

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra chemie a didaktiky chemie

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Mikroplasty ve výuce chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu  
Microplastics in General Secondary Chemistry Education

Eva Marešová

Vedoucí práce: Prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Biologie, geologie a enviromentalistika se zaměřením na vzdělávání –  
chemie se zaměřením na vzdělávání

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Mikroplasty ve výuce chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, dne 7. 7. 2022

Ráda bych poděkovala panu prof. PhDr. Martinu Bílkovi, Ph.D., za cenné rady, vstřícnost, ochotu a čas, který mi věnoval po celou dobu při vedení této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zaměřuje na mikroplasty jako často diskutované téma v souvislosti s ohrožením životního prostředí, a které i přes jeho aktuálnost a popularitu nebývá zahrnováno do výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu. Teoretická část se zaměřuje na velikostní klasifikaci, původ, složení, vzhled, zdroje a výskyt mikroplastů, včetně jejich vlivu na životní prostředí. První část praktické části tvoří analýza rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia a vybraných školních vzdělávacích programů se zaměřením na možné souvislosti tématu Mikroplasty. Druhá část praktické části je věnována návrhu výukových aktivit, prostřednictvím kterých se žáci mohou aktivní formou seznámit s problematikou tématu Mikroplasty v rámci výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu. Aktivní forma seznámení by měla cílit na zvýšení zájmu žáků o toto téma a zároveň by měla přispívat k uvědomování si možných rizik s tím spojených.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Mikroplasty, výuka chemie na základní škole a gymnáziu, enviromentální výchova

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis focuses on microplastics as a frequently discussed topic in the context of environmental hazards, which despite its topicality and popularity is not included in the teaching of Chemistry as a general educational subject. The theoretical part focuses on the size classification, origin, composition, appearance, sources, and the occurrence of microplastics, including their impact on the environment. The first practical part consists of an analysis of the Framework Educational Programme for Elementary education, the Framework Education Programme for Grammar Schools, and selected Schools Educational Programmes with a main focus on microplastics. The second practical part is devoted to the design of learning activities through which pupils are able to actively learn about the topic of microplastics in the context of teaching Chemistry as a general education subject. This active form of familiarisation with the topic should aim at increasing the pupils' interest in learning about this topic and contribute to the awareness of the possible risks involved at the same time.

## **KEYWORDS**

Microplastics, general chemistry at lower secondary and grammar schools, environmental education

## Obsah

1	Úvod.....	6
2	Teoretická část.....	8
2.1	Mikroplasty.....	8
2.1.1	Velikostní klasifikace mikroplastů.....	8
2.1.2	Původ mikroplastů.....	9
2.1.3	Složení mikroplastů.....	10
2.1.4	Vzhled mikroplastů.....	15
2.1.5	Zdroje mikroplastů.....	17
2.1.6	Mikroplasty v životním prostředí.....	20
2.1.7	Vliv mikroplastů na organismy.....	25
2.1.8	Sociální a ekonomické dopady mikroplastů a jejich možná řešení.....	31
3	Praktická část.....	34
3.1	Analýza RVP ZV, RVP G a vybraných ŠVP se zaměřením na souvislosti tématu „Mikroplasty“.....	34
3.1.1	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV).....	34
3.1.2	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G).....	36
3.1.3	Školní vzdělávací programy (ŠVP).....	38
3.2	Návrh výukových aktivit na téma Mikroplasty.....	53
4	Závěr.....	64
5	Seznam použitých zdrojů.....	66
6	Seznam příloh.....	78

## 1 Úvod

V posledních desetiletích se plasty staly nedílnou součástí našich životů. Jejich rozmanitost a široká škála využitelnosti jsou jedny z atributů, které plastům, i přes celou řadu ekologických rizik, stále zajišťují stabilní postavení na trhu (Thompson et al., 2009).

Za počátek plastové éry je považován rok 1907 v důsledku vývoje prvního moderního plastu – bakelitu (Grenčíková et al., 2019). Po tomto roce došlo k vývoji dalších plastů a celková produkce byla několikanásobně navýšena. Se zvyšujícím množstvím plastů začalo stoupat i množství plastového odpadu. Především výrobky, jako např. skleněné láhve či přírodní provazy, začaly být nahrazovány celou řadou synteticky vyrobených předmětů. Ty se postupně, ve formě odpadu, začaly kumulovat včetně moří a oceánů. Několik let byla tato nevzhledná složka považována pouze za pasivní prvek ekosystému, ovšem na základě rozsáhlých výzkumných studií se původní pohled na plastový odpad změnil. U všudypřítomného plastu se stále více začala objevovat otázka životnosti, v níž spočívá jeden z hlavních ekologických problémů (Crawford & Quinn, 2016).

V současné době víme o celé řadě ekologických rizik. Přesto se stále značné množství plastů, likvidovaných na pevnině, dostává dále do moří a oceánů. Ročně se jedná přibližně o 32 milionů tun plastového odpadu, končícího v oceánech (Crawford & Quinn, 2016). Geyer et al. (2017) ve své studii odhadují, že k roku 2015 bylo celkově vyprodukováno 6,3 miliard tun plastového odpadu, z čehož bylo pouhých 9 % recyklováno. Evropská komise ve snaze zmírnit znečištění naší planety podniká kroky, jejichž cílem je omezit spotřebu plastových výrobků určených na jedno použití. Od 3. července 2021 pro všechny členské státy Evropské unie (dále jen „EU“) vstoupila v platnost evropská směrnice o zákazu jednorázových plastů (Evropská komise, 2021).

Plastové výrobky jsou ve vodě nerozpustné. Postupem času ale dochází k jejich degradaci, křehnutí, lámání, a nakonec k rozpadu na drobné plastové úlomky, které se nazývají mikroplasty (Andrady, 2011). Dalším zdrojem mikroplastů jsou výrobky, které je obsahují záměrně, jako např. peelingy, sprchové gely, zubní pasty či repelenty proti hmyzu. Po použití takového výrobku, např. kosmetického, se mikroplasty přes odpadní vody dostanou opět do moří a oceánů, kde se připojí k biliónům dalších plastových částic a způsobují mikroplastické znečištění (Auta et al., 2017).

Přítomnost mikroplastů v přírodě ovlivňuje i kumulaci toxických látek, které se do prostředí mohou dostat rovněž ve formě odpadu. Kolem mikroplastů bývá koncentrace těchto látek zpravidla vyšší. Riziko nastává, pokud se mikroplasty, které fungují jako jejich adsorbenty, dostanou do potravního řetězce (Xiang et al., 2022). Konkrétní vlivy mikroplastů na organismy, včetně vlivů na člověka, jsou stále předmětem rozsáhlých studií (např. Anbumani & Kakkar, 2018; Gong & Xie, 2020; Yuan et al., 2022). V posledních letech se stále více hovoří i o kontaminaci sladkovodních a suchozemských biotopů (Geyer et al., 2017).

Látky, které jsme před pár desítkami let vnímali vesměs pozitivně s sebou záhy přinášejí i určitou společenskou odpovědnost. Pokud společnost nechce pouze přihlížet na rostoucí množství plastového odpadu, který se ročně, v řádu miliónů tun, dostává do životního prostředí, je potřeba tento problém řešit (Crawford & Quinn, 2016). V EU nyní neexistuje jednotná právní úprava, která by se komplexně zabývala problematikou mikroplastů. Evropská komise ve spolupráci s Evropskou agenturou pro chemické látky (ECHA) v současné době podniká kroky pro tvorbu opatření regulujících záměrné přidávání mikroplastů do výrobků distribuovaných na evropském trhu. V rámci European Green Deal a nového akčního plánu oběhového hospodářství se vytváří i nová iniciativa, jejíž cílem je snížit neúmyslné uvolňování mikroplastů do životního prostředí (European Commission, 2021).

Cílem bakalářské práce je sumarizovat stěžejní informace o mikroplastech včetně jejich vlivu na životní prostředí, analyzovat rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, rámcový vzdělávací program pro gymnázia a vybrané školní vzdělávací programy v oblasti Člověk a příroda se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty a navrhnout výukové aktivity, které by měly za cíl seznámit žáky s tématem Mikroplasty v rámci výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu, a tím zvýšit povědomí a zájem žáků o dané téma, včetně uvědomování si rizik s tím spojených.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Mikroplasty

Vůbec poprvé byl termín „mikroplast“ použit v publikaci US Air Force Materials Laboratory již v roce 1968. V té době byl význam tohoto pojmu odlišný od stávajících definic a sloužil k vyjádření plastové deformace v závislosti na vnějším prostředí (Crawford & Quinn, 2016).

