

# Mikroplasty a jejich vliv na životní prostředí

Jan Šmídek

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jan Šmídek  
Osobní číslo: L20732  
Studijní program: B1022A020002 Management rizik  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Mikroplasty a jejich vliv na životní prostředí

## Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární rešerši o vlivu plastů a mikroplastů na životní prostředí: jejich vlastností a zdrojů, výskytu v životním prostředí a dopadů na živé organismy a člověka.
- Proveďte obsahovou analýzu vlivu mikroplastů na životní prostředí.
- Na základě analýzy vypracujte doporučení a návrhy na snížení dopadů mikroplastů na životní prostředí.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. AHAMAD, Arif; SINGH, Pardeep a TIWARY, Dhanesh. *Plastic and Microplastic in the Enviroment: Management and Health Risks*. John Wiley & Sons, Inc., 2022. ISBN 978-1-1198-0-087-3.
2. BONTEN, Christian. *Plastics technology: introduction and fundamentals*. Cincinnati: Hanser Publications, 2019. ISBN 978-1-56990-767-2.
3. CRAWFORD, Cristopher Blair a QUINN, Blair. *Microplastic Pollutants*. Elsevier Science & Technology, 2016. ISBN 978-0-12-809406-8.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Snopek, Ph.D.**  
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2023**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

---

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 5. května 2023

Jméno a příjmení studenta: Jan Šmídek

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce řeší problematiku mikroplastů v životním prostředí z hlediska probíhajícího výzkumu. Zkoumá množství a dynamiku růstu výzkumu o dopadu mikroplastů na životní prostředí a zdraví člověka v letech 2020 až 2022. Tento výzkum byl potvrzen jako rostoucí, jak objemem odborných článků, tak dynamikou ve třech zkoumaných citačních databázích. Její částí je i obsahová analýza odborných článků na téma dopadu mikroplastů na lidské zdraví, kde nebyla nalezena ve zkoumaném období žádná studie, jednoznačně potvrzující negativní vliv mikroplastů na lidské zdraví.

Klíčová slova: Dopad, mikroplasty, zdraví člověka, životní prostředí

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis addresses the issue of microplastics in the environment in terms of ongoing research. It examines the amount and growth dynamics of research of the impact of microplastics on the environment and human health between 2020 and 2022. This research has been confirmed as growing, both in the volume of scientific articles and in the dynamics in the three citation databases examined. Part of this is also a content analysis of scientific articles of the impact of microplastics on human health. No studies found clearly confirming a negative impact of microplastics on human health during the period examined.

Keywords: Impact, Microplastics, Human Health, Environment

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Bc. et Bc. Lukáši Snopkovi, Ph.D. za jeho rady a vedení při zpracování této práce. Obzvláště za jeho příkladné vedení při hledání vhodných zdrojů, skvělou reakci na emaily i během nočních hodin a za pomoc s dokončením práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 PLASTY A MIKROPLASTY</b> .....	<b>12</b>
1.1 POPIS PLASTŮ A MIKROPLASTŮ.....	12
1.1.1 O plastech.....	12
1.1.2 Nejčastější druhy plastů a jejich využití.....	13
1.1.3 Mikroplasty .....	14
1.1.4 Nanoplasty.....	15
1.2 ZDROJE MIKROPLASTŮ .....	15
1.2.1 Zdroje primárních mikroplastů .....	16
1.2.2 Zdroje sekundárních mikroplastů.....	17
<b>2 MIKROPLASTY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>19</b>
2.1 MIKROPLASTY V PŮDĚ .....	19
2.2 MIKROPLASTY VE VODĚ .....	20
2.3 MIKROPLASTY V OVZDUŠÍ.....	21
<b>3 VLIV MIKROPLASTŮ V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>23</b>
3.1 VLIV NA ŽIVÉ ORGANISMY .....	24
3.2 VLIV NA ČLOVĚKA .....	26
<b>4 DÍLČÍ ZÁVĚR</b> .....	<b>28</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>5 VLIV MIKROPLASTŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A LIDSKÉ ZDRAVÍ</b> ....	<b>31</b>
5.1 SVĚTOVÁ ZDRAVOTNICKÁ ORGANIZACE A JEJÍ STUDIE O VLIVU MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ (A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ) A DOPORUČENÍ DALŠÍHO VÝZKUMU .....	31
5.1.1 Studie Světové zdravotnické organizace o mikroplastech v pitné vodě .....	31
5.1.2 Doporučení pro budoucí výzkum dopadů mikroplastů na lidské zdraví a životní prostředí.....	32
5.2 POKROK VE VÝZKUMU VLIVU MIKROPLASTŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A ZDRAVÍ ČLOVĚKA V LETECH 2019 AŽ 2022 A STANOVENÍ HYPOTÉZ .....	33
<b>6 OBSAHOVÁ ANALÝZA VÝVOJE POČTU ODBORNÝCH STUDIÍ VĚNOVANÝCH MIKROPLASTŮM A JEJICH VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ NEBO NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA</b> .....	<b>34</b>
6.1 CITAČNÍ DATABÁZE PRO VÝZKUM .....	34
6.1.1 Web of Science .....	34
6.1.2 Scopus .....	34
6.1.3 Google Scholar.....	35

6.2	NASTAVENÍ PRAVIDEL PRO VÝZKUM POČTU ODBORNÝCH ČLÁNKŮ V CITAČNÍCH DATABÁZÍCH .....	35
6.3	STATISTIKA VÝSKYTU ODBORNÝCH DOKUMENTŮ VE SLEDOVANÝCH CITAČNÍCH DATABÁZÍCH .....	36
6.3.1	Statistika výskytu podle Scopus.....	36
6.3.2	Statistika výskytu podle Web of Science .....	38
6.3.3	Statistika výskytu podle Google Scholar .....	40
<b>7</b>	<b>OBSAHOVÁ ANALÝZA STUDIÍ ZABÝVAJÍCÍ SE DOPADY MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ.....</b>	<b>45</b>
7.1	STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO REPREZENTATIVNÍ VZOREK ČLÁNKŮ ZABÝVAJÍCÍCH SE DOPADEM MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ .....	45
7.2	SOUBOR ZKOUMANÝCH ČLÁNKŮ .....	45
7.2.1	Seznam 1 podle vyhledávání v celých člancích .....	46
7.2.2	Seznam 2 hledání podle nadpisu .....	46
7.2.3	Seznam 3 hledání podle roku 2022 .....	48
7.3	OBSAHOVÁ ANALÝZA ČLÁNKŮ ZE SEZNAMU 1.....	48
7.3.1	Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health (Lehner et al., 2019).....	49
7.3.2	A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health (Campanale et al., 2020) .....	49
7.3.3	A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure (Zhang et al., 2020) .....	50
7.3.4	Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm (Wu et al., 2019).....	50
7.3.5	The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review (Wang, Gao et al., 2019).....	51
7.3.6	Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain (Toussaint et al., 2019).....	51
7.3.7	Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment (Henry, Laitala a Klepp, 2019).....	52
7.3.8	An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells (Hwang et al., 2019).....	52
7.4	OBSAHOVÁ ANALÝZA ČLÁNKŮ ZE SEZNAMU 2.....	52
7.4.1	Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects (Prata et al., 2020).....	53
7.4.2	Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure (Barboza et al., 2020) .....	53
7.4.3	Microplastics and human health (Vethaak a Legler, 2021) .....	54
7.4.4	Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health (Lu et al., 2019) .....	54



7.4.5	Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review (Rahman et al., 2021).....	54
7.4.6	Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment (Senathirajah et al., 2021) .....	55
7.5	OBSAHOVÁ ANALÝZA ČLÁNKŮ ZE SEZNAMU 3.....	55
7.5.1	Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems (Yuan, Nag a Cummins, 2022) .....	56
7.5.2	Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body (Yang et al., 2022).....	56
7.5.3	Effects of Microplastics on Fish and in Human Health (Bhuyan, 2022) .....	57
7.6	VYHODNOCENÍ OBSAHOVÉ ANALÝZY ZABÝVAJÍCÍ SE DOPADEM MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ .....	57
<b>8</b>	<b>SHRnutí A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>59</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>75</b>

## ÚVOD

Práce se zabývá mikroplasty, jejich vlivem na životní prostředí a lidské zdraví.

Plasty jsou všudypřítomné. Jsou přítomné při nákupu potravin, objednávání jídla z restaurace, při balení zboží z e-shopů. Jsou součástí staveb, nábytku, oblečení, používají se při práci i relaxaci, a to není zdaleka plný výčet. To jsou jasně viditelné plasty. Ale existují i menší plasty – mikroplasty, které mohou být pozorovány pouhým okem, ale také se jedná o mikroskopické částice lidským očím neviditelné. A to sebou nese nevyhnutelně řadu otázek. Kde všude se tyto mikro-plastické částičky nacházejí? Jak se do životního prostředí dostávají? Jaký mají dopad na životní prostředí? A hlavně, mají dopad na lidské zdraví? Toto jsou otázky, na které se tato práce snaží poskytnout odpověď rešeršemi i obsahovou analýzou odborných článků, které se touto problematikou zabývají.

Jsou zde položeny dvě výzkumné otázky. Jak se zvýšil (nebo snížil) počet vědeckých prací věnovaných tématu mikroplastů a jejich dopadu na životní prostředí nebo zdraví člověka? A druhá, zda byly zjištěny dopady mikroplastů v životním prostředí na zdraví člověka?

Výzkum v práci si bere za svůj výchozí bod rok 2019, kdy byla publikována studie o dopadu mikroplastů od Světové zdravotnické organizace. Studie se primárně zaměřuje na mikroplasty v pitné vodě, ale dotýká se i dalších oblastí, kde se mikroplasty vyskytují. A hlavně jaký vliv mají mikroplasty na lidské zdraví. Ve studii je přiznáno, že není v době jejího publikování znám negativní dopad mikroplastů na lidské zdraví. Ale zároveň konstatuje, že výzkum v této oblasti je nedostatečný, a proto silně doporučuje věnovat se výzkumu dopadu mikroplastů na životní prostředí a na zdraví člověka. Vzhledem k tomu, že členy Světové zdravotnické organizace jsou téměř všechny státy světa, dá se očekávat, že tomuto doporučení budou věnovat pozornost.

Výzkum má dvě části. První se zaměřuje na růst počtu výzkumných prací o dopadu mikroplastů na životní prostředí a na zdraví člověka ve třech významných citačních databázích Scopus, Web of Science a Google Scholar. Druhá část výzkumu je zaměřena na obsahovou analýzu vybraných odborných prací. A zkoumá, zda od doby publikování studie Světové zdravotnické organizace byl prokázán dopad mikroplastů na lidské zdraví.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 PLASTY A MIKROPLASTY

## 1.1 Popis plastů a mikroplastů

Následující kapitola představí co jsou to plasty, jak vznikají, kolik se jich na světě vyrábí, nejčastější druhy plastů a jaká je definice mikroplastů a nanoplastů.

### 1.1.1 O plastech

Přestože o plastech se mluví neustále a každý člověk si dokáže pod nimi něco konkrétního představit, z hlediska vědy termín plasty není standardizován. Často se mylně uvádí, že plasty jsou polymery, ale není tomu tak. Bonten (2019, s. 60) definuje plasty jako materiály složené z polymerů a přísad, kde polymery jsou makromolekuly přírodního nebo petrochemického původu.

Největší část polymerů je právě petrochemického původu a vzniká z monomerů při třech nejdůležitějších chemických reakcích. Jsou jimi polymerace, polykondenzace a polyadice (Bonten, 2019, s. 16). Monomery se získávají z ropy. Pouze z několika málo surovin jako je ropa, zemní plyn, kamenná sůl, síra, voda a vzduch lze vyrobit 30 důležitých monomerů, z nichž lze vyrábět polymery všech druhů se širokou škálou vlastností (Bonten, 2019, s. 14).

Polymery lze také získat z obnovitelných surovin. Takzvané biopolymery se získávají z rostlin, zvířat, mikroorganismů (Bonten, 2019, s. 15), nicméně jejich zastoupení v produkovaném množství plastů je velmi malé viz dále.

Převážná část monomerů k výrobě plastů pochází z ropy a žádný z běžně používaných plastů není biologicky odbouratelný (Geyer, Jambeck a Law, 2017).

Plastů se celosvětově vyrábí obrovské množství. V letech 1950-2015 dosáhla kumulativní produkce plastového odpadu 6,3 miliardy tun, z čehož bylo 9 % recyklováno, 12 % spáleno a 79 % skončilo na skládkách nebo v životním prostředí. Odhaduje se že do roku 2050, pokud bude trend výroby a nakládání s odpady pokračovat, bude na skládkách nebo v životním prostředí 12 miliard tun plastového odpadu (Geyer, Jambeck a Law, 2017).

Výroba plastů každý rok roste a v roce 2021 dosáhla celosvětově 390,7 miliónů tun. Z toho pouze 5,9 miliónů tun bylo z bioplastů a 32,5 miliónů tun bylo vyrobeno z recyklovaných plastů. (Plastic Europe, 2022)

### 1.1.2 Nejčastější druhy plastů a jejich využití

Přes 75 % celosvětově vyrobených plastů připadá na pouze šest nejčastějších typů (Plastic Europe, 2022). Následuje stručný popis těchto šesti typů plastů včetně jejich využití. Výčet využití není vyčerpávající, jedná se pouze o ilustrativní výběr pro představu, kde všude a na co se tyto plasty používají.

#### 1.1.2.1 Polypropylen

Polypropylen má zkratku PP. Syntetizuje se polymerací propylenu. Využívá se v konstrukčních prvcích jako jsou skříně čerpadel, skříně filtrů, automobilové aplikace, skříně zadních světel, rámy a kryty sedadel; skříně na náradí, přepravní a stohovací skříně, skříně s fóliovými závěsy, nádoby na horkou vodu, systémy vzduchových kanálů v automobilech, jednoduché skříně na náradí (s fóliovými závěsy). Využití má i v dalších komponentech jako dávkovače mýdla, volně ložené předměty, jako jsou kelímky na pití a obaly na potraviny, lahve na kosmetické a lékařské výrobky, surfovací prkna, potrubí, profily, desky, pláště na kabely, balicí pásy (Bonten, 2019, s. 196).

#### 1.1.2.2 Polyethylen

Polyethylen má zkratku PE. Lze jej vyrábět různými polymeračními procesy. Patří sem i polyethylen s nízkou hustotou (PE-LD) a vysoko hustotní polyethylen (PE-HD).

Využívá se na výrobu hraček, lékařských potřeb, nádrží na plyn a benzín, na chemické nádoby, kanystry, popelnice, kufry, jednoduchá zahradní posezení, plechovky pro domácnost, bedny na lahve, různé obaly, uzávěry, potrubí (Bonten, 2019, s. 194-195).

#### 1.1.2.3 Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid má zkratku PVC. Vyrábí se emulzní, suspenzní nebo hromadnou polymerací monomeru. Má širokou škálu vlastností a dělí se na dva typy tuhé PVC a měkké PVC.

Tuhé PVC má využití v kování, hračkách, televizorech, trubkách, okenních profilech, nábytkových a stavebních profilech, deskách, plochých fóliích, kreditních kartách. Měkké PVC se využívá pro intravenózní lékařské pomůcky (například hadice), automobilové opěrky rukou a hlavy, ochranné krytky, pláštěnky do deště, sprchové závěse, podrážky bot (Bonten, 2019, s. 201).

#### ***1.1.2.4 Polyethylentereftalát***

Polyethylentereftalát má zkratku PET. Vyrábí se kondenzací kyseliny tereftalové a ethylenglykolu. Má využití konstrukčních součástech jako jsou ložiska, ozubená kola, hřídele, vedení, spojky, zámkové prvky, kliky dveří, kryty motorů, spínače, relé, senzory. Dalším využitím jsou láhve na nápoje (Bonton, 2019, s. 217-218).

#### ***1.1.2.5 Polyuretan***

Polyuretan má zkratku PUR. Vzniká například reakcí polyisokyanátu s polyoly. Lze ho například využít jako měkkou nebo tuhou pěnu, i jako licí pryskyřici. Využití má velmi široké, například v plných pneumatikách, ložiskách motorů, povlaků válců, těsnění, kolečkách inline bruslí, matracích čalounění, potahování koberců, ochraně při přepravě, stavební izolaci, izolaci chladniček a místností, podrážek bot (Bonton, 2019, s. 240).

#### ***1.1.2.6 Polystyren***

Polystyren má zkratku PS. Vyrábí se ze styrenu suspenzní, perlovou nebo hromadnou polymerizací. Jedná se o nejdůležitější a pravděpodobně nákladově nejefektivnější materiál pro jednoduché spotřební zboží, které se vyrábí ve velkém. Využití má ve výrobě lahví, hřebenů, květináčů, jednorázového nádobí, jednorázových obalů na potraviny, jako jsou například kelímky na jogurt (Boden, 2019, s. 202).

### **1.1.3 Mikroplasty**

Mikroplasty jsou malé částičky plastů o velikosti menší jak 5 milimetrů (mm). Termín mikroplast byl poprvé popularizován v roce 2004 a v roce 2008 navrhli odborníci účastníci se setkání pořádaného National Oceanic and Atmospheric Administration pracovní definici, podle níž jsou mikroplasty všechny plastové částice o průměru menším jak 5 mm. Tato definice se pak stala obecně přijímanou definicí mikroplastů (Hartmann et al., 2019).

