá se, že tato formulace odpovědi byla nevhodně vybraná, ale týkala se jiného toxického kovu, a to kadmia. I když byla u této otázky největší chybovost, stále u tázaných respondentů převyšovalo 60 % správných odpovědí. V dalších otázkách se opět správné odpovědi pohybovaly nad hranicí 60 % správných odpovědí. V otázce č. 6, která se zabývala využitím olova, přesahovaly správné odpovědi tázaných respondentů hranici 90 %. U pár dotazníkových šetřeních jsem se také u této otázky setkala s připsanými poznámkami, které oznamovaly, že barvy na bázi olova jsou zakázány a již se nesmějí používat.

V druhé části dotazníkového šetření, „otázka č. 8 – otázka č. 14“, která se zabývala olovem jako kontaminantem životního prostředí a legislativní úpravou problematiky olova v České republice, byla největší chybovost v otázce 10, která se týkala nejhorších důsledků znečištění životního prostředí olovem. Na tuto otázku odpovědělo správně pouze 13 % tázaných respondentů. Odpovědi v této otázce byly poskládány tak, aby na sebe důsledky navazovaly. Tázaní respondenti v této otázce spíše volili jednotlivé kroky než konečný nejhorší důsledek kontaminace. Další otázkou, ve které tázaní respondenti chybovali, byla otázka č. 9, jež se zabývala zdroji kontaminace. Tázaní respondenti v 47 % zvolili variantu, která obsahovala chemický průmysl, a to pravděpodobně z toho důvodu, že olovo se v chemickém průmyslu hojně využívá, jelikož odolává kyselině sírové. Jen o 2 % méně tázaných respondentů zvolilo správnou variantu, která obsahovala úpravny rud, pigmenty barev, zemědělství a automobilový průmysl. Přitom olovo bylo obsaženo v olovnatých barvách, než byly legislativně zakázány, ale pořád je lze nalézt na různých stavebních konstrukcích. Automobilový průmysl je dalším velkým kontaminantem životního prostředí, a to nejenom v tom, že se využívají olovené akumulátory do automobilů, ale i v tom, že v minulém století se využívalo tetraethylolovo jako antidetonační přísada do benzinů. Jelikož v odpovědích otázky č. 9 bylo použito několik zdrojů dohromady a chemický průmysl byl ve větě nevhodně uveden jako první, bylo by zajímavé, co by udělala změna pořadí a jak by mohla ovlivnit četnosti odpovědí.

Pokud se vrátím k legislativnímu ošetření problematiky olova v České republice tak mezi nejdůležitější zákony, vyhlášky a nařízení, jež se týkají olova, patří zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, dále zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon) a poté nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Dále se jedná o vyhlášku č. 107/2013 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli a ještě nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí.

První výzkumná otázka zněla „Jaká je informovanost laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí?“ Jelikož jsem si zvolila hodnocení z četností, tak odpověď na tuto výzkumnou otázku zní, že informovanost laické veřejnosti je 67 % a tato informovanost je uspokojivá.

V třetí a poslední části dotazníkového šetření, „otázka č. 15 – otázka č. 25“, jsem se zaměřila na toxické vlastnosti olova, transport a ukládání olova v lidském organismu a příznaky intoxikace lidského organismu olovem. Největší chybovost ukázala otázka č. 18, kterou jsem se ptala na vstřebávání olova do organismu u dospělého jedince. Na tuto otázku odpovědělo správně pouhých 38 % tázaných respondentů, jelikož respondenti volili jako správnou variantu, že olovo se nejčastěji vstřebává u dospělého jedince přes gastrointestinální systém. Bohužel tomu tak je u dětí, které mohou olovo častěji přijímat perorálně. V této části dělala problém i otázka č. 20, která se týkala záměny olova s jiným prvkem v lidském organismu. Tázaní respondenti zvolili v 44 %, že olovo se zaměňuje s železem, ale v živém organismu je olovo antagonistou vápníku, a proto se olovo ukládá převážně v kostech a zubech, kde je jeho biologický poločas rozpadu 17-27 let.

Druhá výzkumná otázka zněla „Jaká je informovanost laické veřejnosti o toxických účincích olova?“ Opět jsem použila hodnocení četností a výsledkem je, že informovanost laické veřejnosti o toxických účincích olova je 72 %, což je dobrá úspěšnost.

Zajímala jsem se i o správnost odpovědí v závislosti na pohlaví respondentů, proto pomocí statistického softwaru byla u vybraných otázek, u kterých jsem zamítala nulovou hypotézu  $H_0$ , spočítána i síla závislosti pomocí Cramérova koeficientu kontingence, kde mi vyšlo, že závislost správnosti odpovědí na pohlaví respondentů je zanedbatelná.

## 7. Závěr

Tato diplomová práce se zabývala tématem „Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek.“ Cílem teoretické části diplomové práce byla charakteristika olova, jeho vlastnosti, výskyt, dopady na životní prostředí a toxické účinky na zdraví člověka.