Počátkem 70. let 20. století se začaly objevovat první zprávy o drobných plastových úlomcích v oceánech, které s sebou v budoucnu přinesly i změnu terminologie (Andrady, 2011). Thompson et al. (2004) ve své publikaci poprvé zavedli termín mikroplastů ve spojitosti s drobnými plastovými fragmenty a vlákny, které byly nalezeny jako součást sedimentárních biotopů. Tato nová interpretace termínu, odkazující na fyzickou velikost plastů, popisuje pevné, mikroskopické částice, odolné vůči biodegradaci, jejichž základ tvoří různé syntetické polymery (ECHA, 2020). Přesná definice není z důvodu složení a odlišných velikostních klasifikací napříč studii zcela jednoznačná (Hartmann et al., 2019).

#### 2.1.1 Velikostní klasifikace mikroplastů

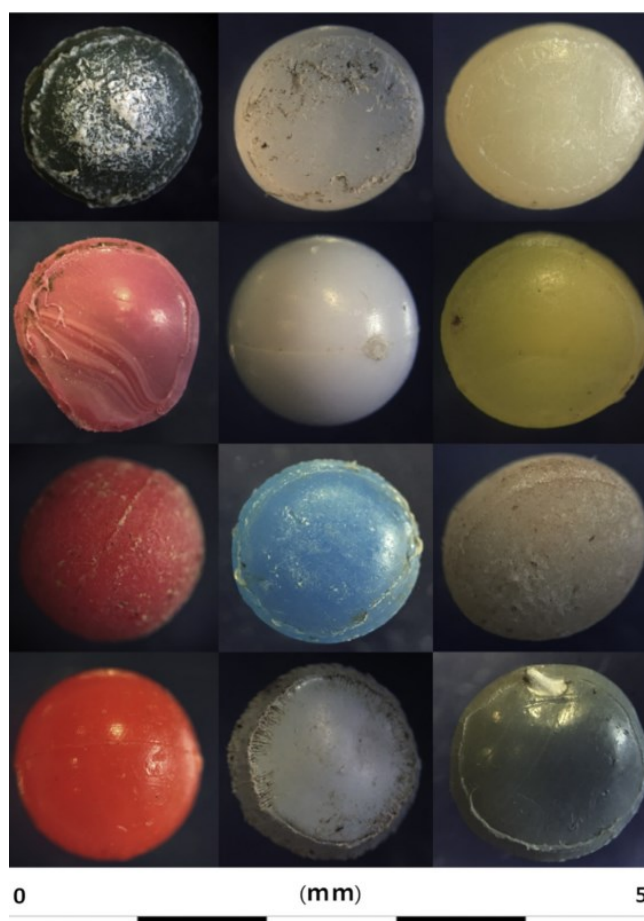
V roce 2008, během prvního mezinárodního výzkumného workshopu o mikroplastech, pořádaným NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), byly mikroplasty odborníky definovány, jako plastové částice, jejichž velikost je menší než 5 mm (Arthur et al., 2009). Na tuto velikostní hranici se odkazuje i řada dalších studií (např. Barnes et al., 2009; Gigault et al., 2018). Naopak spodní hranice je nejčastěji uváděna v rozmezí od 1 do 20  $\mu\text{m}$  (Frias & Nash, 2019). Např. Gigault et al. (2018) ve své práci navrhuje spodní hranici 1  $\mu\text{m}$ , v důsledku níž zároveň rozměrově oddělují mikroplasty od nanoplastů. Přesné rozměrové vymezení je ovšem stále diskutabilní. Existuje celá řada dalších studií, v nichž se dolní či horní hranice, které odlišují velikost mikroplastů od ostatních plastových částic liší (např. Frias et al., 2018; Verschoor, 2015). Nově mohou být mikroplasty klasifikovány i pomocí dvou podkategorií, na malé, jejichž velikost je menší než 1 mm a velké, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí od 1 do 5 mm (Zhang et al., 2019).

V terminologii se také mnohem častěji začíná objevovat termín „mezoplasty“, kterým se označují o třídu větší plastové částice, které jsou na rozdíl od drtivé většiny mikroplastů identifikovatelné pouhým okem (např. Andrady, 2011; Cole et al., 2011). Společná skupina expertů pro vědecké aspekty znečišťování moří (GESAMP) ve své práci navrhuje rozdělení

plastových částic pomocí velikostních předpon do 5ti kategorií. Konkrétně na nano-, mikro, mezo-, makro- a megaplasty (GESAMP, 2015). Kromě velikostních poměrů mohou být mikroplasty klasifikovány i podle jejich původu, tvaru či typu polymeru (Hartmann et al., 2019).

### 2.1.2 Původ mikroplastů

Z hlediska původu se mikroplasty rozlišují na primární a sekundární (GESAMP, 2015). Primární mikroplasty jsou záměrně vyráběné, typicky kulovité, mikroplastické částice, které jsou přidávány do celé řady spotřebitelských výrobků určených ke každodennímu používání. Setkáme se s nimi např. v některé kosmetice, peelinzích nebo čistících prostředcích. Svě využití nacházejí, ale i v průmyslu nebo medicíně (Auta et al., 2017).

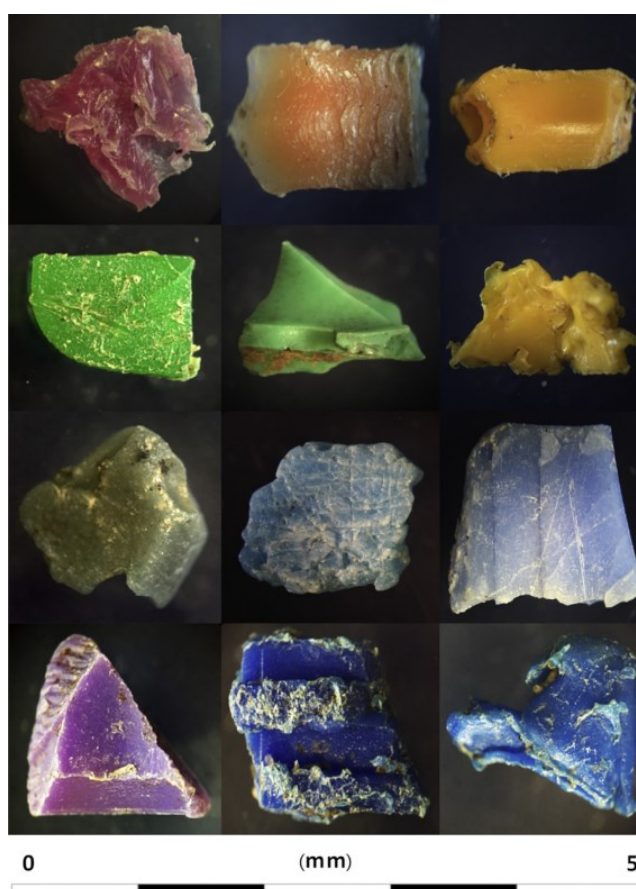


Obrázek 1: Primární mikroplasty získané z vodního prostředí (Crawford & Quinn, 2016)

Druhou kategorií mikroplastů tvoří mikroplasty sekundární. Do této kategorie spadají nepravidelné, mikroskopické částice, vzniklé postupnou fragmentací a zvětráváním větších

plastových předmětů, u kterých byla v důsledku různých degradačních procesů narušena jejich strukturální integrita (Grenčíková et al., 2019).

Vznik sekundárních mikroplastů je podmíněn užíváním plastových předmětů, jako např. plastových lahví, sáčků, obalů, tašek, lan či rybářských sítí. Po jejich opotřebení se zmíněné předměty mohou dostat, ve formě odpadu, do životního prostředí (Crawford & Quinn, 2016). Zde se postupně v důsledku vystavení fotodegradačnímu UV záření či mechanickému oděru, plastové předměty fragmentují na menší plastové úlomky, které se časem rozpadají až na zmíněné sekundární mikroplasty (Auta et al., 2017).



Obrázek 2: Sekundární mikroplasty získané z vodního prostředí (Crawford & Quinn, 2016)

### 2.1.3 Složení mikroplastů

Chemickou podstatu mikroplastů tvoří různé typy syntetických polymerů a funkčních přísad (ECHA, 2020). Tyto makromolekulární sloučeniny, obvykle syntetizované z fosilních paliv (GESAMP, 2015), vznikají spojením několika menších, stále se opakujících jednotek, které se nazývají monomery (McMurry, 2007). Z hlediska atomového složení jsou molekuly

monomerů nejčastěji tvořeny atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku nebo chlóru. Na základě projevů za standardní a zvýšené teploty se polymery rozdělují na elastomery a plasty (Ducháček, 2006). Obě zmíněné kategorie jsou považovány za potenciální zdroj mikroplastů (Verschoor, 2015).

### **Elastomery**

Elastomery jsou elastické polymery, které lze za standardních podmínek deformovat bez známek porušení. Jejich deformace je vratná. Velkou skupinu elastomerů tvoří kaučuky, ze kterých se vulkanizací vyrábí pryž (Ducháček, 2006). Ta při dlouhodobém vystavení UV záření a ozónu, ztrácí svou původní elasticitu, tvrdne a jejím oděrem mohou vznikat malé částice, obecně klasifikované také, jako mikroplasty (Verschoor, 2015).