Mikroplasty se dělí do dvou velkých skupin. Takzvané primární mikroplasty se vyrábějí cíleně jako mikročástice (například mikrokuličky v přípravcích osobní hygieny viz dále) zatímco sekundární mikroplasty vznikají rozkladem velkých plastů (Ahamad, Singh a Tiwary, 2022, s. 2).

### 1.1.4 Nanoplasty

Nanoplasty jsou velmi malé mikroplasty, které získávají celosvětovou pozornost jako nový kontaminant životního prostředí, protože jsou snáze přijímány organismy, a tak představují pravděpodobně větší ekologická a zdravotní rizika než mikroplasty. (Cai et al., 2021)

Na rozdíl od mikroplastů, kde je hranice menší jak 5 mm obecně přijímaná, nemají nanoplasty pevně dané, od jaké velikosti se kousky plastů mají již nazývat nanoplasty. Některé studie uvádějí velikost nanoplastů jako plasty menší jak jeden mikrometr, jiné tak označují plasty menší jak 100 nanometrů. Existují ale i jiné názory na velikost nanoplastů (Hartmann et al., 2019). Velikost nanoplastů tak není standardizovaná a každá studie si stanovuje vlastní definici nanoplastů.

## 1.2 Zdroje mikroplastů

Zdrojů mikroplastů je velké množství a různí autoři je třídí různě. Například Duis a Coors (2016) na základě analýzy sedmnácti studií shrnují zdroje mikroplastů do devatenácti kategorií viz tabulka (Tab. 1).

Tabulka 1 Zdroje mikroplastů podle Duis a Coors (2016)

<b>Primární mikroplasty</b>
Specifické výrobky osobní péče obsahující mikroplasty jako exfolianty/abraziva
Specifické lékařské aplikace (např. zubní leštidlo od zubaře).
Vrtné kapaliny pro těžbu ropy a zemního plynu
Průmyslová brusiva
Předvýrobní plasty, výrobní odpad, plastový regranulát: náhodné ztráty a úniky
<b>Sekundární mikroplasty</b>
Obecné znečišťování odpadky, odhazování plastového odpadu
Ztráty odpadu při sběru odpadu, ze skládek a recyklačních zařízení
Ztráty plastových materiálů při přírodních katastrofách
Mulčování plastů
Syntetické polymerní částice používané ke zlepšení kvality půdy a jako přísada do kompostu.
Odírání/uvolňování vláken ze syntetických textilií
Uvolňování vláken z hygienických výrobků
Oděr z pneumatik automobilů
Barvy na bázi syntetických polymerů (lodní barvy, jiné ochranné barvy, barvy na domy, silniční barvy): otěr při používání a odstraňování barev, rozliti, nelegální skládky
Otěr z jiných plastových materiálů (např. plastů pro domácnost)
Plastové předměty v organickém odpadu
Plastem potažený nebo laminovaný papír: ztráty v zařízeních na recyklaci papíru
Materiál ztracený nebo vyhozený z rybářských plavidel a zařízení akvakultury
Materiál ztracený nebo vyhozený z obchodních lodí (včetně ztraceného nákladu), rekreačních lodí, ropných a plynových plošin

Jiní autoři používají podstatně jednodušší třídění, například Ahmad, Singh a Tiwary (2022) dělí zdroje mikroplastů na celkem čtyři podskupiny. Níže jsou popsány vybrané významné zdroje mikroplastů.

### **1.2.1 Zdroje primárních mikroplastů**

Mezi hlavní zdroje primárních mikroplastů řadíme hlavně přípravky osobní hygieny, plastové pryskyřice a třpytky.

#### ***1.2.1.1 Přípravky osobní hygieny***

Plastové materiály se v kosmetickém průmyslu používají již desítky let od 60. let 20. století (Ahmad, Singh a Tiwary, 2022, s. 2). Plastové částice – mikrokuličky, obsažené ve výrobcích osobní hygieny, jsou zřejmě nejvýznamnějším primárním zdrojem mikroplastů (Deng et al., 2022).

Mikrokuličky jsou obsaženy v celé řadě hygienických a kosmetických přípravků, jako jsou sprchový gel, čistící pasta, zubní pasta, oční stíny, rtěnka. Mikroplasty v nich obsažené se pak přímo splachují do kanalizace. Jenom v roce 2012 bylo v zemích Evropské Unie, Norsku a Švýcarsku použito 4 360 tun mikrokuliček. (Deng et al., 2022).

Mnohé země již přistoupily k regulaci výrobků obsahující mikrokuličky. Jednou z prvních byly USA, které v roce 2015 přijaly zákon Microbead-Free Waters Act of 2015 o zákazu prodeje nebo distribuce oplachovací kosmetiky obsahující plastové mikrokuličky (United States of America, 2015).

#### ***1.2.1.2 Plastové pryskyřice***

Jedná se o další významný zdroj primárních mikroplastů. Vyrábí se ve formě pelet nebo prášků. Tyto plasty se pak v různých výrobních přetavují a formují do různých komerčních výrobků. Nejčastěji unikají do životního prostředí v důsledku nesprávné manipulace, například havárie během výrobního procesu nebo dopravní nehody při přepravě. (Ahmad, Singh a Tiwary, 2022, s. 3)

#### ***1.2.1.3 Třpytky***

Podle tureckého vědce Yurtsevera (2019) by měly být třpytky správně považovány za jeden z hlavních primárních zdrojů mikroplastů.



Třpytky jsou drobné ploché dekorativní částice. Nejčastěji se vyrábějí z metalizovaného PET (Yurtsever, 2019). Třpytky mají široké spektrum užití. Používají se v líčidlech, kosmetických přípravcích, na oblečení, v různých výrobcích pro děti. Tím, že je používají zpěváci, celebrity, modelky, internetový influenceři tak jejich obliba stále roste. Jenom v USA bylo mezi lety 1989 až 2009 prodáno více jak 4,5 milionu kilogramů třpytek (Yurtsever, 2019a).

Do životního prostředí se třpytky dostávají velmi jednoduše spláchnutím do kanalizace nebo přímo do půdy, případně spadem do prachu při opadání z různých částí těla nebo oblečení.

### **1.2.2 Zdroje sekundárních mikroplastů**

Sekundární mikroplasty vznikají hlavně z pevného (plastového) odpadu, z praní syntetického textilu a oděru pneumatik.

#### ***1.2.2.1 Mikroplasty vzniklé z pevného odpadu***

Mezi nejrozšířenější kategorie pevného odpadu patří skládkovaný odpad, kaly z čistíren odpadních vod (dále ČOV) a potravinový odpad (Golwala et al., 2021).

Plasty obsažené v tomto odpadu prochází postupným rozkladem – degradací. Tato degradace může mít různé příčiny a dělí se podle činitelů na biodegradaci působením mikroorganismů, fotodegradaci působením světla a slunečního záření, termickou degradaci působením vysokých teplot, termooxidační degradaci a hydrolyzní degradaci (Ahamad, Singh a Tiwary, 2022, s. 3).

Touto degradací jsou postupně větší plasty rozloženy na sekundární mikroplasty a tvoří tak jeden z hlavních zdrojů mikroplastů. Odhady kolik plastového odpadu je uloženo na skládkách se různí a pohybuje se od spodní hranice 21 % celosvětově vyprodukovaných plastů (Golwala et al., 2021) až po 79 % (Guo et al., 2020).

Z hlediska objemu mikroplastů v pevném odpadu, analýza amerických autorů prokázala přibližně 300000 kusů mikroplastů na jeden kilogram potravinového odpadu (Golwala et al., 2021).

#### ***1.2.2.2 Mikroplasty vzniklé praním syntetického textilu***

Podle amerických vědců (Acharya et al., 2021) jsou mikroválka ze syntetických textilií hlavním zdrojem mikroplastů v životním prostředí. Vlákná se v obrovském množství uvolňují z textilních oděvů při domácím praní prostřednictvím odpadních vod a/nebo kalů.

Různé studie ukazují, že praní se textilních oděvů uvolňuje tisíce mikrovláken. Například kabát ze syntetického rouna může při každém praní vyloučit přibližně 1900 vláken mikroplastů (Ahamad, Singh a Tiwary, 2022, s. 4).

Přestože jsou současné ČOV vysoce účinné při zachycování mikrovláken, díky obrovskému objemu kalů se do životního prostředí uvolňují až miliardy vláken denně (Acharya et al., 2021). V případě katastrofického scénáře se jedná až o 40 % mikrovláken, které se i přes filtraci ČOV dostanou do řek, jezer a oceánů.

### ***1.2.2.3 Mikroplasty z oděru pneumatik***

Oděr z pneumatik automobilů je podle některých studií jedním z nejvýznamnějších zdrojů sekundárních mikroplastů. Jsou studie, které tvrdí, že částice z opotřebení pneumatik a vozovek tvoří až 42 % všech mikroplastů, které se dostanou do oceánu (Myszka, Enfrin a Giustozzi, 2023).

Australští vědci zkoumaly složení silničního prachu v různých destinacích s ohledem na výskyt mikroplastů. Ve svém výzkumu detekovali mikročástice šesti různých plastů v koncentracích 0,5 až 6 mg/g (O'Brien et al., 2021).

## 2 MIKROPLASTY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Mikroplasty lze nalézt v životním prostředí všude, bez ohledu na přítomnost člověka. Byly například zjištěny i v arktickém ledu, a to v množství až několika set částic na metr krychlový (Obbard et al., 2014).

Pro porozumění dopadu mikroplastů na životní prostředí je důležité vědět, jakým způsobem se do životního prostředí dostávají a případně v jakém množství – koncentracích jsou v něm přítomny.

### 2.1 Mikroplasty v půdě

Mikroplasty se do půdy dostávají různými cestami. Jednou z nejvýznamnějších je skládkování plastového odpadu, a to kvůli obrovskému množství tohoto odpadu, které na skládkách končí. Odhaduje se, že až 79 % celosvětového plastového odpadu se ukládá na skládky (Guo et al., 2020). Je to dané mimo jiné tím, že přibližně 33 % ze všech každoročně vyrobených plastů není možné znovu použít a obvykle se vyhodí do 12 měsíců od výroby. Navíc řada zemí nemá nastavenou legislativu, která by vyžadovala recyklaci plastového odpadu a skládkování je tak nejsnazším i nejlevnější metodou nakládání s plastovým odpadem (Crawford, s. 40). Na skládkách plasty prochází postupnou degradací a dostávají se tak postupně do půdy, viz kapitola 1.2.2. Sekundární mikroplasty. Množství mikroplastů v odpadech ze skládek se uvádí v rozmezí 20 000-91 000 kusů na kilogram odpadu, nicméně v potravinovém odpadu analýza prokázala až 300 000 kusů mikroplastů na kilogram odpadu (Golwala et al., 2021).

Další významnou cestou jsou kaly z čistíren odpadních vod. Anaerobní vyhnívání a aerobní kompostování jsou široce považovány za primární metodu zpracování čistírenských kalů. Když se odpadní kaly znečištěné mikroplasty aplikují na zemědělskou půdu jako hnojivo, je velké množství mikroplastů vypouštěno přímo do zemědělské půdy (Wang et al., 2019).

Odhaduje se, že například jen do evropských a severoamerických zemědělských půd se touto cestou dostává 63 000-430 000 a 44 000-300 000 tun mikroplastů. Což celkově převyšuje celkovou kumulovanou zátěž povrchových vod světových oceánů mikroplasty, která se odhaduje na 93 000-236 000 tun (Nizzetto, Futter a Langaas, 2016).

Třetím nejčastěji zmiňovaným způsobem přenosu plastů do půdy je mulčování pomocí plastových fólií. Polyethylen se začal používat jako plastová fólie při mulčování v zemědělství od roku 1938. Uvádí se, že zbytky fólie v půdě orné půdy dosáhly téměř 10 %

celkové plochy, která se využívá k zemědělství. Když je plastový mulč zapuštěn do půdy, prochází řadou procesů, jako je fyzikální drčení, chemické stárnutí a biodegradace a přeměňuje se na mikroplasty (Wang et al., 2019).

Kromě výše zmíněných cest se mikroplasty se do půdy dostávají i dalšími způsoby – zavlažováním, pohazováním odpadků, atmosférickou depozicí, silniční i leteckou dopravou kvůli oděru pneumatik, z umělých trávníků a další (Yang et al., 2021) (Guo et al., 2020).

## 2.2 Mikroplasty ve vodě

Mikroplasty v oceánech, tvoří nejdéle zkoumanou oblast mikroplastů v životním prostředí, první studie byly publikovány již v 70 letech 20 století. Oproti tomu zaměření studií na sladkovodní prostředí lze pozorovat až přibližně v posledních patnácti letech (Talbot a Chang, 2022). I přesto je právě výskyt mikroplastů ve vodě nejvíce prozkoumanou oblastí o výskytu mikroplastů v životním prostředí.

Do sladké vody se mikroplasty mohou dostat buď napřímo vyhozením plastového odpadu do řek nebo jezer, případně z lidských obydlí, které nepoužívají ČOV.

Nicméně u většiny zdrojů z měst a obytných oblastí jsou průmyslové i komunální vody ve velké míře odváděny do ČOV. Navzdory tomu, že v těchto čistírnách prochází odpadní vody běžně třístupňovým čištěním s účinností mezi 64 % až 99,56 %, mohou malé a lehké částice mikroplastů unikat do povrchového odtoku, kde dochází k jejich neúplnému odstranění (Xu et al., 2020). Čínští výzkumníci se zaměřili na analýzu mikrokuliček z peelingů na obličej a zjistili, že každý rok je v Číně do vodního prostředí vypuštěno v průměru 306,9 tun mikrokuliček (Cheung a Fok, 2017). A že více jak 80 % těchto emisí pochází z neúplného odstraňování v ČOV, zatímco jen 20 % z přímých emisí.

Dalším zdrojem mikroplastů je pak prosakování vody ze skládek do spodních vod, případné znečištění vodních toků při deštích nebo povodních. Stejně tak déšť splavuje zemědělskou půdu nebo prach ze silnic do vodních toků společně s mikroplasty, které obsahují.

Těmito způsoby se tak plasty a mikroplasty dostávají do řek, které je následně transportují dál po toku až do moří a oceánů. Odhaduje se, že přibližně 10 % všech plastů, které kdy byly vyrobeny, bylo vypuštěno do oceánu (Crawford a Quinn, 2016, s. 40).

Celkem 80 % světových plastů v oceánech se do nich dostává přes řeky a pobřeží. Pouze 20 % pochází z mořských zdrojů jako jsou rybářské sítě, lana, lodě, těžba ropy etc. (Drabinski et al., 2023). Dřívější studie ukazovali, že za transport plastů do oceánů může 10 největších

světových řek, které dopravují do oceánů až 94 % veškerého plastového odpadu. Nejnovější zjištění týmu nizozemských autorů nově upřesňuje, že za 80 % globálních emisí plastů z řek do oceánů je zodpovědných 1656 řek. A že na malé a středně velké řeky připadá podstatná část globálních emisí plastů (Meijer et al., 2021).

Co se týká objemu mikroplastů ve světových oceánech tak japonský tým vědců analyzoval celkem 8 218 vzorků mikroplastů dostupných z různých výzkumných projektů. Na jejich základě vypočítal, že pouze v horních vrstvách oceánů a Velkých jezer v Americe se vyskytuje celkem 24,4 bilionů kusů mikroplastů o váze 82 000 až 578 000 tun (Isobe et al., 2021).

Má se za to, že v současné době jsou již mikroplasty pravděpodobně nejpočetnějších plastovým odpadem v oceánu a množství mikroplastů se bude nevyhnutelně zvyšovat v důsledku rozpadu velkých plastových předmětů (Li et al., 2015)

### 2.3 Mikroplasty v ovzduší

O mikroplastech v ovzduší je toho známo zatím výrazně méně než o jejich výskytu ve vodě nebo půdě. Jedním z důvodů je, že v mnoha zemích chybí podrobná dokumentace hlavních typů, zdrojů a koncentrací mikroplastů ve vnějším ovzduší. V poslední době se ale objevuje stále více studií, které se snaží zkoumat množství a potenciální hrozby mikroplastů v ovzduší (Sridharan et al., 2021).

Za hlavní zdroj mikroplastů v ovzduší jsou považovány syntetické textilie (např. plastová vlákna nebo úlomky z oděvů), oděr gumových pneumatik a silniční prach. Tyto můžou být snadno větrem přenášeny do jiných složek životního prostředí. Další zdroje mikroplastů v ovzduší pak mohou pocházet z nábytku pro domácnost, stavebních materiálů, ze spalování odpadků, skládek, průmyslových výpustí a z částic emitovaných vozidly. Kromě toho se mikroplasty do ovzduší uvolňují také v zahradnictví prostřednictvím syntetických částic používaných v půdě a také kalů z ČOV používaných jako hnojiva (Zhang et al., 2020).

Vzdušné mikroplasty mají obvykle nižší hustotu než půdní minerály, a proto částice mikroplastů zůstávají v ovzduší delší dobu ve srovnání s přírodními prachovými agregáty stejné velikosti, což usnadňuje jejich transport do vzdálených míst. Atmosféra je tak potenciálním prostředkem pro transport mikroplastů do dalších složek životního prostředí (Sridharan et al., 2021).