V minulém století bývalo olovo často využíváno jako přísada do barev a nátěrů, případně v konstrukcích vodovodních rozvodů, než byla jeho problematika legislativně ošetřena. Největším problémem pro životní prostředí bylo využívání tetraethylolova jako antidetonační přísady do benzínu. Olovo je využíváno i v elektrochemii. Nyní se olovo využívá při výrobě střeliva, které používají myslivci, sportovní střelci i bezpečnostní složky státu. Dále je olovo využíváno v lékařství, kde slouží společně v kombinaci s různými zpevňujícími a přídavnými materiály jako ochranný prostředek před rentgenovým a gama zářením.

Ve výzkumné části diplomové práce jsem vyhodnotila dotazníkové šetření. Dalším cílem diplomové práce byla analýza dat z dotazníkového šetření o povědomí laické veřejnosti o dopadech olova na životní prostředí a jeho toxických účincích. Pro splnění tohoto cíle jsem stanovila dvě výzkumné otázky. Z odpovědí na obě výzkumné otázky jsem došla k závěru, že informovanost laické veřejnosti o olovu je uspokojivá až dobrá.

V dnešní době lidé získávají informace především pomocí sdělovacích prostředků, ale je velmi důležité vzbuzovat v lidech zájem o získávání nových informací a o vzdělávání za pomoci celoživotního studia, např. i studia Univerzit třetího věku. Kontaminace životního prostředí olovem je stále téma, na které by se nemělo zapomínat. A i když intoxikace olovem je spíše výjimečná diagnóza, jde o závažný stav, který ohrožuje zdraví a život dětí i dospělých. Proto je důležité, aby se lidé zajímali o své okolí, o životní prostředí, o to, v čem a jak žijí a dovedli na případné nedostatky upozornit, nebo se je snažit řešit a vyřešit a pomoci tak dalším generacím žít kvalitní život na naší planetě.

## 8. Použitá literatura

1. ALLOWAY, B. J. *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and metalloids in soils and their bioavailability*. Third Edition. Springer Science & Business Media. 2012. ISBN 978-94-007-4470-7.
2. ARNDT, Tomáš. *Měď*. Celostní medicína. [online] 21. 8. 2008. [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.celostnimediceina.cz/med.htm>.
3. BEDNAŘÍK, J., AMBLER Z., RŮŽIČKA E. *Klinická neurologie*. 1. vyd., Praha: Triton, 2010. ISBN 978-807-3873-899.
4. BENCKO V., CIKRT M, LENER J. *Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka*. Praha: Avicenum, 1984. 263s.
5. BENCKO, Vladimír, Miroslav CIKRT a Jaroslav LENER. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. Grada Publishing, spol. s r. o., 1995, 288 s. ISBN 80-7169-150-X.
6. BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 1, Obsahy, akumulace a kritéria hodnocení prvků v zemědělských půdách*. Praha: Agrospoj, 1993. 88 s. ISBN 80-7084-051-X.
7. BENEŠ, S. *Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Část 2, Vstupy prvků do půd zvětráváním hornin, atmosférickými spady, aplikací hnojiv a ostatních surovin ve srovnání s výstupy erozních činností, podzemními vodami a sklizní zemědělských plodin*. Praha: Agrospoj, 1994. 159 s. ISBN 80-7084-090-0.
8. BEOUGHTON K., METCALFE S., WHYATT D. *Developing the Hull Acid Rain Model: Its validation and implications for policy makers*. February 2001. Environmental Science & Policy 4 (1):25-37. [online]. 2001 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/248516043\\_Developing\\_the\\_Hull\\_Acid\\_Rain\\_Model\\_Its\\_validation\\_and\\_implications\\_for\\_policy\\_makers](https://www.researchgate.net/publication/248516043_Developing_the_Hull_Acid_Rain_Model_Its_validation_and_implications_for_policy_makers).
9. BINGHAM, Eula a Barbara COHRSEN, ed. *Patty's toxicology*. 6th ed. Hoboken: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-41081-3.
10. BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.