Typickým zástupcem syntetických kaučuků je butadien-styrenový kaučuk, který je zároveň jeden z nejvíce používaných syntetických kaučuků vůbec. Z chemického hlediska se jedná o kopolymery butadienu a styrenu, v nichž převažuje podíl butadienu. Využití butadien-styrenový kaučuk nachází především v automobilovém průmyslu, kde se používá k výrobě běhounů u pneumatik (Ducháček, 2006).

### **Plasty**

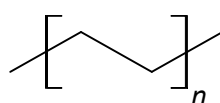
Plasty jsou za standardních podmínek tvrdé, pevné polymery a jejich tvarování je možné pouze za vysoké teploty. Dále se rozdělují do dvou kategorií (Ducháček, 2006).

První kategorii plastů tvoří reaktoplasty, u kterých nelze opakovaně měnit tvar. Tato skutečnost je daná jejich zesíťovaným řetězcem, v důsledku něhož po sobě během zahřívání jednotlivé řetězce nemohou volně klouzat, a tím znemožňují makromolekule měnit tvar. Typickým zástupcem reaktoplastů je bakelit, který je rovněž nejstarším syntetickým polymerem (McMurry, 2007).

Druhou kategorii plastů tvoří termoplasty. Ty na rozdíl od reaktoplastů nemají zesíťovaný řetězec a jejich tvar jde vlivem tepla opakovaně měnit. Mezi termoplasty se řadí např. polyethylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polyethylentereftalát (PET), polymetylmakrylát (PMMA), polystyren (PS), polyamidy a jiné (McMurry, 2007).

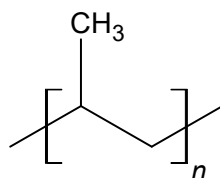
Prvním termoplastem je polyethylen (PE). Základním monomerem pro výrobu polyethylenu je ethylen. Jeho polymerací se ročně vyrobí až 60 milionů tun příslušného termoplastu (Šuta,

2008). Za standardních podmínek je polyethylen bílý, v tenké vrstvě průhledný plast, který je odolný vůči vodě, kyselinám, zásadám, solím i polárním rozpouštědlům. Vysokou odolnost má i za nízkých teplot. K jeho křehnutí dochází až při teplotách  $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Naopak v nepolárních rozpouštědlech, jako např. v toluenu nebo benzenu, se polyethylen rozpouští. Na základě jeho hustoty se rozděluje na vysokohustotní (PEHD) a nízkohustotní (PELD). Své využití nachází polyethylen v řadě odvětvích. Je jedním z nejrozšířenějších obalových materiálů. Dále se používá k výrobě různých plastových předmětů, jako např. hraček, trubek, misek, sáčků, kloubních protéz, filtrů nebo ložisek (Ducháček, 2006).



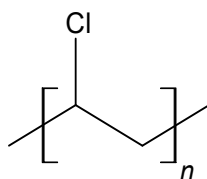
Obrázek 3: Strukturní vzorec polyethylenu (vytvořeno v ACD/ChemSketch, 2022)

Dalším termoplastem je polypropylen (PP), který se vyrábí polymerací propylenu. Jeho roční produkce dosahuje až 30 milionů tun (Šuta, 2008). Polypropylen je na rozdíl od polyethylenu neprůhledný a odolný vůči vyšším teplotám. Rovněž disponuje větší pevností a odolností proti oděrům. V důsledku toho nachází své využití ve strojním, automobilovém nebo spotřebním průmyslu, kde se používá např. k výrobě součástek strojů, automobilů, dílů do injekčních stříkaček nebo do kuchyňských spotřebičů (Ducháček, 2006).



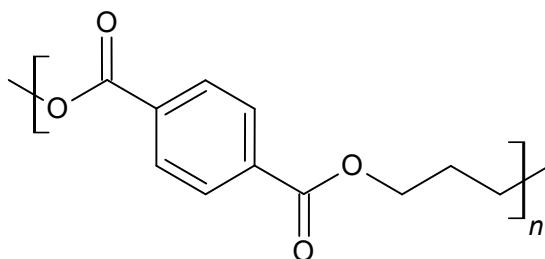
Obrázek 4: Strukturní vzorec polypropylenu (vytvořeno v ACD/ChemSketch, 2022)

Polyvinylchlorid (PVC) je společně s polyethylenem a polypropylenem nejrozšířenějším synteticky vyrobeným plastem. Tento termoplast se vyrábí polymerací vinylchloridu. Jeho vlastnosti jsou dále vylepšovány aditivami, jakými jsou např. změkčovadla nebo stabilizátory. Neměkčený polyvinylchlorid neboli novodur se nejčastěji používá k výrobě vodovodního a kanalizačního potrubí, oken nebo dveří. Naopak jeho měkčená forma, známá pod označením novoplast, slouží k výrobě nejrůznějších folií, pláštěnek, hraček, rukavic, podlahových krytin apod. (Šuta, 2008).



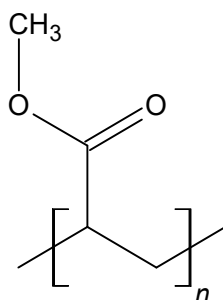
Obrázek 5: Strukturální vzorec polyvinylchloridu (vytvořeno v ACD/ChemSketch, 2022)

Polyethyltereftalát (PET) je termoplast, který se vyrábí polykondenzací ethylenglykolu a kyseliny tereftalové. Původně sloužil především k výrobě syntetických vláken či fólií. V současné době se s tímto plastem setkáme nejčastěji ve spojitosti s plastovými lahvemi, u kterých se běžně používá označení PET lahve, které vychází ze zkratky chemického složení materiálu. Polyethyltereftalát tvoří základ i pro výrobu polyesterových vláken, které se nesprávně označují zkratkou PES. Textilie zhotovené z tohoto vlákna jsou nemačkávé, rychleschnoucí a pružné. V důsledku toho se často využívají k výrobě sportovních oděvů nebo domácích textilií (Ducháček, 2006).



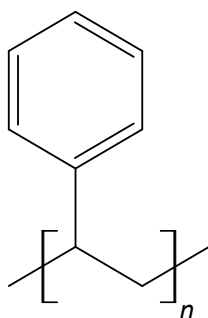
Obrázek 6: Strukturální vzorec polyethyltereftalátu (vytvořeno v ACD/ChemSketch 2022)

Polymethylmetakrylát (PMMA), běžně známý pod označením organické sklo či plexisklo, se vyrábí polymerací methylmetakrylátu. Typickými vlastnostmi polymethylmetakrylátu jsou jeho čírost a bezbarvost, které si tento termoplast zachovává i v tlustých vrstvách. Propouští zhruba 92 % světla. Mimo to, je odolný vůči náročným klimatickým podmínkám. To umožňuje jeho široké využití nejen ve stavebnictví, ale i v lékařství nebo spotřebním průmyslu (Ducháček, 2006).



Obrázek 7: Strukturální vzorec polymethylmetakrylátu (vytvořeno v ACD/ChemSketch, 2022)

Základním monomerem pro výrobu polystyrenu (PS) je styren. Výroba polystyrenu byla známá již v roce 1839, ale k její průmyslové realizaci došlo až o století později. Polystyren je tvrdý, křehký a má elektroizolační vlastnosti. V důsledku svých vlastností, nachází své využití ve stavebnictví, kde se používá především, jako tepelný a zvukový izolant. Dále se používá, jako součást nátěrových hmot, k výrobě hraček či různých ozdobných předmětů (Šuta, 2008).



Obrázek 8: Strukturální vzorec polystyrenu (vytvořeno v ACD/ChemSketch, 2022)

## Bioplasty

Za syntetické polymery a zároveň za potenciální zdroj mikroplastů jsou považovány rovněž některé bioplasty, získávané z obnovitelných biologických zdrojů, jako např. z kukuřičného škrobu, slunečnicového oleje nebo methanu (Verschoor, 2015). Na tuto skutečnost poukazuje ve své práci např. Weinstein et al. (2020), kteří svým výzkumem potvrzují, že mikroplasty v životním prostředí mohou vznikat, jak z plastů na biologické bázi, tak z těch biodegradabilních.