Doposud identifikované vzdušné mikroplasty se pohybují v rozmezí od 2  $\mu\text{m}$  do 1 mm (Sridharan et al., 2021)

Naměřené koncentrace mikroplastů v ovzduší jsou různé a pohybují se v nižších stovkách částic na metr čtvereční za den. Například v Paříži byl zaznamenán atmosférický spad s průměrným množstvím 118 částic na  $\text{m}^2/\text{den}$ , zatímco v Hamburgu byl zaznamenán spad 275 částic na  $\text{m}^2/\text{den}$  a v čínském Dongguan se spad částic pohyboval mezi 175 až 313 částicemi na  $\text{m}^2/\text{den}$  (Romarate et al., 2023).

### 3 VLIV MIKROPLASTŮ V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Jak již bylo popsáno, plasty jsou v životním prostředí prakticky všudypřítomné. Jsou ve vodě, půdě i v ovzduší. Jak již bylo poznamenáno, vyskytují se dokonce i v arktickém ledu. Jsou přítomny nejenom v pobřežních nebo povrchových vodách oceánů, ale i v hlubokých mořích s hloubkou přes 4 000 metrů, které jsou považovány za jedno z nejmístnějších mořských prostředí (Van Cauwenberghe et al., 2013). Jaký je tedy vliv těchto všudypřítomných mikroplastů na životní prostředí?

Vliv mikroplastů v ovzduší je převážně dvojitý. Jeden bude zmíněn dále, jedná se o nebezpečí vdechování množství mikroplastů živými organismy a člověkem. Druhý vliv je transportování mikroplastů do vzdálených oblastí vzdušnou cestou. Mikroplasty byly zpozorovány i tam, kde je přítomnost člověka velmi vzácná a kde je téměř vyloučen přenos jiným způsobem, například ve sladkovodních arktických jezerech (González-Pleiter et al., 2020).

Děšť a sníh mohou z atmosféry zachycovat organické páry a částice, které mohou transportovat vzdušné mikroplasty a jejich příměsi do vzdálených míst. Bylo zjištěno, že atmosférický transport je zodpovědný za zvýšenou akumulaci mikroplastů ve venkovských i městských oblastech Hamburгу, stejně tak jako v okolních jedlových lesích (Sridharan et al., 2021). Stejně tak je ale atmosférická depozice zodpovědná za kontaminaci značně vzdálenějších míst jako jsou již zmíněná arktická sladkovodní jezera (González-Pleiter et al., 2020). Mikroplasty v ovzduší jsou tak šířeny po celé planetě a stále více kontaminují životní prostředí i mimo moře a lidská sídla.

Mikroplasty v půdě ovlivňují jednak živé organismy, ale také ovlivňují kvalitu půdy. Mikroplasty v půdě mohou vyvolat změny fyzikálních vlastností půdy, včetně její objemové hmotnosti, schopnosti zadržovat vodu a změnu půdní struktury. Mohou ovlivnit integrity půdy, její pórovitost, způsobit vysychavé trhliny na jejím povrchu a urychlit odpařování vody z půdy (Wang et al., 2020).

Vzhledem k velkému povrchu a hydrofobnosti jsou mikroplasty schopny na svém povrchu zadržovat a koncentrovat další látky znečišťující životní prostředí jako jsou těžké kovy a organické kontaminanty (Xiang et al., 2022). Částice mikroplastů mají 10 až 100krát vyšší koncentrace těžkých kovů než látky v bezprostředním okolí (Kasmuri, Tarmizi a Mojiri, 2022).

Stejně tak bylo zjištěno, že velké množství polypropylenových mikroplastů v půdě zvýší obsah rozpuštěného organického uhlíku, dusíky a fosforu v půdě. To naznačuje, že akumulace mikroplastů může ovlivňovat procesy koloběhu živin v půdních ekosystémech (Wang et al., 2020). Také bylo zjištěno, že mikroplasty slouží také jako jedinečný substrát pro bakteriální společenstva, která pak mají odlišnou strukturu, což může naznačovat možnost mikroplastů měnit ekologické funkce půdy a biogeochemické procesy (Huang et al., 2019).

Mikroplasty obsažené ve vodě mají největší dopad na živé organismy díky jejich kumulaci v potravním řetězci, jak je popsáno dále. Kromě toho mohou mít mikroplasty v oceánech velmi vážný dopad na zachytávání a ukládání uhlíku v oceánech.

Oceány jsou přitom největším pohlcovačem CO<sub>2</sub> a hrají tak důležitou roli při snižování hladiny atmosférického CO<sub>2</sub> a globální změně klimatu (Shen et al., 2020). Mikroplasty podle Shen (2020) mohou ovlivňovat sekvestraci uhlíku čtyřmi způsoby: ovlivněním fotosyntézy a růstu fytoplanktonu; toxickými účinky na zooplankton, kdy ovlivňují jeho vývoj a reprodukci; ovlivněním tzv. mořského biologického čerpadla; a díky ukládání samotných mikroplastů na mořské dno, čímž ovlivní zásoby uhlíku v oceánech.

### 3.1 Vliv na živé organismy

Dopady mikroplastů na suchozemské rostliny nejsou dobře známy a výsledky současného výzkumu jsou nedostatečné. Obecně mohou mikroplasty v půdě vyvolat změny vlastností, jako je vlhkost, hustota, struktura a obsah živin, což může následně změnit vlastnosti kořenů rostlin, jejich růst a příjem živin. Studie prokázaly, že mikroplasty mají vliv na pšenici, jarní cibulku, řeřichu a bob obecný. Nicméně interakce mezi vlastnostmi mikroplastů, půdou a rostlinami, zůstávají stále neznámé. Proto je zapotřebí dalšího výzkumu. A to hlavně z důvodu, že akumulace mikroplastů v rostlinách může navíc představovat riziko pro suchozemské organismy prostřednictvím přenosu v potravním řetězci (Dissanayake et al., 2022).

Ze suchozemských živočichů je zřejmě nejvíce prozkoumaný je vliv mikroplastů na různé druhy žížal. Opakovaně bylo dokázáno, že se mikroplasty se hromadí v tělech žížal. Toto zjištění ukazuje, že chemické látky z mikroplastů mohou pronikat do půdního ekosystému a hromadit se v organismech půdních bezobratlých živočichů. Mikroplasty také mohou žížalami transportovány do hlubších vrstev půdy a louhovány do podzemních vod (Chae a An, 2018). Ve střevech žížal po požití mikroplastů byla pozorována závažná histologická



poškození, stejně tak jako důkazy o reakcích imunitního systému na přítomnost mikroplastů (Rodriguez-Seijo et al., 2017).

Na žížalách je zdokumentováno i postupné hromadění plastů v potravním řetězci suchozemských živočichů, kdy koncentrace mikroplastů se zvyšuje z půdních 0,9 částic/gram přes výkaly žížal (14,8 částic/gram) až po kuřecí výkaly obsahující 129,8 částic/gram (Huerta Lwanga et al., 2017). Nicméně mikroplasty menší jak 0,5 mikrometru se mohou hromadit už ve kvasinkách a vláknitých houbách. Což by znamenalo, že potenciální kumulace mikroplastů v potravním řetězci může být i v nejdelších potravních řetězcích na zemi (Souza Machado et al., 2018).

Přestože studií potvrzujících potenciální zdravotní rizika a kumulaci mikroplastů v tkáních suchozemských živočichů je málo, neměla by být tato rizika přehlížena, zejména s ohledem na rostoucí zásoby plastového odpadu v životním prostředí (Dissanayake et al., 2022).

Vliv mikroplastů na vodní organismy, zvláště mořské, je více známý díky podstatně delšímu výzkumu, který se věnuje vlivu plastů na světové oceány. Příjem a retence mikroplastů v mnoha druzích měkkýšů z různých lokalit byly široce popsány po celém světě, včetně slávek, ústřic, škeblí, mihulí a hřebenatek. Byly zaznamenány i nepříznivé dopady na zdraví měkkýšů a korýšů, včetně fyzického zablokování střeva, snížení filtrace, dostupnosti energie, dopad na vývoj larev a plodnost a další. Nicméně tyto dopady byly prováděny v laboratorních podmínkách a nemusí tak odrážet realitu (Li et al., 2021).

Je také známo, že se mikroplasty naprosto běžně vyskytují v mase ryb. Ze 150 ryb odchycených pro výzkum v portugalských pobřežních vodách jich mikroplasty obsahovalo 73, z toho u 48 z nich byly mikroplasty zjištěny v hřbetní svalovině. Mikroplasty byly rybami zřejmě přijímány buď přímo z mořské vody pasivně filtrací žábry, aktivně pozřením při záměně s kořistí a pozřením kontaminované kořisti (Barboza et al., 2020).

Většina výzkumů dopadu mikroplastů na zdraví ryb byla prováděna v laboratořích. Zjistilo se, že mikroplasty se mohou hromadit v trávicím ústrojí ryb, vytvářet překážky v celém trávicím traktu a omezovat tak příjem potravy z důvodu nechutenství. Mikroplasty také mohou vyvolat anatomické a funkční změny v trávicím traktu. Bylo provedeno mnoho výzkumů, které prokázaly, že mikroplasty pro ryby představují hrozbu a že v důsledku příjmu mikroplastů často dochází k jejich úhynu před dosažením dospělosti (Bhuyan, 2022). Většina studií byla provedena na Dánii pruhovaném (*Danio rerio*) a nejčastější zjištěné

účinky byly oxidační stres, snížená pohyblivost, narušené genové exprese a poškození reprodukčních orgánů.

### 3.2 Vliv na člověka

Mikroplasty jsou v životním prostředí všudypřítomné a člověk je jim neustále vystavován. Bylo dokázáno, že člověk může mikroplasty přijímat požitím, vdechnutím nebo absorpcí kůží (Rahman et al., 2021).

Primárním způsobem expozice člověka mikroplasty je požitím kontaminovaných potravin a vody. Kanadští vědci při zaměření na americkou stravu vyhodnotili, že průměrná roční spotřeba mikroplastů Američany se pohybuje mezi 39 000 až 52 000 částicemi. Navíc odhadují, že osoby, které pijí vodu výhradně balenou, mají příjem navýšený o dalších 90 000 mikroplastů na rozdíl od 4 000 částic u osob, které pijí výhradně vodu z kohoutku (Cox et al., 2019).

Významným zdrojem mikroplastů požitím jsou mořské plody a ryby. Příjem mikroplastů konzumací ryb se u vybraných amerických a evropských zemí pohybuje mezi 518 až 3 078 částicemi za rok na jednoho obyvatele (Barboza et al., 2020). Podrobnou analýzou 19 studií bylo stanoveno, že lidský příjem mikroplastů z mořských plodů může být až 55 000 částic za rok (Danopoulos et al., 2020).

Při studiu atmosférických mikroplastů na Filipínách bylo spočítáno, že dospělý člověk má v Manile potenciál vdechnout kolem 76 částic mikroplastů ročně. Autoři této studie ale naměřili velmi malé hodnoty mikroplastových částic ve vzduchu oproti jiným studiím. V případě aplikace jejich modelu vdechování částic na jiné studie, jejichž výsledky zmiňují, by se pak například v Paříži jednalo o vdechnutí zhruba 3 500 a v Šanghaji dokonce o téměř 600 000 vdechnutých částic mikroplastů ročně (Romarate et al., 2023).

Mikroplasty byly nalezeny v lidských výkalech (Schwabl et al., 2019) i v lidské placentě (Ragusa et al., 2021).

Z hlediska zdraví bylo obecně zjištěno (v laboratorních podmínkách nebo pokusy na zvířatech), že mikroplasty mohou způsobovat oxidační stres a cytotoxicitu, změnu metabolismu a energetické bilance, neurotoxicitu, toxicitu pro reprodukci, karcinogenitu a mohou působit jako přenašeči toxických chemických látek a mikroorganismů (Rahman et al., 2021).

Zatímco o tom, že mikroplasty jsou v lidském těle přítomny není pochyb, tak přesný dopad mikroplastů na lidské zdraví není v současné době úplně jasný. Přiznávají to i autoři srovnávací studie z roku 2020, která podrobně zkoumala 129 vybraných publikací, zabývajících se vlivem mikroplastů na lidské zdraví (Rahman et al., 2021). Stejně tak to konstatuje zpráva Světové zdravotnické organizace z roku 2019 (WHO, 2019), která se zabývá mikroplasty v pitné vodě. Ani v této zprávě nebylo jasně dokázáno, jaký vliv mají mikroplasty na lidské zdraví. Naopak obě zmíněné studie uvádějí, že je zapotřebí dalšího výzkumu.

K tomu, aby bylo možné jasně říct, zda a jaký mají mikroplasty dopad na lidské zdraví, je potřeba provést výzkum publikovaných studií na téma mikroplasty, zda některá z nich neprokázala vliv mikroplastů na lidské zdraví.

## 4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Mikroplasty jsou částičky plastů menší jak 5 mm. Mikroplasty dělíme na dvě velké skupiny, podle toho, jak se dostávají do životního prostředí. Primární mikroplasty jsou přímo vyráběny jako mikročástice. Nejčastěji se jsou obsaženy v přípravcích osobní hygieny, vyrobeny jako třpytky nebo plastové pryskyřice. Sekundární mikroplasty vznikají rozkladem velkých plastů. Tento rozklad probíhá nejčastěji biodegradací, fotodegradací, termickou degradací, termooxidační degradací a hydrolýzní degradací. Nejvíce sekundárních mikroplastů vzniká z pevného odpadu, z praní syntetického prádla a oděru pneumatik.

Mikroplasty jsou v životním prostředí všudypřítomné. Vyskytují se v půdě, a to jak v povrchových vrstvách, tak i v hlubších vrstvách, kam jsou splachovány s vodou až do podzemních vod. Nejčastější způsob kontaminace půdy mikroplasty je skládkování pevného odpadu, využívání kalů z čističek odpadních vod a mulčování půdy plastovými fóliemi.

Výskyt mikroplastů ve vodě je nejvíce prozkoumaný ze všech výskytů mikroplastů v životním prostředí, a to hlavně v mořích a oceánech. Mikroplasty se do vod dostávají buď přímým vyhozením plastového odpadu, nebo nedokonalou technologií přes čističky odpadních vod. Do oceánů se mikroplasty v 80 % případů dostávají přes pobřeží nebo jsou do nich dopraveny řekami.

Výskyt mikroplastů v ovzduší je méně prozkoumaný než jejich výskyt v půdě nebo ve vodě. Za hlavní zdroj jsou považovány vlákna ze syntetických textilií, oděr pneumatik a mikroplasty ze zvířeného silničního prachu. Mikroplasty jsou pak vzduchem často přenášeny na velké vzdálenosti a kontaminují tak sněhové pokrývky hor vzdálených od civilizace nebo arktická jezera.

Vliv mikroplastů v životním prostředí je značný. Tím, že jsou mikroplasty přítomné v každé složce životního prostředí ji velmi ovlivňují a degradují její kvalitu a možnost využití člověkem. V půdě mikroplasty degradují její kvalitu, a to hlavně k zemědělským účelům, vedou k nárůstu plastů v suchozemském potravním řetězci a zřejmě i ovlivňují růst rostlin. Ve oceánech mikroplasty ovlivňují mimo jiné sekvestraci uhlíku a kumulují se v potravním řetězci.

Dopad na živé organismy je sice zdokumentován na řadě příkladů, jak na rostlinách, tak na suchozemských i vodních živočiších, ale stále potřebuje další výzkum, aby došlo lepšímu pochopení působení plastů na živé organismy. Nicméně v laboratorních podmínkách byla dokázána celá řada škodlivých jevů jako je blokování střeva mikroplasty, jejich výskyt ve

svalovině živých organismů, dopad na plodnost, vyvolání anatomických i funkčních změn v trávicím traktu ryb, narušení genové exprese, snížená pohyblivost, poškození reprodukčních orgánů etc.

Z hlediska dopadu na člověka lze konstatovat, že mikroplasty se běžně vyskytují v lidském těle, a to nejen v žaludku, střevech a ve výkalech, ale i v krvi nebo placentě. Zatím ale mimo laboratorní podmínky není známo, že mikroplasty mají škodlivý dopad na zdraví člověka. Vliv mikroplastů na zdraví člověka tak není znám, jak přiznává i Světová zdravotnická organizace, ve své studii z roku 2019. Je proto potřebné se zaměřit na aktuální probíhající výzkum, zda již byl potvrzen negativní vliv mikroplastů na zdraví člověka od vydání zmíněné studie a zda je výzkum mikroplastů a jejich dopadu na životní prostředí a lidské zdraví dostatečně velký.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## **5 VLIV MIKROPLASTŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ A LIDSKÉ ZDRAVÍ**

Praktická část je zaměřena na vliv mikroplastů na životní prostředí z hlediska probíhajícího výzkumu, zda je dostatečný nebo nedostatečný a jaký mají dopad mikroplasty v životním prostředí na lidské zdraví.

Ke stanovení záchytného bodu od kdy vliv mikroplastů zkoumat, je vybrána silná reprezentativní studie od Světové zdravotnické organizace. A to konkrétně studie, kterou tato organizace vydala poměrně nedávno v roce 2019, a která se zabývá vlivem mikroplastů na lidské zdraví z hlediska pitné vody (World Health Organization, 2019).