11. BRESSLER J. P, GOLDSTEIN G. W. *Mechanisms of lead neurotoxicity*. *Biochem. Pharmacol. J.* 1991;41(4):479–484.
12. BRZEZINA, Jáchym. *Imisní limity – co znamenají a jak je interpretovat*. Česká hydrometeorologický ústav. [online] 23. 8. 2018. [citace: 2022-11-04]. Dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2018/08/23/imisni-limity-co-znamenaji-a-jak-je-interpretovat/>.
13. CASAS J. S., SORDO J. *Lead: Chemistry, Analytical Aspects, Environmental Impact and Health Effects*. Elsevier Science, 1st edition. 2006. ISBN 978-0444529459.
14. CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. ISBN 80-200-0401-7.
15. CÍDLOVÁ H., MOKRÁ Z., VALOVÁ B. *Obecná chemie*. Masarykova univerzita. Pedagogická fakulta. [online] Brno. 2018. [cit. 2021-09-18]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js18/obecna\\_chemie/web/skripta/Obecna-chemie.pdf](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/js18/obecna_chemie/web/skripta/Obecna-chemie.pdf).
16. CÍSAŘ, Václav. *Člověk a životní prostředí*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1987. Praktické příručky pro učitele. 263s.
17. COCKERHAM L. G., SHANE B. S.: *Basic Environmental Toxicology*. Lewis Publishers, Boca Raton. 1994, 640 s. ISBN 9780367449704.
18. DiMAIO D., DiMAIO V. J. M. *Forensic Pathology*. 2nd edition. CRC Press. ISBN 978-0849300721.
19. DUFFUS, John. *"Heavy metals" a meaningless term?* (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* [online]. 2002, 74(5) [cit. 2022-03-25]. DOI: 10.1351/pac200274050793. ISSN 1365-3075. Dostupné z: <http://publications.iupac.org/pac/2002/pdf/7405x0793.pdf>.
20. FRANCIS B. M. *Toxic Substances in the Environment*. 1st edition. Environmental Science and Technology. A Wiley-Interscience Series. New York, 1993. ISBN 978-0471507819.
21. FRIBWEG L., NORGBERG G. F., VOUK V. B. *Handbook on the Toxicology of Metals*. Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam, New York, Oxford. 1986. ISBN 98-0-444-594532-2.

22. GIDLOW DA. *Lead toxicity*. Occupational Medicine (Lond). 2015; 65: 348–356. PMID: 26644446.
23. GRAFICKÁ ROČENKA, 2013. Znečištění ovzduší na území České republiky. Český hydrometeorologický ústav. [online] 2013. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IV6\\_TK\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IV6_TK_CZ.html).
24. GRAFICKÁ ROČENKA, 2020. Znečištění ovzduší na území České republiky. Český hydrometeorologický ústav. [online] 2020. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20\\_04\\_6\\_tezke\\_kovy\\_v3.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_04_6_tezke_kovy_v3.pdf).
25. HÁJKOVÁ Jana. Těžké kovy v životním prostředí a jejich vliv na lidský organismus. Celostní medicína. [online]. 2006 [cit. 2022-02-24]. Dostupný z: <https://www.celostnimedicina.cz/tezke-kovy-v-zivotnim-prostredi-a-jejich-vliv-na-lidsky-organismus.htm>.
26. HARTE J., HOLDREN Ch., SCHNEIDER R., SJIRLEY Ch. *Toxic A to Z*. First edition. University of California Press, Berkeley. 1991. 576 s. ISBN 9780520072244.
27. HERNBERG S. *Lead poisoning in a historical perspective*. American journal of industrial medicine vol. 38,3 (2000): 244-54. [online] PMID 10940962. [cit. 2021-09-17]. Dostupné z: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0274\(200009\)38:3%3C244::AID-AJIM3%3E3.0.CO;2-F](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0274(200009)38:3%3C244::AID-AJIM3%3E3.0.CO;2-F).
28. HOGAN, M. C. *Heavy metal*. The Encyclopedia of Earth. [online] 2010, aktualiz. 12. září 2011 [cit. 2022-09-19]. Dostupné z: <http://www.eoearth.org/view/article/153463/>.
29. HOLOUBEK, I. RECETOX: Materiály ke stažení: *Chemie životního prostředí I. - IV*. [online]. 2006 [cit. 2022-02-20]. Dostupný z: <http://www.recetox.muni.cz/index.php?s=studium&f=download>.
30. IVA VFU. *Otravy savců kovy: Olovo*. IVA VFU Brno. [online]. 2017 [cit. 2022-02-24]. Dostupný z: [https://www.vfu.cz/files/2390\\_59\\_vystup\\_olovo.pdf](https://www.vfu.cz/files/2390_59_vystup_olovo.pdf).
31. JACOBS, David E. Lead. BINGHAM, Eula a Barbara COHRSEN. *Patty's Toxicology* [online]. 6. John Wiley & Sons, 2012, [cit. 2022-02-11]. ISBN 978-1-62198-026-1.
32. JADHAV S.H, SARKAR S.N, PATIL R.D, TRIPATHI H.C. *Effects of subchronic exposure via drinking water to a mixture of eight water contaminating metals: A*