## Aditiva

Kromě monomerů ovlivňují vlastnosti plastů také aditiva, což jsou látky, které se k plastům přidávají záměrně, za účelem získání požadovaných fyzikálních nebo chemických vlastností

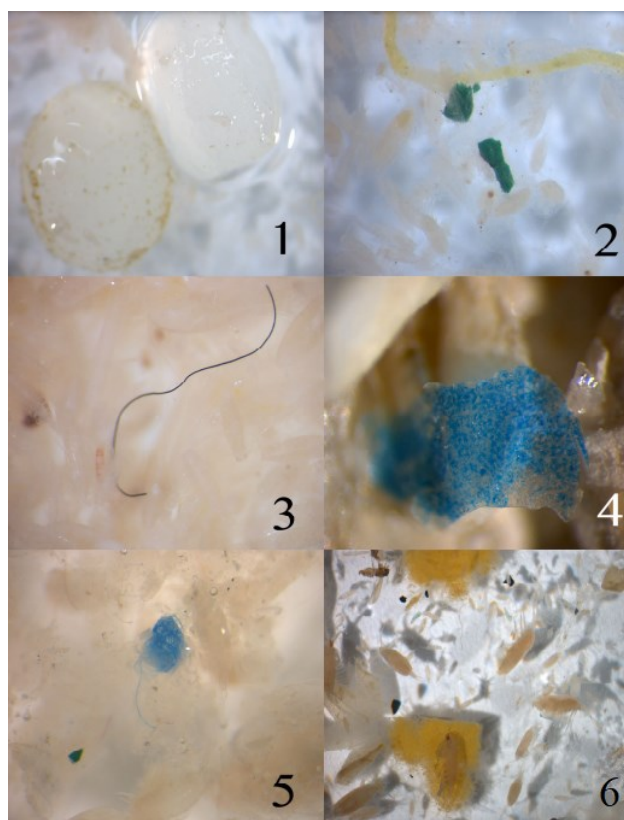
(ECHA, 2019). Aditiva mohou jednak umožňovat lepší zpracovatelnost plastů během jejich samotné výroby, ale především vylepšují vlastnosti v konečných plastových produktech. Mezi aditiva lze zahrnout nejrůznější stabilizátory, včetně antioxidantů, změkčovadla, barviva, plniva, maziva, vyztužující vlákna, vazebná činidla, zpomalovače hoření a další. Aditiva jsou rozmanitá. Mohou být tvořena ekologicky neškodnými přírodními sloučeninami, ale rovněž i nebezpečnými látkami, které mohou představovat zdravotní rizika. Takovými látkami jsou např. aditiva obsahující polychlorované bifenoly (PBC) nebo těžké kovy. Ve většině plastových výrobků se podíl aditiv obvykle pohybuje v rozmezí od 1 do 50 % (Verschoor, 2015).

Na první pohled viditelná aditiva jsou barviva. Ta se do plastových materiálů přidávají, v důsledku svých optických vlastností, s cílem zvýšit vizuální atraktivitu konečných plastových předmětů na trhu (Christie, 1994). Další aditiva, jako např. plniva v plastech vylepšují mechanické a fyzikální vlastnosti. Kromě toho plniva snižují náklady, spotřebu ropných zdrojů a v neposlední řadě mohou snížit dopad na životní prostředí (Puig Vidal, 2018).

Stabilizátory se do plastů přidávají za účelem zamezení jejich rozkladu. Plastové výrobky mohou chránit před světlem, teplem, nebo např. UV zářením. Podobně fungují i antioxidanty, které zabraňují oxidaci. Největší podíl na trhu aditiv tvoří ovšem změkčovadla (Pfaendner, 2006). Se změkčovadly se typicky setkáme ve spojitosti s PVC, kam se tyto nízkomolekulární organické sloučeniny přidávají s cílem ovlivnit tvrdost plastu a způsobit u něj ohebnost a elasticitu i za nízké teploty (McMurry, 2007).

#### **2.1.4 Vzhled mikroplastů**

Mikroplasty jsou heterogenní, pevné částice, které se mohou lišit svou velikostí, tvarem, barvou, chemickým složením, hustotou a dalšími charakteristikami (Bergmann et al., 2015). Na základě jejich typu mohou být mikroplasty dále klasifikovány do osmi kategorií. Konkrétně na pelety, fragmenty, vlákna, film, lana a filamenty, houby/pěny a pryže (Frias et al., 2018).



Obrázek 9: Příklady typů mikroplastů – 1 pelety, 2 fragmenty, 3 vlákna, 4 film, 5 lana a filamenty, 6 houby/pěny (upraveno dle Frias et al., 2018)

Barevná škála mikroplastů je neomezená. Kromě základních barev, jako např. černé, modré, bílé či červené, mohou být mikroplasty i průhledné nebo obsahovat více barev najednou (Frias et al., 2018). Navzdory tomu, že barevnost není vnímaná za klíčovou vlastnost mikroplastů a je dosti subjektivní, některé studie poukazují na provázanost barevnosti s mírou konzumace mikroplastů ve vodním prostředí (např. Frias & Nash, 2019; Wright et al., 2013; Xiong et al., 2019). V těle vodních organismů byly nejčastěji nalezeny plastové částice, které barevně odpovídaly zbarvení jejich přirozené potravy (Bergmann et al., 2015).

U sekundárních mikroplastů se typ i barva polymeru odvíjejí od chemického složení výchozího plastového předmětu, ze které mikroplast postupnou degradací vznikl. Neúmyslnému vzniku odpovídá i jejich nepravidelný tvar (Crawford & Quinn, 2016). V případě primárních mikroplastů, obsažených v kosmetických výrobcích, se tvarově jedná o kulovité mikročástice, bez ostrých hran, s drsným nebo hladkým povrchem, nejčastěji bílé či modré barvy (Hintersteiner et al., 2015).

### **2.1.5 Zdroje mikroplastů**

V posledních letech se stále více diskutuje o přítomnosti mikroplastů v životním prostředí. Pro snížení enviromentálních dopadů spojených s touto formou syntetického odpadu je důležité identifikovat a redukovat jejich zdroje (Bergmann et al., 2015).

Většina studií hovoří o zdrojích mikroplastů ve spojitosti s jejich původem a rozdělují je na primární a sekundární (např. Auta et al., 2017; GESAMP, 2016; Yu et al., 2020). V takovém případě se za primární zdroje považují ty, ze kterých se mikroplasty do životního prostředí uvolňují rovnou v mikroskopických rozměrech, v nichž byly i záměrně vyrobeny. Mezi tyto zdroje spadá např. některá kosmetika nebo čisticí prostředky (Auta et al., 2017). Naopak za sekundární zdroje mikroplastů jsou vnímány větší polymerní předměty, které se vlivem celé řady nejrůznějších degradačních procesů rozpadají na stále menší plastové úlomky, až na samotné mikroplasty (Cole et al., 2011). Sekundární zdroje mohou být někdy označovány, taktéž jako zdroje „nepřímé“, jelikož se z nich mikroplasty do životního prostředí uvolňují z existujících, synteticky vyrobených předmětů (Bergmann et al., 2015).

Přestože se většina studií přiklání k již zmíněnému dělení zdrojů, na základě původu mikroplastů, existují i studie, které svou kategorizací poukazují přímo na specifické skupiny zdrojů (např. Bergmann et al., 2015; Golwala et al., 2021). Konkrétně Bergmann et al. (2015) ve své práci rozlišuje jednotlivé zdroje mikroplastů do 4 velkých skupin, a to na velké plastové stelivo, čisticí prostředky, léky a syntetické textilie.

#### **Produkty osobní péče**

Významným zdrojem mikroplastů je celá řada spotřebitelských výrobků určených ke každodennímu používání. Mezi tyto zdroje spadají např. některé zubní pasty, sprchové gely, peelings, deodoranty, make-upy, řasenky, pudry, tvářenky, opalovací krémy či čisticí prostředky na obličej (Auta et al., 2017).

Právě v produktech osobní péče jsou mikroplasty nejčastěji zastoupeny, jako tzv. mechanické exfolianty neboli látky, které jsou určeny k mechanickému odstranění odumřelé pokožky (Duis & Coors, 2016). Podle Gouin et al. (2015) obsahovalo v roce 2012 až 6 % tekutých sprchových gelů, využívaných v rámci EU, mikroplasty. V posledních letech se ovšem ze strany některých států EU objevila iniciativa tento problém řešit, a proto

se v některých zemích používání mikroplastů v produktech osobní péče zakázalo nebo alespoň omezilo (Golwala et al., 2021).

Z hlediska druhu polymerů je v kosmetických výrobcích nejčastěji zastoupen polyethylen, který tvoří až 93 % veškerých mikroplastických částic ve výrobku (Gouin et al., 2015). Své využití zde polyethylen nachází především v důsledku svého hladkého povrchu, který je dostatečně šetrný k pokožce, a tím snižuje riziko poškození, oproti ostatním látkám, včetně přírodnin (Crawford & Quinn, 2016). Dále mohou být v kosmetických výrobcích obsaženy mikroplasty např. z polypropylenu, polyethylentereftalátu, polymethylmethakrylátu nebo nylonu (Napper et al., 2015). Kosmetický výrobek nemusí nutně zahrnovat pouze jeden typ polymeru, ale může obsahovat i jejich směs (Hintersteiner et al., 2015).

Při smytí takového výrobku vodou se mikroplasty dostávají do odpadních vod, odkud se mohou šířit dále do životního prostředí (Duis & Coors, 2016). Napper et al. (2015) ve své studii uvádějí, že v rámci jednoho použití kosmetického výrobku s exfolianty může dojít k uvolnění 4594 až 94500 kusů plastových mikrokuliček. Například ze zubní pasty se při běžném čištění zubů, rovněž v rámci jednoho užití, uvolní zhruba 4000 mikroplastových částic (Carr et al., 2016).