### **5.1 Světová zdravotnická organizace a její studie o vlivu mikroplastů na lidské zdraví (a životní prostředí) a doporučení dalšího výzkumu**

Světová zdravotnická organizace (anglicky World Health Organization – dále jen WHO) je agenturou patřící pod systém Organizace spojených národů. Byla založena v roce 1946 a Česká republika se stala členem v roce 1993 (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2022).

Hlavními směry činnosti WHO je formulace zdravotní politiky a konzultační činnost dle potřeb členských států, odborná pomoc při vypracování národních zdravotnických strategií, sledování indikátorů zdravotního stavu populace a ukazatelů hodnotících zdravotnické systémy jednotlivých států, rozvoj a testování nových technologií a postupů pro kontrolu nemocí a řízení zdravotní péče (Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2022).

#### **5.1.1 Studie Světové zdravotnické organizace o mikroplastech v pitné vodě**

V listopadu 2019 byla publikována zatím jediná studie WHO, zabývající se mikroplasty: „Microplastics in drinking-water“ (World Health Organization, 2019). Je zajímavé, že instituce tak významná vydala pouze jednu publikaci týkající se mikroplastů. Okrajově jsou zmíněny mikroplasty i v její novější publikaci o tabáku (World Health Organization, 2022, s. 7), kde je jim ale věnován stručný prostor o několika větech.

I když je publikace WHO zaměřena na problematiku mikroplastů v pitné vodě, tak v celé řadě kapitol se svým záběrem dotýká obecného výskytu mikroplastů v životním prostředí.

Ve dvou kapitolách se publikace věnuje možným rizikům vyplývajícím z mikroplastů pro lidské zdraví. Zkoumá vliv mikroplastů na lidské zdraví celkem ze tří pohledů: částic, chemického působení a biofilmů.

1. **Částice** – v případě fyzických částic mikroplastů nelze z dostupných studií vyvodit závěry, které by naznačovali zdravotní rizika pro člověka (World Health Organization, 2019, s. 42).
2. **Chemické působení** – vzhledem k velmi konzervativnímu scénáři expozice člověka vůči mikroplastům, je zde pouze nízká obava o lidské zdraví (World Health Organization, 2019, s. 42).
3. **Biofilmy** – opětovné konstatování, že v současné době neexistují důkazy, že by biofilmy v pitné vodě spojené s mikroplasty představovaly riziko pro lidské zdraví (World Health Organization, 2019, s. 48).

Překvapivě tak v obsáhlé studii není ani jednou jasně řečeno, zda jsou mikroplasty pro lidské zdraví škodlivé nebo ne. Právě proto na konci obou kapitol (částice a chemické působení jsou ve studii v jedné kapitole), vydala WHO doporučení pro budoucí výzkum.

### **5.1.2 Doporučení pro budoucí výzkum dopadů mikroplastů na lidské zdraví a životní prostředí**

WHO v zásadě v obou kapitolách (věnujících se dopadu mikroplastů na lidské zdraví) konstatuje, že je potřeba provést důkladnější posouzení rizik mikroplastů pro lidské zdraví, aby bylo možné uspokojivě zodpovědět, jaký dopad mohou mít mikroplasty na lidské zdraví. Doporučení je celá řada, od obecných doporučení věnujících se obsahu mikroplastů v pitné vodě, přes poměrně specifický výzkum výskytu mikroplastů v trávicím traktu člověka a prostupnosti mikroplastů do těla (World Health Organization, 2019, s. 43 a s. 49).

V úplném závěru celé studie je výzva k širokému výzkumu pro lepší pochopení celkové expozice mikroplastů v životním prostředí, nejenom z hlediska významu expozice mikroplastů v pitné vodě. WHO vyzývá k dalšímu výzkumu v oblasti vývoje standardních metod pro měření výskytu mikroplastů a k provedení dalších studií o výskytu a vlastnostech mikroplastů v životním prostředí a pitné vodě. Je podle ní potřeba lepšího pochopení celkové expozice mikroplastů v životním prostředí a jejich vlivu na zdraví člověka (World Health Organization, 2019, s. 69-70).



## 5.2 Pokrok ve výzkumu vlivu mikroplastů na životní prostředí a zdraví člověka v letech 2019 až 2022 a stanovení hypotéz

Zpráva WHO opakovaně zmiňuje, že nemá dostatek výzkumných dat k posouzení vlivu mikroplastů na lidské zdraví a opakovaně vyzívá k dalšímu výzkumu. A to jak k výzkumu vlivu mikroplastů na zdraví člověka, tak k obecnému výzkumu dopadu mikroplastů na životní prostředí.

Vzhledem k tomu, že WHO je významnou agenturou patřící pod OSN, jejímiž členy jsou téměř všechny státy OSN, tak se dá předpokládat, že státy samotné i akademický sektor těchto států podnikl od vydání zmiňované studie určité kroky k naplnění volání po důkladnějším výzkumu na téma vlivu mikroplastů na životní prostředí a lidské zdraví, a že tak výzkum na toto téma významným způsobem pokročil.

Na základě tohoto předpokladu jsou položeny dvě výzkumné otázky:

1. Jak se zvýšil (nebo snížil) počet vědeckých prací věnovaných tématu mikroplastů a jejich dopadu na životní prostředí nebo na zdraví člověka od publikování studie WHO?
2. Zda byly zjištěny dopady výskytu mikroplastů v životním prostředí na zdraví člověka od publikování studie WHO?

Na základě těchto otázek lze stanovit dvě hypotézy:

1. **Hypotéza H1** – Od publikování studie WHO se v následujících třech letech počet studií na téma mikroplasty a jejich dopad na životní prostředí nebo na zdraví člověka zvýšil oproti roku 2019.
2. **Hypotéza H2** – Od publikování studie WHO byl do konce roku 2022 prokázán negativní vliv mikroplastů v životním prostředí na zdraví člověka.

Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotéz je provedena obsahová analýza článků zabývajících se dopadem plastů na životní prostředí a na zdraví člověka u vybraných citačních databází. U Hypotézy H1 je zaměřena na počet dokumentů v jednotlivých letech ve vybraných citačních databázích, jejich regionální rozložení a zda se jedná o recenzní nebo i výzkumné texty. U Hypotézy H2 je proveden rozbor textu relevantních vybraných vědeckých studií.

## 6 OBSAHOVÁ ANALÝZA VÝVOJE POČTU ODBORNÝCH STUDIÍ VĚNOVANÝCH MIKROPLASTŮM A JEJICH VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ NEBO NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA

Tato část práce se soustředí na porovnání nárůstu počtu odborných dokumentů o mikroplastech a jejich dopadu na životní prostředí nebo lidské zdraví. Předmětem zájmu je nárůst od vydání studie WHO. Práce porovnává období od roku 2019, kdy tato studie byla vydána s následujícími třemi roky (2020 až 2022).

### 6.1 Citační databáze pro výzkum

Výzkum je postaven na třech citačních databázích Scopus, Web of Science a Google Scholar.

Scopus a Web of Science jsou dvě největší vědecké bibliografické multioborové databáze (Pranckutė, 2021), které jsou „curated“ – čili jsou aktualizované a zpravované za významného využití lidské síly (Buneman, 2003). Oproti tomu Google Scholar využívá jen vyhledávací algoritmus napříč celým internetem, kdy se snaží předložit relevantní vědecké články. Nicméně „curated“ databázi není (Korjonen, 2021). Následuje stručné představení všech tří databází.

#### 6.1.1 Web of Science

Web of Science byl první bibliografickou databází, kterou založil Eugene Garfield v 60. letech 20. století jako Institute for Scientific Information. Při akvizici společnosti Thompson of science v roce 1992 dostal institut svou současný název Web of Science (dále WoS) (Pranckutė, 2021). Jako internetová webová stránka byla WoS spuštěna v roce 1997 (Liu, 2019).

WoS je multioborová a selektivní databáze, která se skládá z řady specializovaných indexů, seskupených podle indexovaného obsahu nebo podle témat (Pranckutė, 2021). Databáze není volně přístupná, ale je placená.

#### 6.1.2 Scopus

**Scopus** je obdobně jako WoS multioborová citační databáze, která byla zpuštěna v roce 2004 společností Elsevier (Pranckutė, 2021). Řadí se mezi největší recenzované bibliografické abstraktní databáze (Baas et al., 2020). Databáze není volně přístupná, ale je obdobně jako WoS placená.

### 6.1.3 Google Scholar

Třetí zkoumanou databází je služba Google Scholar, která byla spuštěna v roce 2004. Oproti dvou výše zmíněným databázím má Google Scholar (dále jen GS) velkou výhodu díky svému volnému (neplacenému) přístupu a komplexnímu pokrytí, kdy tato služba indexuje jakýkoliv dokument se zdánlivě akademickou strukturou (Martín-Martín et al., 2018). Na druhou stranu ale jeho hlavními nevýhodami jsou nedostatečná transparentnost, přesnost, kontrola, možnost manipulovat jeho vyhledáváním pomocí zfalšovaných dat (Pranckuté, 2021).

Nicméně i přes všechny zmíněné nedostatky je pro náš výzkum relevantním zdrojem, protože pokrývá výrazně větší část možných výsledků. Toto prokázal Alberto Martín-Martín a kolektiv ve svém výzkumu v roce 2018. Podle tohoto výzkumu na téměř 2,5 miliónu hledaných citací, jich GS našel největší procento (93 % až 96 %), výrazně víc jak Scopus (35 % až 77 %) nebo WoS (27 % až 73 %). Je zde nutné podotknout, že většina pocházela ze zdrojů mimo vědecké časopisy (včetně diplomových prací, knih a konferenčních materiálů) (48 % až 65 %) (Martín-Martín et al., 2018).

## 6.2 Nastavení pravidel pro výzkum počtu odborných článků v citačních databázích

Aby výsledky ze tří různých databází byly porovnatelné a šlo tak potvrdit nebo vyvrátit Hypotézu H1, je potřeba použít u všech databází stejný postup při vyhledávání výsledků.

Klíčové je tedy určit vyhledávací fráze tak, aby se dala užít ve všech databázích stejně a poskytovala co nejvíce porovnatelné výsledky. Při vyhledávání je vždy použit anglický jazyk. Celkem jsou určeny dvě vyhledávací fráze.

První fráze se týká dopadu mikroplastů na životní prostředí. V anglickém překladu: microplastic and their impact on the environment. Pro potřeby vyhledávání stačí použít vhodně zvolená klíčová slova. Pro první frázi jsou zvolena tyto tři – microplastic, impact, environment. Je potřeba také zohlednit, že v některých vědeckých pracích se užívá pro mikroplasty anglické slovo „microplastic“ a v jiných „microplastics“. Aby výsledky byly relevantní, jsou do vyhledávání zahrnuty obě varianty. Ve výsledku je tak hledán buď set klíčových slov – „microplastic, impact, environment“ nebo „microplastics, impact, environment“. Dále v textu je takto nastavená fráze pro vyhledávání označována jako „Fráze 1“.

Druhá fráze se týká dopadu mikroplastů na lidské zdraví čili v anglickém překladu: microplastic and their impact on human health. Obdobně jak u první fráze jsou určena klíčová slova a to – microplastic, impact, human, health a opět při vyhledávání jsou zohledněny varianty s „microplastics“. Takto nastavené vyhledávání je dále v textu označováno jako „Fráze 2“.

Hlavním zájmem výzkumu je nárůst (nebo pokles) počtu vědeckých prací od doby publikování zprávy WHO o mikroplastech. Proto je výzkum soustředěn na roky 2019 až 2022 a sleduje nárůst (nebo pokles) v daných letech. Kromě toho je potřeba se podívat i na další možná statistická data, které umožňují Scopus a WoS. Tyto dodatečná data umožní určit, zda výsledky vyhledávání jsou dostatečně relevantní pro potvrzení hypotézy. Předmětem výzkumu tak kromě množství odborných prací jsou dvě další veličiny:

1. Regionální hledisko – čili rozložení množství dokumentů podle zemí, ze kterých autoři pocházejí. Cílem je se ujistit, že se jedná o výzkum rozložený světově, a nikoliv například soustředěný jen do jedné země – tak by totiž mohlo docházet ke zkreslování výsledků.
2. Typ dokumentu – hlavním kritériem je, zda se jedná o výzkumný článek nebo recenzní článek, ať je jasné, v jaké míře výzkum skutečně probíhá nebo zda se jen recenzuje starší výzkum a nový výzkum stagnuje.

Podle dosažených výsledků pak lze potvrdit nebo vyvrátit Hypotézu H1.

### **6.3 Statistika výskytu odborných dokumentů ve sledovaných citačních databázích**

#### **6.3.1 Statistika výskytu podle Scopus**

##### ***6.3.1.1 Vývoj počtu vědeckých prací o dopadu mikroplastů na životní prostředí.***

Při vyhledávání Fráze 1 je výsledkem celkem 2 421 dokumentů, při omezení na zkoumané roky 2019 až 2022 klesne počet výsledků na 1 914 dokumentů. Rozdělení vyhledávání po jednotlivých letech je shrnuto v tabulce níže (Tab. 2).

Při zkoumání vyhledaných dokumentů z hlediska jejich typu, tak největší dvoutřetinový podíl 66,1 % jsou vědecké články, čtvrtina z celkového počtu (26,6 %) jsou recenze a ostatní typy dokumentů jsou zbývajících 7,3 %.

Z regionálního rozdělení je lídrem v tomto výzkumu Čína s celkem 631 články (32,97 %), za ní pak s velkým odstupem USA s 231 dokumenty a další země mají již méně jak 160 dokumentů. Nad 100 dokumentů má sedm zemí, z Evropy jsou to tři. Jedná se o Spojené království, Itálie a Německo. Česká republika je reprezentována 18 dokumenty.

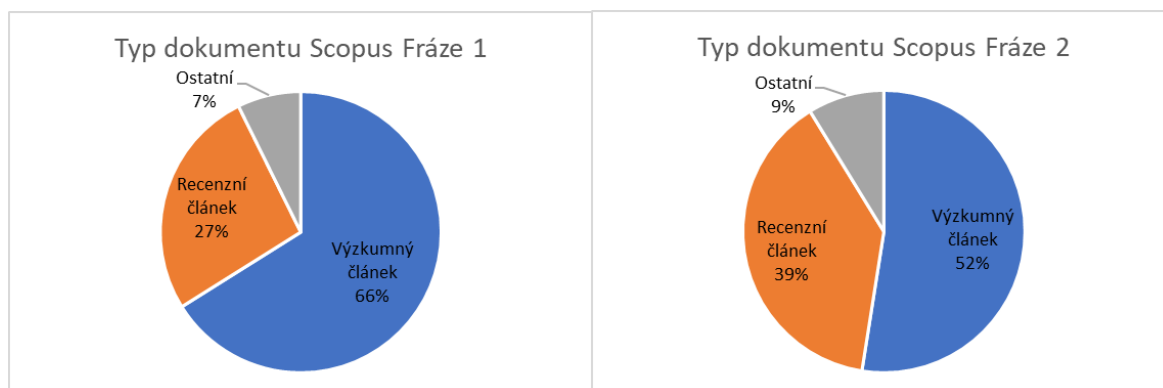
### 6.3.1.2 Vývoj počtu vědeckých prací o dopadu mikroplastů lidské zdraví.

Při vyhledávání Fráze 2 je výsledkem celkem 790 odborných dokumentů, při omezení na zkoumaná léta jejich počet klesne na 661. Podrobné rozdělení podle počtu let viz tabulka (Tab. 2).

Tabulka 2 Porovnání počtu dokumentů – Scopus

Rok	Počet dokumentů Fráze 1	Počet dokumentů Fráze 2
2019	175	50
2020	356	107
2021	559	187
2022	824	317

Z hlediska typu dokumentů oproti Frázi 1 narostl počet recenzních článků, a to na úkor výzkumných článků. Výzkumných článků je 347, což v procentuálním vyjádření je 52,5 %, zatímco recenzních článků je 256 (38,73 %). U výzkumných článků se tak jedná o pokles 13,6 %, viz obrázek (Obr. 1).



Obrázek 1 Srovnání typů dokumentů – Scopus

Z regionálního hlediska je opět lídrem Čína s celkem 212 dokumenty, následuje opět USA s 91 a třetí je Indie se 70 dokumenty. Nově v žebříčku prvních deseti zemí je Jižní Korea, která dokonce obsadila osmou příčku s 32 dokumenty. Za Českou republiku bylo v oblasti dopadu mikroplastů na lidské zdraví publikováno 7 článků. Podrobné rozložení obou zkoumaných frází viz tabulka (Tab. 3).

Tabulka 3 Porovnání počtu dokumentů podle zemí – Scopus

<i>Země</i>	<i>Počet dokumentů Fráze 1</i>	<i>Země</i>	<i>Počet dokumentů Fráze 2</i>
Čína	631	Čína	212
USA	231	USA	91
Spojené království	157	Indie	70
Indie	154	Spojené království	60
Itálie	138	Itálie	45
Německo	122	Austrálie	42
Austrálie	103	Německo	39
Kanada	95	Jižní Korea	32
Španělsko	82	Španělsko	29
Francie	75	Kanada	28

### 6.3.2 Statistika výskytu podle Web of Science

#### 6.3.2.1 Vývoj počtu vědeckých prací o dopadu mikroplastů na životní prostředí

Při vyhledávání Fráze 1 je počet výsledků u WoS výrazně vyšší než v případě Scopus. Celkem se jedná o 3383 vyhledaných dokumentů, v případě omezení vyhledávání na sledované roky se jedná o 2 756 dokumentů.