- biochemical and histopathological study in male rats*. Arch. Environ. Con. Toxicol. 2007;53(4):667–677.
33. KAFKA Z., KURAO M.: *Encyclopedia of Environmental Control Technology*, sv. 10. *Heavy Metals in Soils Contaminated from Different Sources* (Cheremisinoff P. N., ed.), kap. 6, str. 175. Gulf Publ. Comp., Houston 1997.
34. KAFKA Z., PUNČOCHÁŘOVÁ J. Chemické listy. *Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita*. 96, 2002, 611-617.
35. KÁKOSY T, SOÓS G. *Egy örökifjú civilizációs ártalom: az ólommérgezés [An undying civilization damage: lead poisoning]*. Orv Hetil. 1995 May 21;136(21):1091-7. Hungarian. PMID: 7539117. [online] [cit. 2021-09-17]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7539117/>.
36. KALAČ P., BURDA J., STAŠKOVÁ I. *Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of lead smelter*. June 1991. Sci. Total Environ., Volume 105: 109-119.
37. KANNAMPILLY Ammu. *Leaded petrol runs out of gas, century after first warnings: UN*. Phys.org. [online] 30. 8. 2021. [citace: 2021-11-04]. Dostupné z: <https://phys.org/news/2021-08-petrol-gas-century.html>.
38. KENŠOVÁ, R., et al., 2014. *Působení kadmia na živé organismy*. Journal of Metallomics and Nanotechnologies. Mendelova univerzita v Brně. 3(1), 32-34. ISSN 2336-3940. [citace: 2021-11-04]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_239\\_nanotech/J\\_Met\\_Nano/0314/pdf/jmn3-08.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/J_Met_Nano/0314/pdf/jmn3-08.pdf).
39. KLASSEN C. D. *Casarett and Doull's Toxicology*. 5th ed. Mc Graw-Hill Comp., Health Professions Division, New York, 1996. ISBN 9780071054768.
40. KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.
41. KOTINGEROVÁ, Lenka. *Vybrané chemické noxy, které mohou vyvolat poškození zdraví pracujících*. [online]. 2010 [cit. 2022-02-22]. Dostupný z: [www.lfhk.cuni.cz/hygiena/Ko-Vybranechemnoxy.ppt](http://www.lfhk.cuni.cz/hygiena/Ko-Vybranechemnoxy.ppt).
42. KOŽÍŠEK F., NEŠPŮRKOVÁ L., GARI D. W., POMYKAČOVÁ I., TOMÁŠKOVÁ H., NĚMCOVÁ V. *Olovo a pitná voda: situace v České republice*. Časopis Vodní

- hospodářství 1/2008, ročník 58. 2008. [online] [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2008/vh01-2008.pdf>.
43. LEE, D.H.K. *Metallic Contaminants and Human Health*. Academic Press, New York and London. 1972. 241 s. ISBN 978-0124406605.
44. LEHR J. H., KEELEY J., LEHR J. *Lead and Its Health Effect*. Water Encyclopedia [online]. John Wiley & Sons, 2005. [cit. 2022-02-11]. ISBN 978-1-60119-151-9.
45. LEPŠ, Jan a Petr ŠMILAUER. *Biostatistika*. České Budějovice: Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 2016. ISBN 978-80-7394-587-9.
46. LOUČKA, Tomáš. *Chemie životního prostředí*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-751-7.
47. MAKOVNÍKOVÁ, J., G. BARANČÍKOVÁ, P. DLAPA a K. DERCOVÁ. *Anorganické kontaminanty v půdnom ekosystéme*. Chemické listy. 2006, č. 100, s. 424-432.
48. MAREŠOVÁ Věra. *Ekotoxikologie. Kovy. Průmyslové látky*. Ústav soudního lékařství a toxikologie. [online]. 2015. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/6943045-Ekotoxikologie-kovy-prumyslove-latky-ing-vera-maresova-csc-ustav-soudniho-lekarstvi-a-toxikologie-vera-maresova-lf1-cuni-cz.html>.
49. MAYO CLINIC Staff. *Lead poisoning*. Mayo Clinic. [online] 2019. [cit. 2021-12-15]. Dostupné z: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/lead-poisoning/symptoms-causes/syc-20354717>.
50. MERTL J., MYŠKOVÁ T., PERNICOVÁ H., POKORNÝ J., PONOCNÁ T., ROLLEROVÁ M., VLČKOVÁ V. Zpráva o životním prostředí České republiky 2016. © Ministerstvo životního prostředí, Praha. CENIA, česká informační agentura životního prostředí. str. 42, ISBN 978-80-87770-29-0.
51. MILLER, D. R., ROBINSON, C. A.: *Atmospheric Transport of Chemicals*. In *Ecotoxicology and Climate*. Scope 38, P. Bourdeau, J. A. Haines, W. Klein, C. R. Krishna Murti (Eds.), John Wiley and Sons, Chichester, 1988, 41-49.
52. Ministerstvo zemědělství. *Ochrana vody. Životní prostředí*. [online] 2022. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/>.
53. Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Definice půdy*. [online]. 2008 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z:

[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice\\_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice\\_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf).