### **Léčiva**

Své využití nacházejí primární mikroplasty i v medicíně, kde slouží jako vektory (nosiče), pro transport léků. Využití polymerů v tomto odvětví umožňuje rozšíření spektra léčiv určených k cílené léčbě mozkových onemocnění, jakými jsou např. zhoubné nádory nebo Alzheimerova choroba (Patel et al., 2009). Některé typy polymerů se kromě jejich primární transportní funkce vykazují i antivirovou účinností. Polymery mimo jiné umožňují i delší setrvání účinné látky v cíleném místě (Lenjisa et al., 2014).

### **Plastové pelety**

Za primární zdroj mikroplastů je považován i plastikářský průmysl. Z něj mohou být mikroplasty uvolňovány do životního prostředí jednak ve formě průmyslového odpadu, který vzniká během výroby, ale také před samotným zpracováním plastu, a to ve formě plastových pelet (Duis & Coors, 2016).

Plastové pelety jsou milimetrové (0,1 – 0,5 mm), průmyslově vyráběné, syntetické granule, užívané v plastikářském průmyslu, jejichž následným přetavením a deformací vznikají

konečné plastové produkty (Mato et al., 2001). Pelety se do životního prostředí mohou dostat důsledkem špatné manipulace během přepravy či samotného zpracování dřívě, než se z nich vytvoří výsledné produkty (Duis & Coors, 2016).

### **Průmyslové čisticí prostředky**

Do životního prostředí mohou být mikroplasty uvolňovány také během mechanického očišťování kovových povrchů u strojů, motorů, či trupů lodí od rzi a barev. Při průmyslovém čištění zmíněných objektů se využívá technologie tryskání vzduchem, během které zastávají mikroplasty funkci abrazivních částic (Cole et al., 2011). Mikroplasty jsou v rámci takového čištění používány opakovaně do té doby, dokud se nezmenší, a tím neztratí svou účinnou sílu. Ve většině případů jsou po jejich opakovaném užívání kontaminované těžkými kovy (Derraik, 2002).

### **Plastový odpad**

Významným zdrojem sekundárních mikroplastů je plastový odpad, vznikající užíváním nejrůznějších plastových předmětů či obalových materiálů používaných v každodenním životě (Golwala et al., 2021). Geyer et al. (2017) ve své studii odhadují, že k roku 2015 bylo celkově vyprodukováno 6,3 miliard tun plastového odpadu, z čehož bylo pouhých 9 % recyklováno, 12 % spáleno a zbylých 79 % plastového odpadu, tudíž zhruba 4,9 miliard tun, nashromážděno na skládkách nebo v přírodě.

Do životního prostředí se plastové materiály dostávají nejen v důsledku nevhodného zacházení s plastovými odpady obecně, či v podobě trosk souvisejících s lodní dopravou a rybolovem, ale také v důsledku nevhodné manipulace s již nashromážděným plastovým odpadem na skládkách (Duis & Coors, 2016).

V životním prostředí je plastový odpad vystaven chemickým, fyzikálním i biologickým procesům, které způsobují jeho postupnou fragmentaci (Yu et al., 2020). Významným degradačním procesem je fotodegradační UV záření, během kterého dochází k oxidaci chemické struktury polymeru. Plastové předměty vlivem oxidace štěpí své vazby, čímž se stávají křehčími a postupně se fragmentují na menší plastové úlomky (Browne et al., 2007).

Za mechanickou degradaci je považováno např. vlnobití. To společně s dostatečným přístupem kyslíku a zmíněným UV zářením činní z pláží místo, kde dochází k nejrychlejším degradacím plastových předmětů. Naopak s rostoucí hladinou vodního sloupce se

degradační proces zpomaluje (GESAMP, 2016). Z hlediska polymerního zastoupení, jsou mikroplasty nalezené v mořích a mořských sedimentech nejčastěji tvořeny polyethylenem, polypropylenem nebo polystyrenem (GESAMP, 2015).

### **Plastové předměty**

Vznik mikroplastů nemusí nutně souviset s plastovým odpadem. Do životního prostředí se mohou mikroplasty uvolňovat v důsledku opotřebení a vystavení celé řadě degradačních procesů i ze stále užívaných plastových předmětů. Typickým příkladem takového zdroje jsou ochranné fólie používané v zemědělství (Duis & Coors, 2016).

### **Syntetické textilie**

Jedním z hlavních zdrojů sekundárních mikroplastů jsou syntetické textilie. Z nichž se v důsledku opotřebení, nejčastěji během praní či sušení, uvolňují drobná syntetická vlákna, která se posléze společně s vodou dostávají opět do odpadních vod (Carney Almroth et al., 2018). Napper a Thompson (2016) ve své studii uvádějí, že během jednoho pracovního cyklu se z 6 kg prádla může uvolnit více než 700000 kusů syntetických vláken. V případě, že se praná tkanina skládá ze směsi polyesteru a bavlny je počet uvolněných vláken nižší. Dále může být množství uvolněných vláken ovlivněno stářím oděvů. Častěji nošené oděvy uvolňují zpravidla vyšší množství syntetických vláken než ty, které jsou méně nošené (Carney Almroth et al., 2018). Z chemického hlediska tvoří více než polovinu syntetických vláken vlákna z polyesteru. Dále se jedná o vlákna z akrylátů, polypropylenu, polyethylenu nebo polyamidu (Bergmann et al., 2015).

### **Pneumatiky**

Globálním zdrojem mikroplastů jsou i pneumatiky u automobilů. Jejich běhouny, tvořené převážně syntetickým kaučukem, se vlivem mechanického sjíždění opotřebovávají a uvolňují drobné částice, které jsou rovněž klasifikované jako mikroplasty (Sommer et al., 2018). Ročně se celosvětově v přepočtu na jednoho člověka z pneumatik dle odhadů uvolní 0,81 kg mikroplastů. Mikroplasty pocházející z tohoto zdroje tak tvoří zhruba 5-10 % celkového počtu mikroplastů uvolněných do oceánů (Kole et al., 2017).

#### **2.1.6 Mikroplasty v životním prostředí**

Rozvoj plastikářského průmyslu přinesl řadu inovací. Plastové předměty se staly neodmyslitelnou součástí našich životů. Se zvyšujícím využíváním tohoto syntetického

materiálu došlo ovšem v posledních letech také k prudkému nárustu plastového odpadu. S tím se pojí i řada ekologických problémů (Gong & Xie, 2020).

První zmínka o kontaminaci životního prostředí malými plastovými částicemi pochází z roku 1972. V tomto roce vědci poprvé poukázali na přítomnost polystyrénových kuliček v sedimentárních biotopech na pobřeží jižní Nové Anglie (Zhang et al., 2022). Od té doby se objevila celá řada dalších studií, které poukazují na přítomnost mikroplastů napříč všemi zemskými ekosystémy po celém světě (např. Bläsing & Amelung, 2018; Duis & Coors, 2016; Padervand et al., 2020).

Mikroplasty se do životního prostředí mohou dostat z primárních i ze sekundárních zdrojů (viz kapitola 2.1.5). Znečištění těmito malými syntetickými částicemi je všudypřítomné. Vyskytují se ve vodě, půdě i v atmosféře (Gong & Xie, 2020). V životním prostředí mohou vznikat postupnou fragmentací větších plastových předmětů (Browne et al., 2007). V důsledku jejich snadné distribuce, prostřednictvím vodního nebo vzdušného proudění, byly mikroplasty identifikovány i ve vzorcích, které pocházejí z polárních oblastí či hlubokomořských sedimentů (např. Auta et al., 2017; Bergmann et al., 2017).

Největší koncentrace však tyto mikroskopické polutanty dosahují ve vzorcích získaných v hustě osídlených oblastech nebo v místech, které jsou ovlivněny lidskou činností. Kromě urbanizovaných území a průmyslových zón, se tak jedná např. i o trasy spojené s lodní dopravou či turisticky navštěvovaná přírodní místa (Hayes et al., 2021).

V životním prostředí jsou mikroplasty spojovány se čtyřmi eko-environmentálními účinky, mezi které patří kombinované znečištění, adsorpce, biologický příjem a ekotoxikologické účinky (Gong & Xie, 2020).