Z hlediska typu výrazně vedou výzkumné články, kterých je za celé období 2 208 (80,12 %), zatímco recenzních článků je 513 (18,61 %).

Regionální rozložení je obdobné jak u Scopus. Čína v počtu vyhledaných dokumentů ve WoS vede ještě s vyšším procentuálním náskokem než v případě Scopus. Celkem u ní se jedná o 982 dokumentů, což je 35,63 % ze všech publikovaných ve sledovaném období. Následuje USA s 314 dokumenty, Itálie s 238 dokumenty a nad 200 publikovaných dokumentů má ještě Spojené království a to 221. Česká republika podle WoS má 28 publikovaných dokumentů.

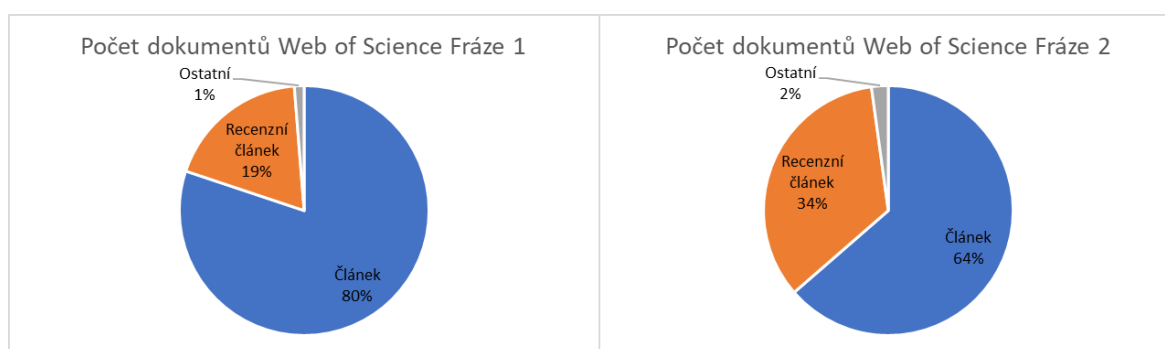
#### 6.3.2.2 Vývoj počtu vědeckých prací o dopadu mikroplastů lidské zdraví

Při vyhledání Fráze 2 je výsledkem u WoS celkem 791 dokumentů, ve sledovaném období se jedná o 690 dokumentů. Rozdělení počtu dokumentů u obou frází ve sledovaném období viz tabulka (Tab. 4).

Tabulka 4 Porovnání počtu dokumentů – Web of Science

Rok	Počet dokumentů Fráze 1	Počet dokumentů Fráze 2
2019	278	66
2020	529	115
2021	913	229
2022	1036	280

Z hlediska typu dokumentu, obdobně jak v případě výsledků Scopus, narostl výrazně počet recenzních článků na úkor výzkumných článků. A to téměř na dvojnásobek, kdy počet výzkumných článků je 439, ale počet recenzních 236. Recenzní články tak zvýšili svůj podíl oproti Frázi 1 z 18,61 % na 34,2 %. Přehledné porovnání viz obrázek (Obr. 2).



Obrázek 2 Srovnání typů dokumentů – Web of Science

Regionální rozložení zachovává dominanci Číny s výskytem 209 dokumentů, následuje USA se 102 dokumenty a poměrně překvapivě se umístila Indie (70), která v případě vyhledávání Fráze 1 skončila až jako pátá. Podrobné rozdělení obou vyhledávání viz tabulka (Tab. 5).

Tabulka 5 Porovnání počtu dokumentů podle zemí – Web of Science

Země	Počet dokumentů Fráze 1	Země	Počet dokumentů Fráze 2
Čína	982	Čína	209
USA	314	USA	102
Itálie	238	Indie	70
Spojené království	221	Spojené království	63
Indie	172	Itálie	49
Austrálie	170	Německo	45
Německo	170	Jižní Korea	43
Španělsko	158	Španělsko	40
Kanada	131	Austrálie	37
Francie	112	Kanada	29

### 6.3.3 Statistika výskytu podle Google Scholar

GS má oproti dvěma předchozím databázím dvě specifika. První je, že umožňuje pouze srovnání podle data vydání. Druhá, že skutečně svým algoritmem nachází výrazně víc článků než Scopus nebo WoS. V nastavení hledání je tak volba omezena na recenzované články (volba „review articles“). V podání GS se jedná o články, které obsahují seznam literatury na dané téma, práci nebo autora (D'Angelo, 2022).

Pro zajímavost, pokud při vyhledávání tato možnost nebude vybrána, tak na Frázi 1 najde GS celkem 64 600 odkazů a na Frázi 2 celkem 41 900 odkazů (bez časového omezení), což je opravdu výrazně více než v případě obou předchozích analyzovaných databází.

Pokud se tedy dále budeme zabývat pouze sledovaným obdobím a omezenou volbou na „review articles“, pak v případě Fráze 1 GS odkáže na 7 475 výskytů a v případě Fráze 2 na 6 233 výskytů. Podrobné rozdělení viz tabulka (Tab. 6). Na tomto místě je třeba zmínit, že při vyhledávání po jednotlivých letech oproti souhrnu všech let dohromady dochází k zaokrouhlování počtu výsledků (proto součet počtu nalezených článků po rocích je jiný než pokud je hledán naráz celý časový úsek). Rozdíl ale činí pouze 15 výskytů v případě Fráze 1 a jen 3 výskyty v případě Fráze 2, což z hlediska zkoumaného vývoje v daném časovém období lze zanedbat.

Tabulka 6 Porovnání počtu dokumentů – Google Scholar

<i>Rok</i>	<i>Počet dokumentů Fráze 1</i>	<i>Rok</i>	<i>Počet dokumentů Fráze 2</i>
2019	545	2019	430
2020	1170	2020	943
2021	2250	2021	1870
2022	3510	2022	2990

## 6.4 Vyhodnocení statistiky výskytu zkoumaných odborných článků ve sledovaných citačních databázích

Zpráva WHO o mikroplastech byla publikována 30. srpna 2019 (World Health Organization, 2019). Z toho důvodu lze brát rok 2019 jako základ výzkumu, od kterého je zkoumán nárůst počtu odborných prací na téma mikroplastů a jejich vlivu na životní prostředí a zdraví člověka, tak jak bylo stanoveno v Hypotéze H1.

Dá se totiž předpokládat, že výzkumy, které proběhly v roce 2019, nebyly ještě reakcí na tuto zprávu, ale byly započaty nebo naplánovány dříve, než zpráva WHO byla publikována.



Obdobně lze předpokládat, že první výzkumy, které na tuto zprávu reagovaly, se uskutečnily nejdříve v roce 2020.

Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotézy H1 jsou zohledněny tři hlediska:

1. Počet publikovaných odborných studií v jednotlivých letech a porovnání s počtem studií v roce 2019 a zároveň meziroční porovnání. Cílem je zjistit absolutní nárůst článků a dynamiku růstu meziročně.
2. Poměr růstu mezi výzkumnými a recenzními články, kterým je zjištěno, v jaké míře probíhá primární výzkum.
3. Regionální rozložení podle aktivity států. Cílem je zjistit, zda na výzvu WHO zareagovala vědecká komunita celosvětově nebo zda reakce byla jen regionální.

#### 6.4.1 Vývoj počtu odborných studií v letech 2019 až 2022

Vývoj počtu vědeckých prací ze všech tří zkoumaných citačních databází je porovnáván zvlášť pro Frázi 1 a Frázi 2.

Prvně je vypočítán absolutní procentuální vývoj počtu prací, kdy procentuální výpočet je vztažen k roku 2019. Tím je zjištěn nárůst objemu výzkumu viz tabulka (Tab. 7).

Tabulka 7 Nárůst počtu odborných prací Fráze 1 vztaženo k roku 2019

<i>Rok</i>	<i>Počet Scopus</i>	<i>Nárůst v %</i>	<i>Počet WoS</i>	<i>Nárůst v %</i>	<i>Počet GS</i>	<i>Nárůst v %</i>
2019	175	-	278	-	545	-
2020	356	<b>103 %</b>	529	<b>90 %</b>	1170	<b>115 %</b>
2021	559	<b>219 %</b>	913	<b>228 %</b>	2250	<b>313 %</b>
2022	824	<b>371 %</b>	1036	<b>273 %</b>	3510	<b>544 %</b>

Dále je zjištěna dynamika růstu výzkumu, kde dochází k procentuálnímu výpočtu vždy vztaženému k předchozímu roku. Tento výpočet ukáže dynamiku růstu objemu výzkumu. Výsledky viz tabulka (Tab. 8).

Tabulka 8 Dynamika růstu odborných prací Fráze 1 meziročně

<i>Rok</i>	<i>Počet Scopus</i>	<i>Dynamika %</i>	<i>Počet WoS</i>	<i>Dynamika %</i>	<i>Počet GS</i>	<i>Dynamika %</i>
2019	175	-	278	-	545	-
2020	356	<b>103 %</b>	529	<b>90 %</b>	1170	<b>115 %</b>
2021	559	<b>57 %</b>	913	<b>73 %</b>	2250	<b>92 %</b>
2022	824	<b>47 %</b>	1036	<b>13 %</b>	3510	<b>56 %</b>

Stejnou metodikou je zpracován nárůst počtu i dynamika růstu odborných prací v případě Fráze 2. Výsledkem jsou následující tabulky (Tab. 9 a Tab. 10).

Tabulka 9 Nárůst počtu odborných prací Fráze 2 vztaheno k roku 2019

<i>Rok</i>	<i>Počet Scopus</i>	<i>Nárůst v %</i>	<i>Počet WoS</i>	<i>Nárůst v %</i>	<i>Počet GS</i>	<i>Nárůst v %</i>
2019	50		66		430	
2020	107	<b>114 %</b>	115	<b>74 %</b>	943	<b>119 %</b>
2021	187	<b>274 %</b>	229	<b>247 %</b>	1870	<b>335 %</b>
2022	317	<b>534 %</b>	280	<b>324 %</b>	2990	<b>595 %</b>

Tabulka 10 Dynamika růstu odborných prací Fráze 2 meziročně

<i>Rok</i>	<i>Počet Scopus</i>	<i>Dynamika %</i>	<i>Počet WoS</i>	<i>Dynamika %</i>	<i>Počet GS</i>	<i>Dynamika %</i>
2019	50		66		430	
2020	107	<b>114 %</b>	115	<b>74 %</b>	943	<b>119 %</b>
2021	187	<b>75 %</b>	229	<b>99 %</b>	1870	<b>98 %</b>
2022	317	<b>70 %</b>	280	<b>22 %</b>	2990	<b>60 %</b>

Jak je vidět z Tabulek 7 a 9, tak v případě obou sledovaných frází je nárůst objemu výzkumu enormní a v roce 2022 dosahuje hodnot mezi 273 % až 595 %. Vyšších nárůstů dosahuje navíc u výzkumů zaměřených na vliv mikroplastů na lidské zdraví ve všech třech databázích, což lze dát do souvislosti s výzvou WHO, která se zaměřuje právě na dopady na lidské zdraví.

Dynamika růstu už tak enormní není a postupně dochází k poklesu této dynamiky. Přes to všechno se stále jedná o dynamický růst, který je sice menší v případě WoS, ale v případě Scopus a GS se pořád pohybuje kolem 50 % v případě Fráze 1 a v případě Fráze 2 dokonce nad 60 %.

V závěru této kapitoly tedy lze konstatovat, že z hlediska růstu objemu výzkumných prací i z hlediska dynamiky růstu je hypotéza H1 potvrzena.

#### 6.4.2 Poměr výzkumných a recenzních článků

Tato kapitola je zaměřena na vývoj poměru výzkumných a recenzních článků ve zkoumaném nárůstu. Proč je toto důležité?

Výzkumné články, někdy označované jako empirické nebo primární zdroje, informují o původním výzkumu. Obvykle obsahují části jako úvod, metody, výsledky a diskusi (Campbell, 2018).

Oproti tomu recenzní články (někdy nazývané referenční, přehledy literatury nebo sekundární zdroje), syntetizují nebo analyzují již provedený výzkum v primárních zdrojích. Obvykle shrnují současný stav výzkumu daného tématu (Campbell, 2018).

Pro potvrzení hypotézy H1 je potřeba, aby se nezvyšoval jen absolutní objem článků, ale aby byl dostatečný objem i výzkumných článků, nejen recenzních. Při porovnání se vychází z citačních databází Scopus a WoS, protože GS tuto statistiku nepodporuje.

Toto porovnání je znázorněné výše viz Obrázek 1 a Obrázek 2. Z obrázků vychází, že u obou sledovaných Frází jak v případě Scopus, tak v případě WoS je poměr výzkumných článků nad 50 %. S tím, že v případě WoS je tento poměr výraznější a dosahuje u Fráze 1 dokonce 80 %.

Lze tak prohlásit, že podíl primárního výzkumu je více jak 50 % ve sledovaných databázích u obou sledovaných frází. Proto lze konstatovat, že i z druhého hlediska je hypotéza H1 potvrzena.

#### 6.4.3 Regionální rozložení růstu objemu odborných studií

V třetím kroku potvrzení hypotézy je potřeba se zaměřit na regionální rozložení výzkumu a potvrdit si, že růst výzkumu není jen záležitostí jedné země, ale že se jedná o růst napříč regiony. Tento krok bude zaměřen pouze na databáze Scopus a WoS, protože GS regionální statistiku nepodporuje.

Pro přehlednost je provedena syntéza Tabulky 3 a Tabulky 5 do jedné souhrnné. Jsou v ní zahrnuty ty země, které mají zastoupení v každém sloupci tabulky – čili země, které se umístily v první desítce u obou zkoumaných frází a zároveň jsou zastoupeny v obou databázích. Počty článků se sečtou pro každou zemi za obě fráze a z obou databází a vyjádří se procentuálním podílem k celkovému počtu článků ve sledovaném období, což je 6021 článků. Výsledek viz následující tabulka (Tab. 11).

Tabulka 11 Regionální porovnání nárůstu objemu výzkumu podle zemi

<i>Země</i>	<i>Scopus Fráze 1</i>	<i>Scopus Fráze 2</i>	<i>WoS Fráze 1</i>	<i>WoS Fráze 2</i>	<i>Celkem</i>	<i>Podíl %</i>
Čína	631	212	982	209	<b>2034</b>	<b>33,78 %</b>
USA	231	91	314	102	<b>738</b>	<b>12,26 %</b>
Spojené království	157	60	221	63	<b>501</b>	<b>8,32 %</b>
Itálie	138	45	238	49	<b>470</b>	<b>7,81 %</b>
Indie	154	70	172	70	<b>466</b>	<b>7,74 %</b>
Německo	122	39	170	45	<b>376</b>	<b>6,24 %</b>
Austrálie	103	42	170	37	<b>352</b>	<b>5,85 %</b>
Španělsko	82	29	158	40	<b>309</b>	<b>5,13 %</b>
Kanada	95	28	131	29	<b>283</b>	<b>4,70 %</b>

Z uvedených dat lze vyčíst, že zde panuje jasná dominance Číny, následované s výrazným odstupem USA a pak s menším odstupem dalšími sledovanými státy. Nicméně pokud je zkoumána třetí až devátá příčka, pak procentuální zastoupení se pohybuje mezi 4,7 % až 8,32 %. To už se dá označit za rovnoměrné rozložení a lze tak říct, že výzkum probíhá celosvětově, nikoliv jenom v jedné nebo dvou zemích.

Tím je hypotéza H1 potvrzena i z třetího hlediska.

## **7 OBSAHOVÁ ANALÝZA STUDIÍ ZABÝVAJÍCÍ SE DOPADY MIKROPLASTŮ NA LIDSKÉ ZDRAVÍ**

Tato část práce se zabývá výzkumem, zda byl dokázán negativní vliv mikroplastů v životním prostředí na zdraví člověka v letech 2020 až 2022. Cílem je potvrdit Hypotézu H2. Je provedena obsahová analýza vybraných článků, které se zabývají dopadem mikroplastů na lidské zdraví. Vzhledem k tomu, že počet článků na toto téma například podle GS dosahuje téměř tří tisíc, je potřeba určit vhodný reprezentativní vzorek, který bude podroben výzkumu.

### **7.1 Stanovení kritérií pro reprezentativní vzorek článků zabývajících se dopadem mikroplastů na lidské zdraví**

Prvním a zároveň nejdůležitějším kritériem pro stanovení reprezentativního vzorku článků je počet citací daného článku od jeho vzniku. Jak píše Hořejší (2000): „Čím důležitější je určitá vědecká práce, tím častěji je v daném oboru zpravidla citována. Kvalitu a důležitost vědeckých prací lze tedy alespoň přibližně posuzovat či měřit jejich citovaností.“

Dále je třeba určit časový interval, ze kterého bude vybrán reprezentativní zkoumaných článků. Do vydání studie WHO (World Health Organization, 2019) v roce 2019 nebylo známo, že by mikroplasty měly vliv na lidské zdraví. Vzhledem k tomu, že studie byla vydána v srpnu roku 2019, tak se dá předpokládat, že pokud by byl dokázán dopad mikroplastů na lidské zdraví do roku 2018, tak by v této studii tento dopad byl zmíněn. Je možné, že v roce 2019 byl dokončen výzkum, který daná studie nezahrnovala. Proto jako období, ve kterém budou zkoumány články, se stanoví roky 2019 až 2022.