54. MORAVEC, Zdeněk. Metallo-organic CVD. [online] © 2022. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <http://z-moravec.net/chemie/cvd/metallo%E2%80%93organic-cvd/>.
55. MRKVIČKA, Tomáš a Vladimíra PETRÁŠKOVÁ. *Úvod do statistiky*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2006. ISBN 80-7040-894-4.
56. NAGAJYOTI, P., K. LEE a T. SREEKANTH. *Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review*. Environ Chem Lett [online]. 2010, 8(3), 199-216 [cit. 2022-02-26]. DOI: 10.1007/s10311-010-0297-8. ISSN 1610-3661. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/4b58/69efa09c29332b2f742ee236140dcc2ede0f.pdf>.
57. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 2015, částka 166, ISSN 1211-1244.
58. NAVRÁTIL T., ROHOVEC J. *Těžká minulost jednoho z těžkých kovů*. Časopis Vesmír 85, 518. 14. 9. 2006. [online] [cit. 2021-09-21]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2006/cislo-9/olovo.html>.
59. NURNBERG H. W. *Pollutants and Their Ecotoxicological Significance*. A Wiley-Interscience publication, New York. 1985. 515 s. ISBN 9780471905097.
60. PALEČEK, Jaroslav, Igor LINHART a Josef HORÁK. *Toxikologie a bezpečnost práce v chemii*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-266-9.
61. PATOČKA, Jiří. *Základy toxikologie. Toxikologie II. Doplnkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu „Ochrana obyvatelstva“*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. [online] České Budějovice 2007. [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: [https://www.zsf.jcu.cz/cs/ustavy/ustav-radiologie-toxikologie-a-ochrany-obyvatelstva/informace-pro-studenty/ucebni-texty/obec\\_toxi](https://www.zsf.jcu.cz/cs/ustavy/ustav-radiologie-toxikologie-a-ochrany-obyvatelstva/informace-pro-studenty/ucebni-texty/obec_toxi).
62. PELCLOVÁ, Daniela. *Nejčastější otravy a jejich terapie*. 2., dopl. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-603-8.

63. POURRET Olivier; BOLLINGER Jean-Claude; HURSTHOUSE Andrew. *Heavy metal: a misused term?*. Acta Geochemica. 40: 466-471. 2021. doi : 10.1007/s11631-021-00468-0.
64. RACEK J., Rajdl D. et al. *Klinická biochemie*. 3., přepracované a rozšířené vydání. Praha: Galén, 2021. ISBN 978-80-7492-545-0.
65. RACEK, Jaroslav. *Klinická biochemie*. 2., přepracované vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-324-9.
66. RACLAVSKÁ, H. *Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1998. 111 s. ISBN 80-7078-508-X.
67. RIEUWERTS J., FARAGO M., CIKRT M., BENCKO V. *Heavy metal concentrations in and around households near a secondary lead smelter*. Environ. Monitor. Assess. 1999. 58: 317- 335.
68. RICHTER Rostislav. *Těžké kovy v půdě*. Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně. [online] 28. 1. 2004. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/agrochemie\\_pudy/puda\\_tk.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm).
69. ŘEHŮČKOVÁ I., RUPRICH J., VYSLOUŽILOVÁ M., ŘEHÁKOVÁ J., HORNOVÁ J., KAVŘÍK R., NEVRLÁ J. *Co také ovlivňuje výkon národa? Jak jsme na tom s expozicí olovu a jódu*. Státní zdravotní ústav. Centrum zdraví, výživy a potravin. [online]. 2018 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/CZVP/3\\_Olovo\\_jod.pdf](http://www.szu.cz/uploads/CZVP/3_Olovo_jod.pdf).
70. Science Notes and Projects. Periodic Table of the Elements. [online] © 2022. [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://sciencenotes.org/periodic-table-without-names/>.
71. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Úř. věst. L 327, 22. 12. 2000, s. 1-73. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32000L0060>.
72. SRIVASTAVA S.; GOYAL P. *Novel Biomaterials: Decontamination of Toxic Metals from Wastewater*. Springer-Verlag. 2010. ISBN 978-3-642-11329-1.
73. STARÝ J., KAVINA P., VANĚČEK M., SITENSKÝ I. *Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny*. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2005. ISBN 80-7212-352-1.

74. SUCHAROVÁ J., SUCHARA I., REIMANN C., BOYD R. (2010). *Distribution of Elements in Chosen Compartments of Coniferous Forest in the Czech Republic*. Heavy metals in the environment. Selected Papers from the ICHMET-15 Conference, Maralte BV Publ., p. 253–270.
75. ŠRÁMEK, Vratislav a Ludvík KOSINA. *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: Fin, 1996. ISBN 80-7182-003-2.
76. ŠTEFÁNĚK, Jiří. *Otrava olovem*. Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK. [online] 2011. [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/otrava-olovem>.
77. TIS. *Toxikologické informační středisko*. Klinika pracovního lékařství VFN a 1. LF UK. [online] 2021. [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.tis-cz.cz/>.
78. TREMLOVÁ J., SZÁKOVÁ J., TLUSTOŠ P. *Hodnocení možného vlivu rizikových prvků obsažených v půdě na organismus člověka*. Chemické lity. 2010. č. 104, s. 349-352.
79. TYROLER, H. A.: In: Victory, W. (Ed.): *Symposium on Lead-Blood Pressure Relationship*, Marcel Dekker Inc. 1990, s. 258-265.
80. UNCTAD. Multi-Year Expert Meeting on Commodities and Development 2013. *Review and outlook for Copper, Nickel, Lead and Zinc*. [online]. Geneva, Switzerland. [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: [https://unctad.org/system/files/non-official-document/SUC\\_MYEM2013\\_20032013\\_Don%20SMALE.pdf](https://unctad.org/system/files/non-official-document/SUC_MYEM2013_20032013_Don%20SMALE.pdf).
81. VÍDEN, Ivan: *Chemie ovzduší*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha 2005. ISBN 80-7080-571-4.
82. VLČEK, Kamil. *Otrava olovem – editorial*. Klinika pracovního lékařství 1. LF UK a VFN Praha. Časopis Vnitřní lékařství 62 (2), 95-99 [online]. 2016 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2016/02/04.pdf>.
83. VRZAL, Radim. *Základy toxikologie*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 137 s. ISBN 978-80-244-4103-0.
84. Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 2016, částka 59, ISSN 1211-1244.

85. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 17. 5. 2004, částka 82, ISSN 1211-1244.
86. Vyhláška č. 275/2004 Sb., o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 30. 4. 2004, částka 88, ISSN 1211-1244.
87. Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečištění a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, 30. 11. 2012. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 2021-11-04]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-415>.
88. World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. *Agents Classified by the IARC Monographs*. [online]. © 2022 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>.
89. Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, 2012. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 13. 6. 2012, částka 69, ISSN 1211-1244.
90. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*, 25. 7. 2001, částka 98, ISSN 1211-1244.
91. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*, 11. 8. 2000, částka 74, ISSN 1211-1244.
92. Zákon č. 311/2006 Sb., zákon o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách). In: *Sbírka zákonů České republiky*, 22. 6. 2006, částka 96, ISSN 1211-1244.



## Seznam příloh a obrázků

Obrázek 1: Mendělejevova periodická tabulka prvků (Science Notes, © 2022). .....	10
Obrázek 2: Emise těžkých kovů mezi roky 2005–2015 (Zpráva o životním prostředí, 2016). 15	
Obrázek 3: Strukturní vzorec tetraethylolova (Moravec, © 2022). .....	18
Obrázek 4: Milníky ve světové produkci olova (Casas, 2006). .....	19
Obrázek 5: Evidovaná ložiska a ostatní zdroje olova v České republice (Starý, 2005). .....	23
Obrázek 6: Podíl různých odvětví na obsahu emisí olova v roce 2020 (CHMI, 2021). .....	24
Obrázek 7: Cyklus prvku olova (Císař, 1987). .....	25
Obrázek 8: Vývoj celkových emisí olova 2010-2019 (CHMI, 2020). .....	28
Obrázek 9: Procesy, které vedou k atmosférické depozici (Broughton, 2001). .....	34
Obrázek 10: Obsah olova v České republice (Sucharová et al., 2012). .....	36
Obrázek 11: Schéma olova v životním prostředí a jeho účinky na lidský organismus (Lee, 1972). .....	39
Obrázek 12: Poruchy syntézy hemu (IVA VFU, 2017). .....	40
Příloha 1 .....	101

## Seznam tabulek

Tabulka I: Zdroje kontaminace životního prostředí těžkými kovy. ....	13
Tabulka II: Závislost emisí těžkých kovů na územním rozložení.....	14
Tabulka III: Toxické kovy a jejich cílové orgány. ....	16
Tabulka IV: Biologické poločasy vybraných toxických kovů. ....	17
Tabulka V: Vybrané vlastnosti olova.....	20
Tabulka VI: Distribuce kovů v aerosolu. ....	29
Tabulka VII: Nejvyšší mezní hodnoty olova pro různé druhy vody. ....	32
Tabulka VIII: Preventivní hodnoty obsahů vybraných rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou. ....	35
Tabulka IX: Nejčastější symptomy akutní a chronické intoxikace olovem u dospělého jedince. ....	42
Tabulka X: Nejčastější symptomy intoxikace olovem u dětí a novorozenců. ....	43
Tabulka XI: Klasifikace činitelů podle monografií IARC. ....	43
Tabulka XII: Tabulka dosaženého vzdělání respondentů a počty odpovědí.....	51
Tabulka XIII: Škálování.....	76
Tabulka XIV: Absolutní četnosti odpovědí na otázku vybranou otázkou. ....	79
Tabulka XV: Absolutní četnosti špatných a správných variant na vybranou otázku.....	80
Tabulka XVI: Testy dobré shody pro vybrané otázky. ....	81