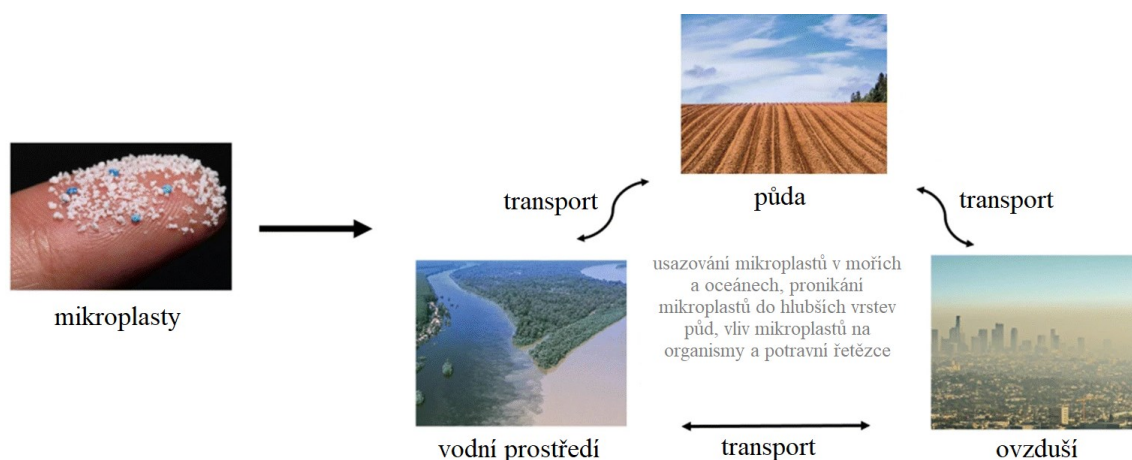
Přítomnost mikroplastů v životním prostředí představuje kromě fyzického znečištění i to chemické (Gong & Xie, 2020). Vyjma základních monomerů mohou plastové částice do svého okolí uvolňovat i nejrůznější aditiva, která jsou jejich součástí (Teuten et al., 2009). Nebezpečné může být např. uvolnění bisfenolu A (Bläsing & Amelung, 2018). Tato chemická látka přidávaná do plastových materiálů za účelem změkčení, patří mezi endokrinní disruptory, neboli látky, které mohou narušovat žlázy s vnitřní sekrecí, včetně hormonálního systému (Narevski et al., 2021). Zodpovědné tak mohou být např. za kardiovaskulární onemocnění, reprodukční poruchy nebo rakovinu. Do životního prostředí

se tato látka může dostat při špatném nakládání s plastovými odpady. Její výskyt byl potvrzen ve vodním i suchozemském prostředí (Liu et al., 2019).

Kromě toho mohou mikroplasty v důsledku jejich vysoké adsorpční schopnosti sloužit také jako nosiče celé řady chemických polutantů, které se na ně mohou navázat před, nebo po vstupu do životního prostředí (Avio et al., 2015). Vystavení toxickým látkám může přímo či nepřímo ovlivnit potenciální toxicitu mikroplastů (Syberg et al., 2015). Adsorpce polutantů je umožněna v důsledku relativně velkého povrchu mikroplastových částic (Bajt, 2021). Mezi adsorbované látky mohou patřit např. různé biomolekuly, těžké kovy či polychlorované bifenoly (PBC) spadající do skupiny perzistentních organických polutantů (POPs), pro které je typické dlouhodobé setrvání v životním prostředí (Syberg et al., 2015).

Zmíněné polutanty mají hydrofobní charakter. Jejich afinita k vodě je řádově nižší než k mikroplastům (Bouwmeester et al., 2015). Kolem mikroplastů bývá koncentrace toxických látek naopak vyšší. Potenciální riziko z hlediska toxikologie nastává, pokud se takto kontaminované mikroplasty dostanou do potravního řetězce (Xiang et al., 2022). Podle některých studií mohou mikroplasty v organismech uvolňovat jednak sloučeniny, které tvoří jejich chemickou podstatu, včetně aditiv, ale rovněž mohou desorbovat navázané polutanty (např. Avio et al., 2015; Bakir et al., 2014; Engler, 2012).

Adsorpce se nemusí nutně pojit jen s toxickými látkami. Na površích mikroplastů mohou být navázané i biotické složky, které na nich vytváří biofilm. Takto obalené mikroplasty se poté společně s mikroorganismy mohou snáze dostat rovněž do potravního řetězce a způsobit řadu zdravotních rizik (Gong & Xie, 2020).



Obrázek 10: Transport mikroplastů v životním prostředí (upraveno dle Padervand et al., 2020)

## **Mikroplasty ve vodním prostředí**

Přítomnost mikroplastů byla potvrzena v sladkovodních i mořských ekosystémech (např. Crawford & Quinn, 2016; Padervand et al., 2020; Raju et al., 2018).

Do vodního prostředí vstupují mikroplasty různými cestami. V důsledku jejich snadné distribuce mohou zároveň přecházet z jednoho prostředí do druhého. Mnohdy se tak mikroplasty vlivem transportních mechanismů, přemístí z místa jejich vzniku do jiného prostředí, kde se poté i kumulují. Typickým příkladem je soustředění velkého množství mikroplastů v mořích a oceánech. V tomto prostředí se kromě mikroplastů vzniklých v důsledku postupné fragmentace větších plastových předmětů uvolněných přímo do moří a oceánů, soustřeďuje i velké množství mikroplastů, které se sem dostaly prostřednictvím říční a suchozemské migrace (Gong & Xie, 2020).

Zvyšující se množství plastového odpadu společně s jeho špatným zpracováním dlouhodobě přispívá ke zvyšujícímu se množství mikroplastů ve vodních tocích a oceánech (Hayes et al., 2021). Podle Andrady (2011) tvoří až 80 % plastového odpadu shromážděného v mořích a oceánech plasty, které pocházejí z pozemních zdrojů. Zbývající množství je připisováno rybářskému průmyslu a akvakultuře (Duis & Coors, 2016).

Ve vodním sloupci jsou mikroplasty rozptýleny na základě jejich hustoty. Částice, které mají vyšší hustotu než voda, vlivem gravitace klesnou ke dnu a stanou se součástí sedimentů. Naopak lehčí částice, se v důsledku jejich nižší hustoty drží na vodní hladině a prostřednictvím vodního proudění mohou být unášeny na místo, kde dochází k jejich kumulaci (Gong & Xie, 2020).

Mikroplasty mohou do vodního prostředí pronikat přes čistírny odpadních vod, do kterých se dostanou prostřednictvím kanalizací nejčastěji po použití kosmetických či čistících prostředků, které je obsahují, nebo v podobě vláken uvolněných během praní či sušení ze syntetických oděvů (Padervand et al., 2020).

Většina mikroplastů je v čistírnách odpadních vod zachycena pomocí primárních, sekundárních a terciálních procesů čištění vod, které zahrnují screening, sedimentaci, flotaci a filtraci. Největší množství mikroplastů se eliminuje během sedimentace v primárním procesu čištění. Účinnost čištění je dále navýšena soustavou navazujících úprav, během nichž může v důsledku využití nejefektivnějších filtrů, dojít k zadržení až 99,9 %

mikroplastových částic. Zbylé, rozměrově drobnější částice, které nebyly zachyceny čistícími procesy, se poté uvolňují společně s přečištěnou vodou do říčních systémů, odkud se mohou volně dále distribuovat (Raju et al., 2018).

Podle studie provedené organizací Greenpeace obsahovalo devět z deseti odebraných vzorků pocházejících z řek Vltavy a Labe, do kterých mimo jiné směřují i výpustě z čistíren odpadních vod, mikroplasty. Na základě této studie bylo zároveň určeno průměrné množství mikroplastů v povrchových vodách České republiky. V České republice se v 1 dm<sup>3</sup> povrchové vody na základě získaných dat vyskytuje v průměru 3,7 mikroplastových částic (Greenpeace Research Laboratories, 2019).

### **Mikroplasty v půdě**

Do zemědělských půd se mikroplasty dostávají nejčastěji v důsledku využívání mulčovacích fólií vyrobených z plastů, které se používají pro vyšší úrodnost a zkvalitnění plodin (Bläsing & Amelung, 2018). Rovněž používání kalů z čistíren odpadních vod jako hnojiv a využívání samotných odpadních vod k závlaze polí se řadí k hlavním zdrojům mikroplastů v tomto sektoru (Gong & Xie, 2020).

V čistírenských kalech se přitom hromadí až 90 % mikroplastů, které byly v průběhu čištění odpadních vod zadrženy. Navzdory tomu, že i kaly podléhají před jejich využitím v zemědělství celé řadě čistících procesů, jejich přečištění vůči mikroplastům není dostatečně účinné. Ročně se tak do zemědělských půd v důsledku využívání kalů z čistíren odpadních vod dostane značné množství mikroplastů (Gong & Xie, 2020).

Naopak do nezemědělských půd se mikroplasty dostanou nejčastěji v důsledku špatné manipulace s plastovými odpady, včetně odhazování odpadů do volné přírody či nelegálních skládek. Vlivem nízké účinnosti degradačních procesů, dokáží plastové předměty přetrvat v půdním prostředí za postupné fragmentace i několik desítek let. Určité množství mikroplastů se do půd dostává i z okolních prostředí (Bläsing & Amelung, 2018).

### **Mikroplasty v ovzduší**

V ovzduší se mikroplasty nejčastěji vyskytují v podobě drobných, syntetických vláken, která se do něj mohou uvolnit během sušení syntetických oděvů, nebo v podobě mikroskopických částic uvolňovaných při mechanickém sjíždění kaučukových pneumatik (Zhang et al., 2022). V důsledku jejich nízké hmotnosti jsou mikroplasty zároveň součástí městského prachu,

který přispívá ke zhoršení smogové situace měst. Mikroplasty mohou být součástí venkovního i vnitřního prostředí (Gong & Xie, 2020).