Jako poslední krok, je potřeba vybrat citační databázi, ze které je vybrán reprezentativní vzorek. Ze tří již zmíněných databází umožňují pouze Scopus a WoS filtrovat výsledky hledání podle počtu citací. Vzhledem k tomu, že WoS má ve zkoumaných letech větší počet výsledků vyhledávání na téma dopadu mikroplastů na lidské zdraví (690 výsledků ve WoS oproti 661 výsledkům ve Scopus, viz kapitola 3.3), je reprezentativní vzorek článků vybrán z databáze WoS.

### **7.2 Soubor zkoumaných článků**

Je tedy dáno kritérium počtu citací, časové období 2019 až 2022 a citační databáze WoS. Soubor zkoumaných článků je sestaven na základě tří seznamů vyhledávání ve WoS. Každý

seznam je vytvořen jiným způsobem hledání ve WoS, tak aby byla zajištěna co největší kvalita finálního souboru, který je podroben výzkumu.

### 7.2.1 Seznam 1 podle vyhledávání v celých článcích

Jako první je sestaven seznam článků, ve kterém je hledán dopad mikroplastů na lidské zdraví v základním hledacím nastavení, to znamená v celém textu článků. Takovéto hledání odpovídá nastavení hledání Fráze 2 (viz kapitola 3.2). Za období 2019 až 2022 se jedná o 690 článků.

Protože se jedná o příliš velké množství pro provedení obsahové analýzy, je stanoveno, že výběrem pro výzkum bude 3 % nejvíce citovaných článků, což po zaokrouhlení nahoru na celé číslo odpovídá 21 článkům. Tyto články jsou shrnuty v tabulce (Tab. 12), seřazené podle počtu citací.

Vzhledem k tomu, že výběr je vytvořen na základě hledání klíčových slov v celém článku, dochází k tomu, že článek má sice velké množství citací, ale vlivu mikroplastů na lidské zdraví se věnuje jen jednou větou nebo okrajově. Tyto články pro další výzkum nejsou hodnotné, respektive je u všech stejný závěr, a to že v daném článku není znám dopad mikroplastů na lidské zdraví. A proto jsou tyto články v Tabulce 12 podbarveny šedou barvou a v následujícím textu již nejsou brány v úvahu. Konečný „Seznam 1“ je tak tvořen pouze články, které v Tabulce 12 nejsou podbarveny. Jedná se o osm článků, což není dostatečně reprezentativní vzorek, a tak potřeba stanovit i jiná kritéria pro výběr.

### 7.2.2 Seznam 2 hledání podle nadpisu

Aby byl rozšířen výběr zkoumaných článků oproti Seznamu 1, je potřeba modifikovat vyhledávání k nalezení odlišné množiny článků relevantních pro výzkum.

Proto druhý zkoumaný výběr článků „Seznam 2“ bude vytvořen z vyhledávání klíčových slov v nadpisu článku. Lze očekávat, že takto vybrané články budou více zaměřeny na problematiku vlivu mikroplastů na lidské zdraví, i když budou mít menší počet citací než články v Seznamu 1. Klíčová slova pro Seznam 2 jsou: microplastic nebo microplastics, human, health. Tato klíčová slova jsou hledána pouze v nadpisu článků podle nastavení WoS a jsou proto obecnější, než v případě klíčových slov použitých pro Seznam 1 (chybí klíčové slovo impact).

Tabulka 12 Seznam 1 vybraných článků pro výzkum

<i>Název článku</i>	<i>Citace</i>	<i>Počet citací</i>
Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity.	(Reid et al., 2019)	1025
Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris	(Hartmann et al., 2019)	798
Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health	(Lehner et al., 2019)	431
A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health	(Campanale et al., 2020)	391
Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations	(Silva et al., 2021)	386
Source, migration and toxicology of microplastics in soil	(Guo et al., 2020)	325
A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure	(Zhang et al., 2020)	311
Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport	(Wright et al., 2020)	297
Global ecological, social and economic impacts of marine plastic	(Beaumont et al., 2019)	297
Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review	(Qi et al., 2020)	285
Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario	(Aragaw, 2020)	281
Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran	(Abbasi et al., 2019)	255
Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm	(Wu et al., 2019)	252
Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review	(Wang, Liu et al., 2019)	249
The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review	(Wang, Gao et al., 2019)	243
Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain	(Toussaint et al., 2019)	226
Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment	(Silva et al., 2020)	223
Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution	(Li et al., 2019)	222
Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment	(Henry, Laitala a Klepp, 2019)	220
An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells	(Hwang et al., 2019)	207
Microplastics as pollutants in agricultural soils	(Kumar et al., 2020)	196

Celkem se tak jedná o 66 výsledků hledání, což příliš velké množství článků pro výzkum. Proto určíme jako Seznam 2 výběr 10 % nejvíce citovaných článků z daného vyhledávání, po zaokrouhlení nahoru na celé číslo se jedná o sedm článků. Výsledkem je tedy Seznam 2 shrnutý v tabulce (Tab. 13).

Tabulka 13 Seznam 2 vybraných článků pro výzkum

<i>Název článku</i>	<i>Citace</i>	<i>Počet citací</i>
Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects	(Prata et al., 2020)	569
A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health	(Campanale et al., 2020)	391
Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure	(Barboza et al., 2020)	261
Microplastics and human health	(Vethaak a Legler, 2021)	218
Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health	(Lu et al., 2019)	174
Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review	(Rahman et al., 2021)	167
Estimation of the mass of microplastics ingested - A pivotal first step towards human health risk assessment	(Senathirajah et al., 2021)	160

### 7.2.3 Seznam 3 hledání podle roku 2022

Seznam 1 i Seznam 2 poskytují dostatek článků na kvalitní obsahovou analýzu. Přesto ale je potřeba zvážit ještě jeden aspekt a to ten, že pokud by hypotetický článek dokazují dopad mikroplastů na lidské zdraví byl publikován až v roce 2022, nestačil by i přes závažnost svého zjištění nasbírat dostatek citací, aby byl předmětem výzkumu podle kritérií stanovených v Seznamu 1 a Seznamu 2.

Proto je stanoven Seznam 3, který má stanovena stejná klíčová slova i oblast vyhledávání jako Seznam 2, ale jsou v něm vyhledány jen články z roku 2022. Celkem dostaneme výsledek hledání 26 článků, jako výběrové kritérium určíme 10 % nejvíce citovaných článků, což po zaokrouhlení nahoru na celé číslo dělá tři články, které tvoří „Seznam 3“. Tento seznam je shrnutý v tabulce (Tab. 14).

Tabulka 14 Seznam 3 vybraných článků pro výzkum

<i>Název článku</i>	<i>Citace</i>	<i>Počet citací</i>
Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment- From marine to food systems	(Yuan, Nag a Cummins, 2022)	46
Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body	(Yang et al., 2022)	20
Effects of Microplastics on Fish and in Human Health	(Bhuyan, 2022)	19

## 7.3 Obsahová analýza článků ze Seznamu 1

Seznamu 1 obsahuje osm článků pro výzkum. Jsou zkoumány v pořadí, jak jsou uvedeny v Tabulce 11, čili podle množství citací. Analýza každého článku obsahuje stručné shrnutí, čím se daný článek zabývá, případně zajímavost, která se váže k výzkumu daného článku



a souvisí s dopadem mikroplastů na lidské zdraví. Dále pak shrnutí částí článku, které se zabývají dopadem mikroplastů na lidské zdraví a závěr, zda v něm byl zjištěn – nalezen jednoznačný důkaz o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.1 Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health (Lehner et al., 2019)**

Recenzní článek švýcarských autorů se zabývá možnými zdroji nanoplastů, jejich účinkem v životním prostředí a popisuje možné cesty vstupu těchto částic do lidského organismu.

Podrobně se zabývá možným vstupem nanoplastů (v menší míře i mikroplastů) do lidského organismu. K expozici může dojít jak vdechnutím, tak požitím nebo absorpcí kůží. Podle poznatků aktuálních v době vzniku článku je nejčastější formou vstupu požití při konzumaci mořských plodů nebo pitné vody.

Autoři v článku konstatují, že různé studie in vitro a in vivo dokázaly, že mikro i nano částice plastů mohou překonávat tkáňové bariéry v lidském těle, což umožňuje i interakci s jednotlivými buňkami. Bylo také prokázáno, že nanočástice plastů mohou vyvolat aktivaci buněčných reakcí, zejména u imunitního systému.

Zároveň ale autoři upozorňují, že nebyly v době vzniku článku použity reálné zdroje plastů a že je tak potřeba provést další dlouhodobé studie s opakovanými expozicemi. A to s použitím různých plastových materiálů, protože většina studií zabývajících se interakcí nanoplastů s buňkami in vitro používala částice jen polystyrenu.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.2 A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health (Campanale et al., 2020)**

Recenzní článek je od italských autorů. Zabývá se hlavně nejvíce toxickými a nebezpečnými chemickými látkami, které jsou obsaženy v plastových výrobcích a popisuje jejich účinky na lidské zdraví.

V části věnující se dopadu mikroplastů na lidské zdraví je detailní přehled studií zaměřených na účinky mikroplastů (a nanoplastů) na lidské zdraví. Celkem se jedná o přehled 24 studií, které zkoumají působení mikroplastů na různé orgány lidského těla. Nejvíce jich zkoumá

trávící a vylučovací systém a dýchací systém (celkem 20 studií). Studie jsou z let 2010 až 2019.

V závěru autoři jednak konstatují, že příjem mikroplastů lidmi je již zcela zřejmý, ale i přes to jsou účinky mikroplastů v lidském těle stále nedostatečně známé a že k úplnému pochopení důsledků pro lidské zdraví není v době vzniku článku dostatek informací.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.3 A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure (Zhang et al., 2020)**

Článek čínských a dánského autora je přezkumem 46 publikací týkajících se množství, potenciálních zdrojů a analytických metod mikroplastů ve jedlé soli, pitné vodě a ve vzduchu.

V části článku věnované dopadům mikroplastů na lidské zdraví se autoři vyjmenovávají různé cesty příjmu mikroplastů lidmi a odhadují i množství, které člověk přijímá z různých zdrojů. V této části ale autoři konstatují, že znalosti v době psaní článku, zda se mikroplasty mohou dostat do lidských orgánů a způsobit nepříznivé zdravotní dopadu, jsou stále nedostatečné. I přesto ale vyjmenovávají řadu studií, kde jsou s vdechováním mikroplastů spojeny nemoci z povolání (pracovníci vyrábějící syntetické textilie, pracující s PVC etc.). Nicméně jak sami dodávají, tak o možných zdravotních rizicích pro lidský organismus se stále jen spekuluje s odkazem na výsledky testů na zvířatech a je potřeba další výzkum, aby znalosti o dopadu mikroplastů na lidské zdraví byly doplněny.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.4 Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm (Wu et al., 2019)**

Čínští autoři se ve výzkumném článku zabývají mikroplasty jako novým substrátem pro tvorbu biofilmu. Biofilm je společenství většího množství mikroorganismů (v případě tohoto článku bakterií), které jsou přichyceny k sobě navzájem nebo k povrchu a takto jednotné společenství má řadu výhod. (Kvasničková, 2016). Výzkum porovnával mikroplastový substrát se dvěma přírodními substráty konkrétně kamenem a listy.

Podle výsledku výzkumu lze mikroplasty považovat za nové mikro habitatové prostředí v řekách, a šíření mikroorganismů (zejména patogenních) přítomných v mikroplastových biofilmech, může zvyšovat riziko pro lidské zdraví. Autoři ale přiznávají, že je potřeba více studií a sami píšou, že jejich výzkum pouze naznačuje, že by tomu tak mohlo být, nikoliv, že to jednoznačně dokazuje.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.5 The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review (Wang, Gao et al., 2019)**

Recenzní článek čínských autorů popisuje výskyt mikroplastů ve vodním prostředí (sladkovodním i mořském) a hodnotí ekotoxikologické účinky mikroplastů a souvisejících chemických látek na vodní flóru a faunu.

V celém textu autoři několikrát přiznávají, že dopad mikroplastů na lidské zdraví není v době psaní článku znám.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.6 Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain (Toussaint et al., 2019)**

Recenzní článek belgických autorů je zaměřen na pochopení expozice člověka vůči mikroplastům. Studie analyzuje recenzované publikace od roku 2010, které dokumentují přítomnost mikroplastů a nanoplastů živočichů a potravin, které jsou součástí lidského potravního řetězce a které tak mohou přímo či nepřímo přispívat k příjmu mikroplastů a nanoplastů prostřednictvím lidské stravy. Zabývá se také otázkou definic, metodik a kritérií kvality použitých k získání uváděných výsledků.

Autoři dochází k závěru, že v době psaní článku není možné posoudit expozici člověka vůči mikro a nanoplastům prostřednictvím konzumace potravin, a to z důvodu nedostatku validovaných metod (a certifikovaných referenčních materiálů) a z důvodu nedostatečné standardizace napříč analytickými postupy používanými při podávání zpráv.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.7 Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment (Henry, Laitala a Klepp, 2019)**

Tým autorů z Norska a Austrálie se věnuje plastovým mikrovláknům z oděvů a bytového textilu. Jedná se o recenzní článek, který se zabývá mikrovlákny v životním prostředí, jejich vlivem na životní prostředí a zdraví člověka a hodnotí je z hlediska environmentální udržitelnosti textilií.

V části, která se týká dopadu mikroplastů na lidského zdraví autoři míní, že z omezeného výzkumu a pozorování vyplývá, že úroveň expozice člověka mikrovláknům ze syntetických textilií (známá v době psaní článku) pravděpodobně nezpůsobuje závažnou toxicitu. Ale že potenciální dopady dlouhodobého chronického požití a vdechování nanovláken nejsou známy.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.3.8 An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells (Hwang et al., 2019)**

Výzkumný článek jihokorejských autorů zkoumá buněčné reakce na sekundární mikroplasty z polypropylenu. Jedná se o výzkum na velmi malých částicích o velikosti mezi 20 $\mu$ m až 200 $\mu$ m. Autoři zkoumaly cytotoxicitu mikroplastů – čímž se míní schopnost ničit buňky (Národní zdravotnický informační portál, 2023). Zjistili, že částice PP vykazují nízký cytotoxický účinek v závislosti na velikosti a koncentraci, avšak že vysoká koncentrace, malá velikost, stimulují imunitní systém a zvyšují potenciální přecitlivělost na tyto částice.

V článku není zmíněn dopad mikroplastů na lidské zdraví v závislosti na daném výzkumu, jsou zde zmíněny jenom dopady in vitro.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

## **7.4 Obsahová analýza článků ze Seznamu 2**

Seznamu 2 obsahuje sedm článků pro výzkum, ale jeden článek je uveden i v Seznamu 1 a proto budeme zkoumat šest článků. Jsou zkoumány v pořadí, jak jsou uvedeny v Tabulce 13, čili podle množství citací. Struktura analýzy bude stejná jako v případě článků ze

Seznamu 1, včetně závěru, kde je konstatováno, zda je nalezen jednoznačný důkaz o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.1 Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects (Prata et al., 2020)**

Recenzní článek portugalských autorů se zabývá přehledem důkazů o možných negativních účincích mikroplastů v lidském organismu se zaměřením na cesty expozice a toxicitu.

Shrnuje poznatky, že člověk plasty přijímá požitím, vdechnutím nebo kontaktem s kůží. Ve všech biologických systémech může expozice mikroplastům způsobit toxicitu částic s oxidačním stresem, zánětlivými změnami a zvýšenou absorpcí nebo translokací. Neschopnost imunitního systému odstranit syntetické částice může vést k chronickému zánětu a zvýšit riziko vzniku novotvarů. Kromě toho mohou mikroplasty uvolňovat své složky, a fungovat jako přenašeče mikroorganismů a potenciálně toxických látek.

V závěru článku autoři přiznávají, že v současné době neexistují důkazy o rozsáhlém riziku pro lidské zdraví. Upozorňují, že plasty používané v toxikologických testech, které zkoumají dopad mikroplastů na lidské zdraví se často velmi liší od svých environmentálních protějšků, což vede k nepřesným závěrům. A soudí, že je proto třeba dále zkoumat rizika mikroplastů ve vztahu k veřejnému zdraví, včetně testování environmentálně relevantních koncentrací a také environmentálně relevantních vlastností mikroplastů.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.2 Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure (Barboza et al., 2020)**

Tým portugalských autorů se ve výzkumné článku věnuje kontaminaci mikroplasty u tří druhů komerčně významných druhů ryb ze severovýchodního Atlantiku. Polovina zkoumaných ryb obsahovala mikroplasty a třetina zkoumaných ryb obsahovala mikroplasty ve hřbetní svalovině.

Na základě obsahu mikroplastů v rybí svalovině a údajům o konzumaci ryb ve vybraných evropských a amerických zemích autoři odhadují, že roční příjem částic mikroplastů jedním obyvatelem se pohybuje mezi 518 až 3 078 jenom skrz konzumaci ryb.