## Seznam grafů

Graf 1: Přípustný obsah olova ve vodě ( $\mu\text{g/l}$ ) v letech 1950-2014 (Zdroj vlastní). .....	31
Graf 2: Zastoupení pohlaví u tázaných respondentů (Zdroj vlastní).....	49
Graf 3: Zastoupení věku u tázaných respondentů (Zdroj vlastní).....	50
Graf 4: Grafické vyhodnocení otázky č. 3 (Zdroj vlastní). .....	51
Graf 5: Grafické vyhodnocení otázky č. 4 (Zdroj vlastní). .....	52
Graf 6: Grafické vyhodnocení otázky č. 5 (Zdroj vlastní). .....	53
Graf 7: Grafické vyhodnocení otázky č. 6 (Zdroj vlastní). .....	54
Graf 8: Grafické vyhodnocení otázky č. 7 (Zdroj vlastní). .....	55
Graf 9: Grafické vyhodnocení otázky č. 8 (Zdroj vlastní). .....	56
Graf 10: Grafické vyhodnocení otázky č. 9 (Zdroj vlastní). .....	57
Graf 11: Grafické vyhodnocení otázky č. 10 (Zdroj vlastní). .....	58
Graf 12: Grafické vyhodnocení otázky č. 11 (Zdroj vlastní). .....	59
Graf 13: Grafické vyhodnocení otázky č. 12 (Zdroj vlastní). .....	60
Graf 14: Grafické vyhodnocení otázky č. 13 (Zdroj vlastní). .....	61
Graf 15: Grafické vyhodnocení otázky č. 14 (Zdroj vlastní). .....	62
Graf 16: Grafické vyhodnocení otázky č. 15 (Zdroj vlastní). .....	63
Graf 17: Grafické vyhodnocení otázky č. 16 (Zdroj vlastní). .....	64
Graf 18: Grafické vyhodnocení otázky č. 17 (Zdroj vlastní). .....	65
Graf 19: Grafické vyhodnocení otázky č. 18 (Zdroj vlastní). .....	66
Graf 20: Grafické vyhodnocení otázky č. 19 (Zdroj vlastní). .....	67
Graf 21: Grafické vyhodnocení otázky č. 20 (Zdroj vlastní). .....	68
Graf 22: Grafické vyhodnocení otázky č. 21 (Zdroj vlastní). .....	69
Graf 23: Grafické vyhodnocení otázky č. 22 (Zdroj vlastní). .....	70
Graf 24: Grafické vyhodnocení otázky č. 23 (Zdroj vlastní). .....	71
Graf 25: Grafické vyhodnocení otázky č. 24 (Zdroj vlastní). .....	72
Graf 26: Grafické vyhodnocení otázky č. 25 (Zdroj vlastní). .....	73
Graf 27: Absolutní četnosti správných odpovědí vybraných otázek (Zdroj vlastní). .....	74
Graf 28: Úspěšnost respondentů u první výzkumné otázky (Zdroj vlastní).....	75
Graf 29: Úspěšnost respondentů u druhé výzkumné otázky (Zdroj vlastní).....	75
Graf 30: Graf absolutních četností z celkového počtu respondentů (Zdroj vlastní). .....	77
Graf 31: Graf absolutních četností z respondentů ženského pohlaví (Zdroj vlastní).....	77
Graf 32: Graf absolutních četností z respondentů mužského pohlaví (Zdroj vlastní).....	78

## Seznam zkratk

1. ČSN – Chráněné označení českých technických norem
2. IARC – Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
3. NPK – Nejvyšší přípustná koncentrace chemické látky v pracovním ovzduší
4. IRZ – Integrovaný registr znečišťování
5. EU – Evropská unie
6. ES – Evropské společenství
7. NCHL – Nebezpečná chemická látka
8. WHO – Světová zdravotnická organizace
9. CHMI – Český hydrometeorologický ústav
10. MŽP – Ministerstvo životního prostředí
11. TIS – Toxikologické informační středisko
12. UNTACT – Konference OSN o obchodu a rozvoji
13. IUPAC – Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii
14. CaEDTA - Vápenatá sůl ethylendiamintetraacetátu
15. BAL - Dimerkaptol
16. DMSA - Dimerkaptojantarová kyselina
17. IS PiVo – Informační systém Pitná voda
18. IgA – Imunoglobulin A
19. IgG – Imunoglobulin G
20. IgM – Imunoglobulin M
21. 5-ALA – Kyselina 5-aminolevulová

## Příloha 1

Dobrý den,

jmenuji se Klára Kuřátková a jsem studentkou magisterského studia obor Civilní nouzová připravenost na Zdravotně sociální fakultě JCU v Českých Budějovicích. Tímto bych Vás chtěla požádat o vyplnění dotazníku na téma „Olovo v životním prostředí a jeho toxický účinek“, jehož výsledky budou použity jako podklad k mé diplomové práci. Dotazník je anonymní a získaná data budou využita pouze pro účely diplomové práce.

Děkuji za ochotu a spolupráci.