Prostřednictvím vzdušného proudění se mikroplasty uvolněné do ovzduší mohou transportovat do vodního nebo půdního prostředí (Zhang et al., 2022). V důsledku transportu se mikroplasty dokáží od jejich zdrojů přemístit i do vzdálenějších míst, jakými jsou např. polární oblasti (Gong & Xie, 2020). Na tuto skutečnost se odkazují Bergmann et al. (2017), kteří na základě jejich studie potvrdili přítomnost mikroplastů v hlubokomořských sedimentech na Arktidě.

### **2.1.7 Vliv mikroplastů na organismy**

#### **Příjem mikroplastů organismy a jejich trofický přenos**

Velkým rizikem, které se pojí s mikroplasty je jejich biologický příjem. Mikroplasty mohou být v důsledku jejich mikroskopických rozměrů neúmyslně přijímány celou řadou různých organismů (Gong & Xie, 2020). Mezi jejich příjemce se řadí nejen velké množství drobných živočichů tvořící zooplankton, ale také bezobratlých a obratlovců, včetně člověka (Bouwmeester et al., 2015). Vyjma přímého pozření mikroplastové částice v životním prostředí se mikroplasty do těl vývojově vyšších živočišných organismů mohou dostávat i prostřednictvím trofického přenosu (Gong & Xie, 2020).

Biologická dostupnost mikroplastů je kromě velikostní a tvarové klasifikace u určitých organismů podmíněna i jejich zbarvením. Organismy, které žijí v blízkosti míst kontaminovaných mikroplasty, obvykle nedisponují schopností tyto syntetické částice od jejich přirozené potravy rozeznat (Anbumani & Kakkar, 2018). Pohlčené mikroplasty tak ve většině případů barevně odpovídají zbarvení přirozené potravy jejich konzumentů (Bergmann et al., 2015).

Příjem mikroplastů do jisté míry ovlivňuje i četnost těchto syntetických polutantů v životním prostředí. V případě, že organismy žijí v prostředí, v němž je vyšší koncentrace mikroplastů, potenciální riziko jejich příjmu se zvyšuje (Wright et al., 2013). Biologické dostupnosti mikroplastů napomáhají i enviromentální vektory, které umožňují jejich distribuci v horizontálním i vertikálním směru. V důsledku toho jsou mikroplasty ve vodním prostředí dostupné, jak pro organismy bentické, žijící v sedimentech, tak pro organismy pelagické, kteří obývají vodní sloupec (Syberg et al., 2015).

Mikroplasty nejčastěji vstupují do těl organismů přes trávicí systém. Rozměrově drobnější částice se do něj mohou dostávat i prostřednictvím ventilačních cest (Duis & Coors, 2016).

V momentě, kdy se mikroplasty dostanou do organismu, mohou následovat dvě varianty. Mikroplasty mohou buď projít trávicím traktem a posléze být vyloučeny z organismu společně s nestravitelnými zbytky potravy, nebo mohou v organismu zůstat (Duis & Coors, 2016). V takovém případě se tyto malé syntetické částice mohou začít kumulovat přímo v trávicím traktu, do kterého se dostaly po jejich požití, nebo v případě rozměrově nejdrobnějších částic mohou projít na principu fagocytózy skrz epiteliální výstelku střeva do lymfatického systému, odkud se prostřednictvím oběhového systému mohou přenést do jiné tělní tkáně (Browne et al., 2007).

Navzdory tomu, že drtivá většina mikroplastů přijatá organismy projde trávicím traktem v řádu několika hodin či dnů, určité množství mikroplastových částic v organismu může zůstat. V takovém případě nastává riziko nejen pro organismy, které mikroplasty primárně pozřely, ale rovněž pro jejich případné konzumenty (Duis & Coors, 2016).

Mikroplasty vstupující do trávicího traktu mohou způsobit četná poranění nebo zcela zablokovat jeho průchodnost (Wright et al., 2013). Organismy mohou být poté vystaveny stresovým situacím, v důsledku kterých u nich může dojít ke změně jejich chování, snížení příjmu potravy, hladovění, snížení energetických zásob, snížení reprodukčních schopností, vyvolání zánětlivých onemocnění a v konečném důsledku až ke smrti (Bajt, 2021).

Negativní účinky mikroplastů na organismy nejsou způsobeny pouze jejich fyzikou přítomností v trávicím traktu či jiných tkáních. Mikroplasty představují především závažné riziko z hlediska toxikologie (Browne et al., 2007). Toxické účinky mikroplastů jsou rovněž ve většině případů podmíněny adsorbovanými polutanty (Bajt, 2021). Vyjma uvolňování základních monomerů a aditiv, jakými jsou např. antioxidanty, změkčovadla či zpomalovače hoření, tak v tělech organismů hrozí i desorpce polutantů navázaných na povrch mikroplastových částic (Browne et al., 2007). Uvolněné látky různého typu se poté mohou distribuovat do živočišných tkání, v nichž mohou posléze interagovat s biologickými systémy a narušovat běžné biochemické procesy v buňkách (Bajt, 2021).

Největší riziko představují podle Syberg et al. (2015) rozměrově nejdrobnější mikroplastové částice, jelikož v porovnání s relativně většími mikroplasty mohou v důsledku jejich

mikroskopických rozměrů jednak snadněji proniknout do různých tkání, ale zároveň disponují větším poměrem povrchu k objemu, což jim umožňuje navázání velkého množství zdraví škodlivých polutantů na malé množství plastového materiálu (Bouwmeester et al., 2015).

Konkrétními dopady mikroplastů na jednotlivé organismy se v posledních letech zabývá řada studií (např. Bajt, 2021; Zhang et al., 2019; Zhang et al., 2022). Velká pozornost se přitom soustřeďuje především na mořské organismy, jako jsou ryby, mušle či ústřice, které představují velké riziko ve spojitosti s bioakumulací toxických látek a potenciálním přenosem mikroplastů do vyšší trofické úrovně v rámci potravního řetězce (Xiang et al., 2022).

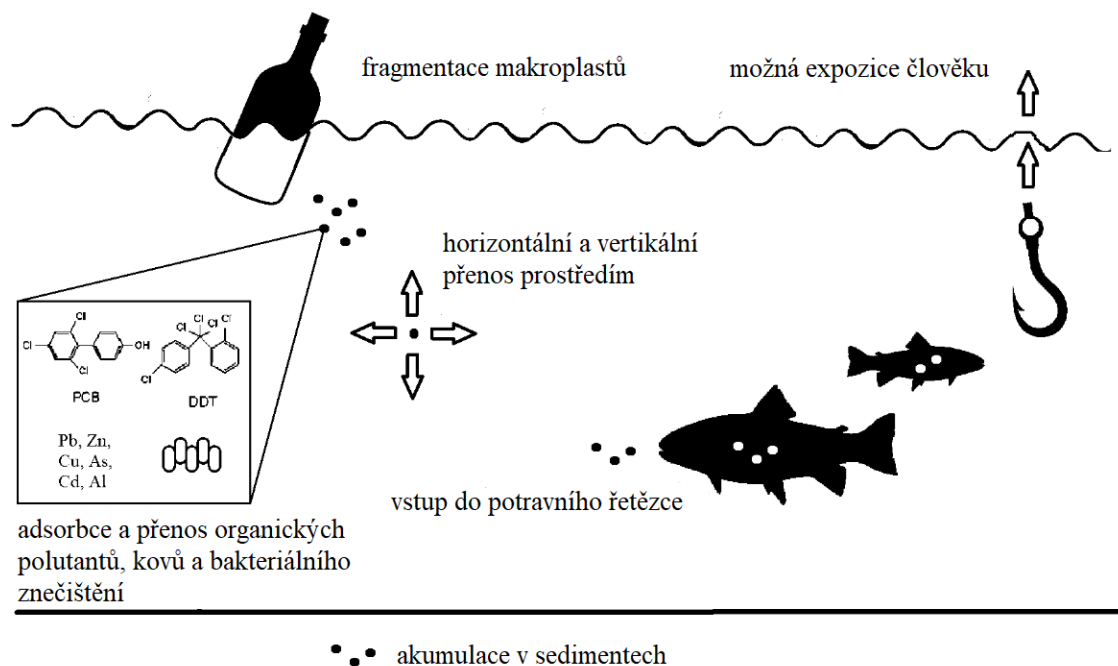
U ryb byly v souvislosti s působením mikroplastů prokázány změny související s jejich chováním, funkcí imunitního systému, histologií a nervovou soustavou (Zhang et al., 2019). Přítomnost mikroplastů v rybách byla potvrzena především ve svalech a gastrointestinálním traktu (Bajt, 2021). Do mušlí či ústřic se mikroplasty dostávají prostřednictvím filtrace mořské vody, která jim zajišťuje příjem potravy (Kole et al., 2017). Jejich distribuci po těle napomáhá hemolymfa. Kromě ní byly mikroplasty v těle mlžů detekovány i v žábrách a trávicí soustavě. Jejich přítomnost má negativní dopad na imunitní systém. Vyšší expozice mohou ovlivňovat hospodaření s energiemi na buněčné úrovni (Bajt, 2021).