Odhady příjmu mikroplastů v tomto článku podle jejich autorů mohou přispět ke stanovení limitů denního příjmu mikroplastů a ke zlepšení hodnocení rizik mikroplastů pro člověka.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.3 Microplastics and human health (Vethaak a Legler, 2021)**

Nizozemští autoři v recenzním článku se zabývají dopadem mikroplastů na lidské zdraví, nicméně hned v podtitulu článku píše, že je třeba řešit mezery ve znalostech, aby bylo možné zjistit zdravotní rizika mikroplastů.

Za hlavní problém při určování rizik mikroplastů pro lidské zdraví považují nedostatek informací o expozici člověka mikroplasty. Pro snížení současné nejistoty při posuzování vlivu mikroplastů na zdraví člověka je podle nich potřeba lépe porozumět schopnosti mikroplastů procházet epiteliálními bariérami dýchacích cest, gastrointestinálního traktu a kůže.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.4 Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health (Lu et al., 2019)**

Tým čínských autorů v recenzním článku shrnuje poznatky o interakci mezi mikroplasty a mikroorganismy i střevní mikroflórou, a zvažují možné dopady na životní prostředí zvířat a lidské zdraví.

Dopady mikroplastů na lidské zdraví jsou zde zmíněny jen okrajově, článek se spíše zabývá vlivem plastů na mikroorganismy a střevní mikroflórou zvířat.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.5 Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review (Rahman et al., 2021)**

Recenzní článek kanadských a slovenského autora se zaměřuje na potenciální rizika nano a mikroplastů na lidské zdraví a na mezery ve znalostech v této oblasti.

Autoři pomocí klíčových slov ve vybraných citačních databázích určili přes 17 000 citací, následně vybrali 4 817 unikátních článků a z nich vybrali 129 článků, které byly syntetizovány s cílem popsat současný stav znalostí o zdrojích mikroplastů, cestách expozice člověka a potenciálních rizicích pro lidské zdraví. Potenciální dopady mikroplastů na lidské zdraví mohou souviset například s cytotoxicitou, změnou metabolismu, narušením imunitní funkce nebo nepřímým působením kdy mikroplasty působí jako přenašeči toxických chemických látek a mikroorganismů.

V závěru autoři přiznávají, že poznatky o toxicitě mikroplastů u člověka jsou stále omezené a že k pochopení účinků mikroplastů na lidské zdraví je zapotřebí dalšího výzkumu a přesvědčivějších důkazů, například o expozici, patogenezi a kvantifikaci jejich účinků.

Také doporučují, aby Organizace spojených národů vypracovala zvláštní úmluvu o MP a předložila jasné pokyny pro definici MP, nanoplastů, hodnocení rizik pro lidské zdraví a strategie jejich zmírňování, obdobně jako již existující úmluvy například o kontrole nebezpečných odpadů nebo perzistentních organických znečišťujících látkách.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

#### **7.4.6 Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment (Senathirajah et al., 2021)**

Výzkumný článek australských a singapurského autora se zabývá odhadem hmotnosti expozice mikroplastů pro člověka.

Na základě analýze údajů z 59 publikací autoři vypočítají průměrnou hmotnost jednotlivých mikroplastů o velikosti do 1 mm. Následně odhadují, že v celosvětovém měřítku může člověk požit 0,1 až 5 gramů mikroplastů týdně různými cestami. Mají za to, že jejich výzkum přispěje k hodnocení rizik mikroplastů pro lidské zdraví, ale jinak se podrobněji dopadem mikroplastů na lidské zdraví nezabývají.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.5 Obsahová analýza článků ze Seznamu 3**

Seznamu 2 obsahuje tři články pro výzkum a jsou zkoumány v pořadí, jak jsou uvedeny v Tabulce 14, čili podle množství citací. Struktura analýzy je stejná jako v případě článků ze

Seznamu 1 a 2, včetně závěru, kde je konstatováno, zda je nalezen jednoznačný důkaz o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.5.1 Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems (Yuan, Nag a Cummins, 2022)**

Recenzní článek irských autorů se zaměřuje na nejnovější poznatky týkající se definice a charakterizace mikroplastů, jejich množství v mořských a potravinových systémech, a nejnovější metodiky detekce a strategie hodnocení rizik. Studie tak podle autorů poskytuje referenční bod pro budoucí studie o jejich dopadu na zdraví lidských ekosystémů.

Autoři varují před potenciálními dopady mikroplastů na lidské zdraví. Jsou zde opakovaně zmíněny toxikologická rizika mikroplastů a jejich potenciální schopnost být absorbovány tkáněmi, orgány nebo i buňkami. Upozorňují i na nepřímé účinky mikroplastů na lidské zdraví, kdy mikroplasty mohou sloužit jako nosiče chemických látek a patogenů. Jednoznačné potvrzení negativního dopadu mikroplastů na lidské zdraví nicméně v článku zmíněné není.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### **7.5.2 Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body (Yang et al., 2022)**

Recenzní článek čínských autorů zkoumá potenciální interakce mikroplastů různých úrovních, včetně chemické, buněčné, tkáňové, orgánové a systémové úrovně.

Autoři konstatují, že stávající studie poukazují na potenciální chemické, mikrobiální a částicové nebezpečí mikroplastů, které mohou působit na lidský organismus prostřednictvím široké škály expozičních cest, včetně požití, vdechnutí nebo kontaktu s kůží. Upozorňují, že k vyhodnocení interakcí mezi mikroplasty a lidským zdravím je třeba provést další studie o znečištění mikroplasty.

V závěru přehledu je zdůrazněno pět naléhavých perspektiv a důsledků pro budoucí výzkum mikroplastů: 1) Vypracování standardní terminologie a výzkumných metod; 2) Posílení kontroly znečištění mikroplasty; 3) Zkoumání inovativních strategií a technologií; 4) Zapojení veřejnosti a změna chování; a 5) Přijetí transdisciplinárního přístupu.



**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

### 7.5.3 Effects of Microplastics on Fish and in Human Health (Bhuyan, 2022)

Autor z Bangladéše se ve svém recenzním článku zabývá vlivem mikroplastů na ryby a skrze jejich konzumaci lidmi také na lidské zdraví.

Podle něj rostoucí počet výzkumů prokazuje, že mikroplasty jsou toxické pro širokou škálu ryb. Mikroplasty se mohou po příjmu shromažďovat v trávicím systému ryb a poté se rozptýlit do dalších tělesných tkání a mohou u ryb způsobit řadu zdravotních problémů. Upozorňuje, že toxické látky a nebezpečné zárodky mohou být potenciálně přenášeny na ryby prostřednictvím mikroplastů.

V hlediska lidského zdraví sám autor zmiňuje, že důsledky vlivu mikroplastů na lidské zdraví nejsou dostatečně známy. Nicméně cituje studii z roku 2021, podle které zánětlivé střevní onemocnění bylo u pacientů s vyšším množstvím mikroplastů ve stolici významně častější než u zdravých lidí. Ale ani autoři této studie (Yan et al., 2022) nevyvozují, zda požití mikroplastů je významné riziko pro lidské zdraví, jakkoliv jejich objev může být užitečný pro posouzení potenciálních zdravotních rizik.

**Závěr:** Lze konstatovat, že v daném článku nebyly nalezeny jednoznačné důkazy o negativním dopadu mikroplastů na lidské zdraví.

## 7.6 Vyhodnocení obsahové analýzy zabývající se dopadem mikroplastů na lidské zdraví

V této části je vyhodnocena obsahová analýza týkající se dopadů na lidské zdraví z pohledu Hypotézy 2. Aby byla Hypotéza 2 potvrzena, je potřeba v aspoň v jednom analyzovaném článku najít jednoznačné tvrzení, že mikroplasty mají škodlivý vliv na lidské zdraví.

Shrnutí poznatků z analyzovaných studií:

1. Mikroplasty jsou v životním prostředí všudypřítomné. Vyskytují se v půdě, ve vodě i v ovzduší.
2. V současné době není pochyb, že člověk mikroplasty přijímá, a to nejčastěji požitím, vdechnutím nebo přes kůži. Největší množství mikroplastů člověk přijímá skrz potravu, nejvíce prozkoumanou částí potravního řetězce jsou mořské ryby a živočichové. Odhad příjmu mikroplastů jenom skrz konzumaci ryb se odhaduje

mezi cca 500 až 3100 částicemi ročně u jednoho člověka. Celosvětově se dá odhadnout, že člověk může pozřít 0,1 až 5 gramů mikroplastů týdně různou formou.

3. Z hlediska interakce mikroplastů a tkání nebo buněk je v řadě studií dokázané, že velmi malé mikroplasty (nanoplasty) mohou být absorbovány orgány, tkáněmi i buňkami. Mohou vyvolat různé zdravotní komplikace jako jsou třeba imunitní reakce, prozánětlivé reakce a jiné. Mikroplasty tak mají cytotoxické účinky, přesto ale není možné jednoznačně tvrdit, že mají škodlivý vliv na lidské zdraví. Je to dáno tím, že mikroplasty používané v toxikologických testech, které zkoumají dopad na lidské zdraví, se liší od svých enviromentálních protějšků, což může vést k nepřesným závěrům.
4. Mikroplasty také působí jako nový přenašeč toxických látek a mikroorganismů, který tak může zvyšovat riziko pro lidské zdraví.
5. Řada studií také opakovaně upozorňuje na nutnost jednotné terminologie a standardizovaných výzkumných metodách, aby výzkum dopadu mikroplastů na lidské zdraví mohl být lépe uchopený, porovnatelný a průkazný.
6. Téměř všechny analyzované studie varují před potenciálním nebezpečím dopadu mikroplastů na lidské zdraví a doporučují další výzkum v této oblasti.

Přes všechny výše zmíněné znepokojivé poznatky v žádné z analyzovaných studií nebylo jednoznačně prokázáno a autory konstatováno, že mikroplasty mají škodlivý dopad na lidské zdraví. Hypotéza H2 tak nebyla potvrzena.

## 8 SHRNU TÍ A DOPORU ČENÍ

Na začátku výzkumu jsou stanoveny dvě hypotézy:

1. **Hypotéza H1** – Od publikování studie WHO se v následujících třech letech počet studií na téma mikroplasty a jejich dopad na životní prostředí nebo na zdraví člověka zvýšil oproti roku 2019.
2. **Hypotéza H2** – Od publikování studie WHO byl prokázán negativní vliv mikroplastů v životním prostředí na zdraví člověka.

Hypotéza H1 je testována analýzou objemu výzkumu ve sledovaných letech ze tří hledisek. Z hlediska objemu počtu studií ve sledovaných letech a dynamiky růstu v jednotlivých letech, z hlediska nadpolovičního primárního výzkumu ze sledovaného počtu studií, tak i z hlediska regionálního rozložení počtu studií. Postupně je hypotéza H1 potvrzena ze všech tří hledisek a je proto lze konstatovat, že **hypotéza H1 je potvrzena**.

Hypotéza H2 byla testována obsahovou analýzou vybraných článků. I přes řadu varujících náznaků, že mikroplasty jsou škodlivé pro lidské zdraví ani jeden zkoumaný článek jednoznačně neprokázal, že mikroplasty v životním prostředí mají negativní vliv na zdraví člověka. **Hypotéza H2 tak není potvrzena**.

Na celého výzkumu vyplývá několik znepokojivých faktů, na základě kterých jsou formulována následující doporučení:

1. Doporučení pro vědeckou komunitu vyplývá z faktu, že dynamika růstu počtu odborných studií na téma vlivu mikroplastů je klesající. V případě zkoumané databáze WoS nárůst mezi roky 2021 a 2022 dosahuje již pouze 22 % v případě výzkumu dopadu mikroplastů na lidské zdraví a jen 13 % v případě dopadu na životní prostředí. Vzhledem k tomu, že zatím nejsou známy výsledky vlivu mikroplastů na lidské zdraví, tak nárůst množství prací by měl být dynamičtější. Zvláště s ohledem na dílčí závěry studií, které naznačují, že mikroplasty mají rozhodně potenciál negativně ovlivnit lidské zdraví.
2. Doporučení pro politiky vyplývá z faktu, že z regionálního hlediska celá jedna třetina výzkumu probíhá v Číně. Pro ostatní státy by to mělo být varování, protože tímto Čína získává velký náskok a konkurenční výhodu, zvláště pokud by se v budoucnu prokázala škodlivost mikroplastů pro lidské zdraví. Proto by politici měli stanovit

priority, které povedou ke zvýšení výzkumu v oblasti vlivu mikroplastů na životní prostředí a zdraví člověka.

3. Doporučení pro firmy plyne z reputačních rizik, rizik žalob za poškození zdraví a z rizika neudržení konkurenceschopnosti. Firmy podnikající v oblasti plastů by se měly zapojit do výzkumu dopadu mikroplastů na lidské zdraví, protože řada dílčích závěrů ze studií je velmi znepokojivá a dá se tak očekávat, že v budoucnu bude nějaká forma škodlivosti mikroplastů na zdraví člověka prokázána. Celý byznys kolem plastů pak bude pod velkým tlakem spotřebitelů, národních vlád i mezinárodního společenství. Pokud firmy podniknou proaktivní kroky a dokáží tak, že se snažily přispět k pochopení vlivu mikroplastů na lidské zdraví, mohou tímto krokem eliminovat riziko na přijatelnou úroveň. A to jak riziko reputační, tak riziko žalob za poškozování zdraví, ať zaměstnanců nebo zákazníků. Zároveň mohou získat výhodu před konkurencí, která se těmto otázkám věnovat nebude.

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývala mikroplasty a jejich dopadem na životní prostředí a zdraví člověka. Ve své teoretické části se zaměřila na popis mikroplastů, jejich hlavní zdroje a jejich přítomnost v životní prostředí – v půdě, ve vodě i ovzduší. Dále zde byly popsány dopady mikroplastů na životní prostředí, živé organismy a zdraví člověka.

Cíle práce byly celkem dva. První cíl byl vyčíslit nárůstu výzkumu mikroplastů a jejich dopadů na životní prostředí nebo zdraví člověka od vydání studie Světové zdravotnické organizace. Byl zkoumán nárůst počtu odborných článků ve třech významných citačních databázích Scopus, Web of Science a Google Scholar v letech 2019 až 2022. Kromě počtu odborných článků v jednotlivých letech byly v práci hodnoceny i kvalitativní kritéria: regionální rozložení a zda se jednalo o výzkumné nebo recenzní články.

Bylo zjištěno, že nárůst výzkumu v roce 2022 oproti roku 2019 byl značný. Počet odborných článků o vlivu mikroplastů na životní prostředí se zvýšil o 273 % až o 544 %. A počet odborných článků o vlivu mikroplastů na lidské zdraví narostl o 324 % až o 595 %. Rozmezí nárůstu je dané výzkumem nad třemi různými citačními databázemi, které byly hodnoceny zvlášť. Růstová dynamika porovnávaná nárůstem meziročně byla vždy pozitivní čili nikdy nedošlo k meziročnímu poklesu počtu prací. Je nutné zmínit, že ve všech zkoumaných databázích se meziroční nárůst zkoumaných prací postupně snižoval. Většina článků byly články výzkumné. Z hlediska regionálního rozložení třetina výzkumných článků vznikla v Číně. Významný podíl na celosvětovém výzkumu pak mělo dalších osm zemí. Na všechny ostatní státy již zbývalo jen 8 % z celkového počtu zkoumaných článků.

V práci byla dále provedena obsahová analýza článků zaměřených na vliv mikroplastů na lidské zdraví. Měla za cíl zodpovědět otázku, zda byl jednoznačně potvrzen do konce roku 2022 negativní dopad mikroplastů na lidské zdraví. Články byly vyhledávány v citační databázi Web of Science. Z celkového počtu 690 článků, které se zabývaly vlivem mikroplastů na lidské zdraví a byly publikovány v letech 2019 až 2022 bylo na základě zvolených kritérií vybráno 18 článků, které byly podrobeny obsahové analýze. Kritéria byla zvolena tak, aby byly zkoumány nejvíce citované a nejrelevantnější články.

Při obsahové analýze byla sice zjištěna celá řada potenciálních rizik mikroplastů ve vztahu k lidskému zdraví, ale v žádném z nich nebyl předložen jednoznačný a ověřený důkaz o negativním vlivu mikroplastů na lidské zdraví.

Závěrem tak je možné konstatovat několik zjištění. Mikroplasty jsou v životním prostředí všudypřítomné. Mají významný dopad na životní prostředí i živé organismy. Počet odborných studií, které zkoumají vliv mikroplastů na životní prostředí a na zdraví člověka v meziročním srovnání neustále roste. Není již pochyb, že člověk mikroplasty celkem běžně přijímá, a že se vyskytují v různých částech lidského těla. Ale i přes rostoucí počet výzkumných prací nebylo do konce roku 2022 jednoznačně potvrzeno, že mikroplasty mají negativní dopad na lidské zdraví.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ABBASI, Sajjad et al., 2019. Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. *Environmental Pollution* [online]. 244, 153-164 [cit. 2023-04-07]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2018.10.039

AHAMAD, Arif; SINGH, Pardeep a TIWARY, Dhanesh. *Plastic and Microplastic in the Enviroment: Management and Health Risks*. John Wiley & Sons, Inc., 2022. ISBN 978-1-1198-0-087-3.