Klára Kuřátková

- 1. Pohlaví.**
  - a. Muž
  - b. Žena
- 2. Uveďte, prosím, Váš věk.** .....
- 3. Uveďte Vaše nejvyšší dosažené vzdělání.**
  - a. Základní vzdělání
  - b. Střední vzdělání s výučním listem
  - c. Střední vzdělání s maturitní zkouškou
  - d. Vyšší odborné vzdělání (DiS.)
  - e. Vysokoškolské vzdělání (Bc.)
  - f. Vysokoškolské vzdělání (Mgr./Ing.)
  - g. Vysokoškolské vzdělání (MUDr./Ph.D.)
- 4. Co je olovo?**
  - a. Toxický stříbřitě lesklý polokovový prvek
  - b. Těžký toxický kov, který je v krystalické formě modrostříbřitě šedý
  - c. Kapalný kovový prvek stříbřitě bílé barvy
- 5. Jaké jsou vlastnosti olova?**
  - a. Lesklý, kujný, modrostříbřitě šedý toxický kov
  - b. Jedovatý kapalný kovový prvek stříbřitě bílé barvy
  - c. Měkký, stříbrný, lehce tavitelný kov
- 6. Jaké je využití olova?**
  - a. Výroba střeliva, lékařství, olovnaté sklo a pájky
  - b. Elektrochemie, výroba cementu, zpracování kůže
  - c. Olovnaté barvy, konstrukce vodovodních rozvodů
- 7. V kterých minerálech se olovo vyskytuje v přírodě?**
  - a. Amazonit, bronzit, grafit
  - b. Galenit, cerussit, anglesit
  - c. Magnezit, tektit, křemen
- 8. Jaký druh znečištění životního prostředí olovem je horší?**
  - a. Naturogenní znečištění
  - b. Antropogenní znečištění (způsobené člověkem)
- 9. Které jsou nejčastější zdroje kontaminace životního prostředí olovem?**
  - a. Galvanizace, slitiny, ochranné prostředky na dřevo
  - b. Úpravny rud, pigmenty barev, zemědělství, automobilový provoz
  - c. Chemický průmysl, elektrotechnický průmysl, komunální odpad
- 10. Co je nejhorším důsledkem znečištění životního prostředí olovem?**
  - a. Škody v zemědělské produkci
  - b. Kumulace toxického kovu v životním prostředí
  - c. Vstup olova do rostlin
- 11. Kde jsou emise olova zastoupeny nejčastěji v závislosti na územním rozložení?**
  - a. Liberecký kraj
  - b. Jihočeský kraj
  - c. Středočeský kraj
- 12. Co se řadí mezi složky životního prostředí?**
  - a. O vzduší, půda, energie, organismy a ekosystémy
  - b. O vzduší, voda, horniny a půda

- c. Ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie
- 13. Je v České republice legislativně sledován obsah olova v životním prostředí?**
- a. Ano
  - b. Ne
- 14. Slyšeli jste někdy o kontaminaci životního prostředí olovem?**
- a. Ano
  - b. Ne
- 15. V jak velkém množství má olovo negativní účinek na lidský organismus?**
- a. 0,1 kg/l
  - b. 0,7 g/l
  - c. 0,4 mg/l
- 16. Jak dlouhý je biologický poločas rozpadu olova v lidském těle (kosti)?**
- a. 40-60 hodin
  - b. 150-400 dní
  - c. 17-27 let
- 17. Pro koho především představuje zvýšená expozice olovem zdravotní riziko?**
- a. Vytvářející se plod a malé děti
  - b. Starší děti a adolescenti
  - c. Dospělí jedinci
- 18. Jakým orgánovým systémem se u dospělého jedince vstřebává olovo nejčastěji?**
- a. Respirační systém
  - b. Gastrointestinální systém
  - c. Kůže
- 19. Kterým orgánovým systémem se vstřebává olovo nejčastěji u dětí?**
- a. Respirační systém
  - b. Gastrointestinální systém
  - c. Kůže
- 20. S kterým prvkem si lidský organismus zaměňuje olovo?**
- a. Sodík
  - b. Železo
  - c. Vápník
- 21. Jakým způsobem je olovo v lidském organismu transportováno?**
- a. Krví
  - b. Mozkomíšním mokem
  - c. Jinými tělními tekutinami
- 22. Jaký druh látky je olovo pro lidský organismus?**
- a. Látka způsobující respirační problémy
  - b. Látka způsobující poleptání kůže
  - c. Neurotoxická a teratogenní látka
- 23. Na který orgánový systém nejvíce toxicky působí olovo?**
- a. Mozek a nervový systém
  - b. Gastrointestinální systém
  - c. Kardiovaskulární systém
- 24. Jaké jsou nejčastější příznaky otravy olovem u dospělého jedince?**
- a. Bolest hlavy a břicha, bolesti kloubů a svalů, apatie, šedomodrý lem na dásních
  - b. Bolest hlavy, zácpa, problémy s viděním
  - c. Bolest hlavy, destrukce tenkého střeva, křeče
- 25. Slyšeli jste někdy o intoxikaci (otravě) olovem?**
- a. Ano
  - b. Ne