ACHARYA, Sanjit et al., 2021. Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: A review. *Textile Research Journal* [online]. 91(17-18), 2136-2156 [cit. 2023-04-28]. ISSN 0040-5175. Dostupné z: doi:10.1177/0040517521991244

ARAGAW, Tadele Assefa, 2020. Surgical face masks as a potential source for microplastic pollution in the COVID-19 scenario. *Marine Pollution Bulletin* [online]. 159 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0025326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111517

BAAS, Jeroen et al., 2020. Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies* [online]. 1(1), 377-386 [cit. 2023-03-13]. ISSN 2641-3337. Dostupné z: doi:10.1162/qss\_a\_00019

BARBOZA, Luís Gabriel A. et al., 2020. Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment* [online]. 717 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134625

BEAUMONT, Nicola J. et al., 2019. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin* [online]. 142, 189-195 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0025326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2019.03.022

BHUYAN, Md. Simul, 2022. Effects of Microplastics on Fish and in Human Health. *Frontiers in Environmental Science* [online]. 10 [cit. 2023-05-02]. ISSN 2296-665X. Dostupné z: doi:10.3389/fenvs.2022.827289

BONTEN, Christian. *Plastics technology: introduction and fundamentals*. Cincinnati: Hanser Publications, 2019. ISBN 978-1-56990-767-2.

BUNEMAN, P. Curated databases. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials* (Cat. No.03CH37417) [online]. IEEE Comput. Soc, 2003, 13- [cit. 2023-03-13]. ISBN 0-7695-1999-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/WISE.2003.1254462>

CAI, Huiwen et al., 2021. Analysis of environmental nanoplastics: Progress and challenges. *Chemical Engineering Journal* [online]. 410 [cit. 2023-05-02]. ISSN 13858947. Dostupné z: [doi:10.1016/j.cej.2020.128208](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.128208)

CAMPANALE, Claudia et al., 2020. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 17(4) [cit. 2023-04-07]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: [doi:10.3390/ijerph17041212](https://doi.org/10.3390/ijerph17041212)

CAMPBELL, Sarah Naomi. "How Do I?" @JWULibrary [online]. 2018 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://jwu-ri.libanswers.com/faq/141979>

COX, Kieran D. et al., 2019. Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology* [online]. 53(12), 7068-7074 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0013-936X. Dostupné z: [doi:10.1021/acs.est.9b01517](https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517)

CRAWFORD, Cristopher Blair and QUINN, Blair. *Microplastic Pollutants*. Elsevier Science & Technology, 2016. ISBN 978-0-12-809406-8.

D'ANGELO, Alex. Literature Review Survival Library Guide: Review Articles – A new option on Google Scholar. In: *LibGuides at University of Cape Town* [online]. @2022 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://libguides.lib.uct.ac.za/litreviewsurvival/ReviewArticlesOnGoogleScholar>

DANOPOULOS, Evangelos et al., 2020. Microplastic Contamination of Seafood Intended for Human Consumption: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives* [online]. 128(12) [cit. 2023-05-02]. ISSN 0091-6765. Dostupné z: [doi:10.1289/EHP7171](https://doi.org/10.1289/EHP7171)

DENG, Lingzhi et al., 2022. Microplastics in personal care products: Exploring public intention of usage by extending the theory of planned behaviour. *Science of The Total Environment* [online]. 848 [cit. 2023-04-28]. ISSN 00489697. Dostupné z: [doi:10.1016/j.scitotenv.2022.157782](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157782)



DISSANAYAKE, Pavani Dulanja et al., 2022. Effects of microplastics on the terrestrial environment: A critical review. *Environmental Research* [online]. 209 [cit. 2023-05-02]. ISSN 00139351. Dostupné z: doi:10.1016/j.envres.2022.112734

DRABINSKI, Thiago L. et al., 2023. Microplastics in Freshwater River in Rio de Janeiro and Its Role as a Source of Microplastic Pollution in Guanabara Bay, SE Brazil. *Micro* [online]. 3(1), 208-223 [cit. 2023-04-29]. ISSN 2673-8023. Dostupné z: doi:10.3390/micro3010015

DUIS, Karen a Anja COORS, 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe* [online]. 28(1) [cit. 2023-04-28]. ISSN 2190-4707. Dostupné z: doi:10.1186/s12302-015-0069-y

GEYER, Roland, Jenna R. JAMBECK a Kara Lavender LAW, 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* [online]. 3(7) [cit. 2023-05-02]. ISSN 2375-2548. Dostupné z: doi:10.1126/sciadv.1700782

GOLWALA, Harmita et al., 2021. Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. *Science of The Total Environment* [online]. 769 [cit. 2023-04-28]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.144581

GONZÁLEZ-PLEITER, Miguel et al., 2020. Fibers spreading worldwide: Microplastics and other anthropogenic litter in an Arctic freshwater lake. *Science of The Total Environment* [online]. 722 [cit. 2023-05-02]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137904

GUO, Jing-Jie et al., 2020. Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International* [online]. 137 [cit. 2023-04-29]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2019.105263

HARTMANN, Nanna B. et al., 2019. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science & Technology* [online]. 53(3), 1039-1047 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.8b05297

HENRY, Beverley, Kirsi LAITALA a Ingun Grimstad KLEPP, 2019. Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental

sustainability assessment. *Science of The Total Environment* [online]. 652, 483-494 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.166

HOŘEJŠÍ, Václav. Jak můžeme měřit kvalitu vědecké práce. In: *Vesmír* [online]. @2000 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-2/muzeme-merit-kvalitu-vedecke-prace.html>

HUANG, Yi et al., 2019. LDPE microplastic films alter microbial community composition and enzymatic activities in soil. *Environmental Pollution* [online]. 254 [cit. 2023-05-02]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2019.112983

HUERTA LWANGA, Esperanza et al., 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Scientific Reports* [online]. 7(1) [cit. 2023-05-02]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-017-14588-2

HWANG, Jangsun et al., 2019. An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells. *Science of The Total Environment* [online]. 684, 657-669 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.071

CHAE, Yooeun a Youn-Joo AN, 2018. Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. *Environmental Pollution* [online]. 240, 387-395 [cit. 2023-05-02]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2018.05.008

CHEUNG, Pui Kwan a Lincoln FOK, 2017. Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. *Water Research* [online]. 122, 53-61 [cit. 2023-04-29]. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2017.05.053

ISOBE, Atsuhiko et al., 2021. A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean and the Laurentian Great Lakes. *Microplastics and Nanoplastics* [online]. 1(1) [cit. 2023-04-29]. ISSN 2662-4966. Dostupné z: doi:10.1186/s43591-021-00013-z

KASMURI, Norhafezah, Nur Aliah Ahmad TARMIZI a Amin MOJIRI, 2022. Occurrence, impact, toxicity, and degradation methods of microplastics in environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 29(21), 30820-30836 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0944-1344. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-021-18268-7

KORJONEN, Helena. *Google Scholar: a review of literature examining its effectiveness as a search tool* [online]. @2021 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.ifis.org/en/research-skills-blog/google-scholar-a-review-of-the-literature-examining-its-effectiveness-as-a-search-tool#>

KUMAR, Manish et al., 2020. Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution* [online]. 265 [cit. 2023-04-08]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2020.114980

KVASNIČKOVÁ, Eva. Biofilmy: Život mikroorganismů v jednotném společenství. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. ©2016 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/biofilmy>

LEHNER, Roman, Christoph WEDER, Alke PETRI-FINK a Barbara ROTHEN-RUTISHAUSER, 2019. Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. *Environmental Science & Technology* [online]. 53(4), 1748-1765 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.8b05512

LI, Jiana et al., 2015. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution* [online]. 207, 190-195 [cit. 2023-05-02]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2015.09.018

LI, Jiana et al., 2019. Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution. *Environmental Pollution* [online]. 244, 522-533 [cit. 2023-04-07]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2018.10.032

LI, Qipei et al., 2021. Microplastics in shellfish and implications for food safety. *Current Opinion in Food Science* [online]. 40, 192-197 [cit. 2023-05-02]. ISSN 22147993. Dostupné z: doi:10.1016/j.cofs.2021.04.017

LIU, Weishu. The data source of this study is Web of Science Core Collection? Not enough. *Scientometrics* [online]. 2019, 121(3), 1815-1824 [cit. 2023-03-13]. ISSN 0138-9130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03238-1>

LU, Liang et al., 2019. Interaktivní between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health. *Science of The Total Environment* [online]. 667, 94-100 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.380

MARTÍN-MARTÍN, Alberto, Enrique ORDUNA-MALEA, Mike THELWALL a Emilio DELGADO LÓPEZ-CÓZAR. Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics* [online]. 2018, 12(4), 1160-1177 [cit. 2023-03-13]. ISSN 17511577. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>

MEIJER, Lourens J. J. et al., 2021. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances* [online]. 7(18) [cit. 2023-04-29]. ISSN 2375-2548. Dostupné z: doi:10.1126/sciadv.aaz5803

MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Světová zdravotnická organizace* [online]. 2022 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/svetova-zdravotnicka-organizace/>

MYSZKA, Rebecca, Marie ENFRIN a Filippo GIUSTOZZI, 2023. Microplastics in road dust: A practical guide for identification and characterisation. *Chemosphere* [online]. 315 [cit. 2023-04-28]. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2023.137757

NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL. Cytotoxicita. In: *Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. @2023 [cit. 2023-04-10]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/4577>

NIZZETTO, Luca, Martyn FUTTER a Sindre LANGAAS, 2016. Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? *Environmental Science & Technology* [online]. 50(20), 10777-10779 [cit. 2023-04-29]. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.6b04140

OBBARD, Rachel W. et al., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future* [online]. 2(6), 315-320 [cit. 2023-04-29]. ISSN 2328-4277. Dostupné z: doi:10.1002/2014EF000240

PLASTIC EUROPE. *Plastics – the Facts 2022*. In: *Plastics Europe* [online]. @2022 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>

PRANCKUTĚ, Raminta. Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications* [online]. 2021, 9(1), 12 [cit. 2023-03-13]. ISSN 2304-6775. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/publications9010012>

PRATA, Joana Correia et al., 2020. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of The Total Environment* [online]. 702 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134455

QI, Ruimin et al., 2020. Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of The Total Environment* [online]. 703 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134722

RAGUSA, Antonio et al., 2021. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International* [online]. 146 [cit. 2023-05-02]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2020.106274

RAHMAN, Arifur et al., 2021. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Science of The Total Environment* [online]. 757 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143872

REID, Andrea J., Andrew K. CARLSON, Irena F. CREED, et al., 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews* [online]. 94(3), 849-873 [cit. 2023-04-07]. ISSN 1464-7931. Dostupné z: doi:10.1111/brv.12480

RODRIGUEZ-SEIJO, A. et al., 2017. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environmental Pollution* [online]. 220, 495-503 [cit. 2023-05-02]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2016.09.092

ROMARATE, Rodolfo A. et al., 2023. Breathing plastics in Metro Manila, Philippines: presence of suspended atmospheric microplastics in ambient air. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 30(18), 53662-53673 [cit. 2023-05-02]. ISSN 1614-7499. Dostupné z: doi:10.1007/s11356-023-26117-y

SENATHIRAJAH, Kala et al., 2021. Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 404 [cit. 2023-04-07]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124004

SHEN, Maocai et al., 2020. Can microplastics pose a threat to ocean carbon sequestration? *Marine Pollution Bulletin* [online]. 150 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0025326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110712

SCHWABL, Philipp et al., 2019. Detection of Various Microplastics in Human Stool. *Annals of Internal Medicine* [online]. 171(7), 453-457 [cit. 2023-05-02]. ISSN 0003-4819. Dostupné z: doi:10.7326/M19-0618

SILVA, Ana L. Patrício et al., 2020. Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of The Total*

*Environment* [online]. 742 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140565

SILVA, Ana L. Patrício et al., 2021. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal* [online]. 405 [cit. 2023-04-07]. ISSN 13858947. Dostupné z: doi:10.1016/j.cej.2020.126683

SOUZA MACHADO, Anderson Abel et al., 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology* [online]. 24(4), 1405-1416 [cit. 2023-05-02]. ISSN 1354-1013. Dostupné z: doi:10.1111/gcb.14020

SRIDHARAN, Srinidhi et al., 2021. Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 418 [cit. 2023-04-29]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2021.126245

TALBOT, Rebecca a Heejun CHANG, 2022. Microplastics in freshwater: A global review of factors affecting spatial and temporal variations. *Environmental Pollution* [online]. 292 [cit. 2023-04-29]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2021.118393

TOUSSAINT, Brigitte et al., 2019. Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A* [online]. 36(5), 639-673 [cit. 2023-04-07]. ISSN 1944-0049. Dostupné z: doi:10.1080/19440049.2019.1583381

UNITED STATES OF AMERICA. H.R.1321 - Microbead-Free Waters Act of 2015 114th Congress (2015-2016). In: *Library of Congress* [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <http://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/1321/text>

VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth et al., 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution* [online]. 182, 495-499 [cit. 2023-05-02]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/j.envpol.2013.08.013

VETHAAK, A. Dick a Juliette LEGLER, 2021. Microplastics and human health. *Science* [online]. 371(6530), 672-674 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.abe5041

WANG, Jiao et al., 2019. Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *Science of The Total Environment* [online]. 691, 848-857 [cit. 2023-04-29]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.209

WANG, Wenfeng et al., 2019. The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotoxicology and Environmental*

*Safety* [online]. 173, 110-117 [cit. 2023-04-07]. ISSN 01476513. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecoenv.2019.01.113

WANG, Wenfeng et al., 2020. Environmental fate and impacts of microplastics in soil ecosystems: Progress and perspective. *Science of The Total Environment* [online]. 708 [cit. 2023-05-02]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134841

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Microplastics in drinking-water* [online]. In: *World Health Organization*. @2019 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-92-4-151619-8. Dostupné z: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516198>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Tobacco: poisoning our planet* [online]. In: *World Health Organization*. @2022 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-92-4-005128-7. Dostupné z: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051287>

WRIGHT, S.L. et al., 2020. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International* [online]. 136 [cit. 2023-04-07]. ISSN 01604120. Dostupné z: doi:10.1016/j.envint.2019.105411

WU, Xiaojian et al., 2019. Selective enrichment of bacterial pathogens by microplastic biofilm. *Water Research* [online]. 165 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2019.114979

XIANG, Yujia et al., 2022. Microplastics and environmental pollutants: Key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 422 [cit. 2023-05-02]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2021.126843

XU, Chenye et al., 2020. Are we underestimating the sources of microplastic pollution in terrestrial environment?. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 400 [cit. 2023-04-29]. ISSN 03043894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123228

YANG, Xi et al., 2022. Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body. *Science of The Total Environment* [online]. 825 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2022.154025

YUAN, Zhihao, Rajat NAG a Enda CUMMINS, 2022. Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems. *Science of The Total Environment* [online]. 823 [cit. 2023-04-07]. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2022.153730

YURTSEVER, Meral, 2019. Tiny, shiny, and colorful microplastics: Are regular glitters a significant source of microplastics?. *Marine Pollution Bulletin* [online]. 146, 678-682 [cit. 2023-04-28]. ISSN 0025326X. Dostupné z: doi:10.1016/j.marpolbul.2019.07.009

YURTSEVER, Meral, 2019a. Glitters as a Source of Primary Microplastics: An Approach to Environmental Responsibility and Ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* [online]. 32(3), 459-478 [cit. 2023-04-28]. ISSN 1187-7863. Dostupné z: doi:10.1007/s10806-019-09785-0

ZHANG, Qun et al., 2020. A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. *Environmental Science & Technology* [online]. 54(7), 3740-3751 [cit. 2023-04-29]. ISSN 0013-936X. Dostupné z: doi:10.1021/acs.est.9b04535



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČOV	Čistírna odpadních vod
GS	Google Scholar
mm	Milimetr
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PE-HD	Polyethylen s nízkou hustotou
PE-LD	Vysoko hustotní polyethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylchlorid
WHO	World Health Organization
WoS	Web of Science

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Srovnání typů dokumentů – Scopus.....	37
Obrázek 2 Srovnání typů dokumentů – Web of Science .....	39

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Zdroje mikroplastů podle Duis a Coors (2016) .....	15
Tabulka 2 Porovnání počtu dokumentů – Scopus .....	37
Tabulka 3 Porovnání počtu dokumentů podle zemí – Scopus.....	38
Tabulka 4 Porovnání počtu dokumentů – Web of Science.....	39
Tabulka 5 Porovnání počtu dokumentů podle zemí – Web of Science .....	39
Tabulka 6 Porovnání počtu dokumentů – Google Scholar .....	40
Tabulka 7 Nárůst počtu odborných prací Fráze 1 vztaženo k roku 2019 .....	41
Tabulka 8 Dynamika růstu odborných prací Fráze 1 meziročně .....	41
Tabulka 9 Nárůst počtu odborných prací Fráze 2 vztaženo k roku 2019 .....	42
Tabulka 10 Dynamika růstu odborných prací Fráze 2 meziročně .....	42
Tabulka 11 Regionální porovnání nárůstu objemu výzkumu podle zemí .....	43
Tabulka 12 Seznam 1 vybraných článků pro výzkum.....	47
Tabulka 13 Seznam 2 vybraných článků pro výzkum.....	48
Tabulka 14 Seznam 3 vybraných článků pro výzkum.....	48