Vyjma vodních organismů jsou ohroženy i ty suchozemské. Negativní vliv mikroplastů byl mimo jiné prokázán např. u žížal (Bläsing & Amelung, 2018). Podle studie provedené Rodriguez-Seijo et al. (2017) požití mikroplastů mohou u žížal inhibovat jejich růst a svou přítomností ve střevech způsobovat závažná histologická poškození.

V životním prostředí mohou mikroplasty ovlivňovat také vodní a suchozemskou flóru. Adsorbované mikroplastové částice na povrchu rostlinných buněk, např. řas, mohou blokovat přístup světla a vzduchu, a tím ovlivňovat jejich růst nebo inhibovat fotosyntézu (Wright et al., 2013). U vyšších rostlin mohou mikroplasty např. blokovat prostupnost buněčných stěn, a tím narušovat plynulý transport živin do cílového rostlinného orgánu a snižovat jejich životaschopnost (Xiang et al., 2022).

Do těl vyšších živočišných organismů mohou mikroplasty kromě přímé cesty vstupovat zároveň prostřednictvím již zmíněného trofického přenosu (např. Bajt, 2021; Bouwmeester

et al., 2015). Mikroplasty v potravním řetězci představují problém především v důsledku bioakumulace, neboli procesu, v němž dochází k postupnému růstu koncentrace chemických látek v organismu. Přestože bioakumulace ohrožuje všechny jedince vyšších úrovní potravního řetězce, největší riziko dopadá na člověka, který je na jeho vrcholu (Xiang et al., 2022).



Obrázek 11: Možný vstup mikroplastů do potravního řetězce (upraveno dle Grenčíková et al., 2019)

## Vliv mikroplastů na lidský organismus

V posledních letech stoupá zájem ze strany vědců odhalit škodlivé účinky mikroplastů vůči lidskému organismu. V důsledku toho se objevuje stále větší množství odborných studií, kterých se touto problematikou zabývá (např. Bouwmeester et al., 2015; Leslie et al., 2022; Makhdoumi et al., 2021). Jejich dosavadní zjištění jsou alarmující.

Přítomnost mikroplastů byla v současné době prokázána napříč velkým množstvím různých výrobků určených k lidské konzumaci. Mikroplasty pronikly dokonce i do pitné vody. Jejich výskyt byl prokázán ve vzorcích po celém světě (např. Mintenig et al., 2019; Pivokonsky et al., 2018; Shen et al., 2021).

V České republice byly mikroplasty na základě studie autorů Pivokonsky et al. (2018) detekovány ve všech třech vzorcích vod, pocházejících z různých úpravěn pitné vody.

Průměrně bylo v 1 dm<sup>3</sup> upravené vody detekováno 338 až 628 mikroplastových částic. Zmíněná studie byla, jako jedna z mála, schopná detekovat mikroplasty až do velikosti 1 μm, přičemž právě rozměrově nejdrobnější mikroplastové částice o velikosti 1 až 10 μm mezi detekovanými mikroplasty dominovaly a tvořily až 95 %.

K podobnému výsledku dospěla i studie Shen et al. (2021) z Číny, v níž bylo v 1 dm<sup>3</sup> pitné kohoutkové vody průměrně detekováno 343,5 mikroplastových částic, z čehož více než 85 % tvořily rovněž mikroplasty ve velikostním rozpětí od 1 do 10 μm.

Kromě kohoutkové vody dostupné z běžných vodovodů jsou mikroplasty obsažené i ve vodě balené. Do ní se mohou dostat buď při plnění lahví, prostřednictvím již kontaminované vody z původních vodních zdrojů či následnou extrakcí mikroplastových částic ze samotných plastových lahví či uzávěrů (Zhang et al., 2022).

Na základě studie provedené Makhdoumi et al. (2021) byly mikroplasty detekovány v devíti z jedenácti vzorků pocházejících z různých značek balených minerálních vod, určených k běžné konzumaci. Přičemž více než 90 % detekovaných syntetických částic tvořily mikroplasty úlomkovitého tvaru. Zbylá procenta příslušela mikroplastům v podobě syntetických vláken.

Ještě rizikovější než jednorázové PET lahve jsou podle autorů Oßmann et al. (2018) PET lahve určené k opakovanému využití. Podle zmíněné studie vzorky minerálních vod skladovaných v opakovaně využitelných PET lahvích dosahovaly vyšší koncentrace mikroplastů, než vzorky vod pocházející z těch jednorázových. Průměrná koncentrace mikroplastů v analyzovaných vodách činila na základě studie, v níž bylo možné detekovat mikroplasty až do velikosti 1 μm, v jednorázových PET lahvích 2649 mikroplastových částic na 1 dm<sup>3</sup> vody a v opakovaně využívaných PET lahvích až 4889 mikroplastových částic na 1 dm<sup>3</sup> vody. Z chemického hlediska se přitom v takových případech jednalo nejčastěji o mikroplasty tvořené samotným polyethylentereftalátem. V opakovaně využívaných PET lahvích bylo zároveň detekováno malé množství antioxidantních aditiv, které se do vod mohou vylouhovat přímo z plastových lahví či uvolněných mikroplastů.

Prostřednictvím vody se mikroplasty mohou začlenit do celé řady potravinářských výrobků, v nichž se voda využívá. V důsledku toho byly mikroplasty detekovány např. v pivě

(Bouwmeester et al., 2015). Mimo to byl jejich výskyt potvrzen i v medu, cukru nebo soli (Makhdoumi et al., 2021).

Mikroplasty se do lidského organismu mohou dostat různými cestami (Xiang et al., 2022). Jejich vstup může být přímého či nepřímého charakteru. Při nepřímém vstupu přijímá lidský organismus mikroplasty prostřednictvím již kontaminovaných potravin, mezi které mohou patřit např. některé mořské ryby či mušle. Naopak za přímý vstup mikroplastů lze považovat přímou expozici těmto malým syntetickým polutantům prostřednictvím již zmíněné pitné vody, či přímé inhalace mikroplastových částic z ovzduší (Makhdoumi et al., 2021). Cox et al. (2019) ve své studii odhadují, že ročně dospělí včetně dětí mohou prostřednictvím konzumace a inhalace přijmout desetitisíce až statisíce mikroplastových částic, v závislosti na expozici, věku a pohlaví.

Zvýšený zájem vědecké komunity o mikroplasty přinesl v posledním roce značné objevy. Vědci z Amsterodamské univerzity Vrije v roce 2022 vůbec poprvé prokázali přítomnost malých plastových částic v lidské krvi. Z dvaceti dvou odebraných vzorků krve pocházející od zdravých, dospělých dárců z řad široké veřejnosti byly plastové částice potvrzeny v sedmnácti případech. Průměrně bylo v analyzovaných vzorcích krve detekováno 1,6 µg plastových částic na 1 ml krve. Z polymerního hlediska se jednalo o běžné plastové polymery, jako polyethylen, polypropylen, polystyren, polyethyltereftalát a polymethylmetakrylát (Leslie et al., 2022). Plastové částice byly zároveň ve stejný rok vůbec poprvé detekovány v plicních tkáních živých pacientů. Z celkového množství dvanácti detekovaných polymerů měly největší zastoupení polymery z polypropyleny a polyethyltereftalátu. Výsledky studie Jenner et al. (2022) prokázaly přítomnost plastových částic ve všech plicních oblastech. Na základě získaných dat bylo zároveň určeno průměrné množství plastových částic na 1 g plicní tkáně. V 1 gramu bylo v průměru detekováno 0,69 plastových částic, s tím, že vyšší hodnoty vykazovaly vzorky mužské plicní tkáně, zatímco u dvou ženských vzorků nebyly plastové částice detekovány vůbec.

Konkrétní účinky mikroplastů na lidský organismus jsou stále předmětem rozsáhlých studií. Inhalované mikroplasty mohou svou fyzickou přítomností v lidském organismu vyvolat podráždění dýchacích cest, dušnost či kašel (Kole et al., 2017). Mikroplasty mohou být rovněž jakožto cizorodé látky odpovědné za nejrůznější zánětlivé onemocnění a vyvolávat nežádoucí imunitní odpověď organismu. V důsledku postupné kumulace plastových částic

v lidském organismu a potenciálním uvolňováním chemických látek se také diskutuje nad akutními a chronickými toxicitami, karcinogenitou, mutagenezí či vývojovou toxicitou (Yuan et al., 2022).

### **2.1.8 Sociální a ekonomické dopady mikroplastů a jejich možná řešení**

Mikroplasty mohou být spojovány také se socioekonomickými problémy. Jejich přítomností v životním prostředí mohou v důsledku potenciálních rizik s nimi spojených např. omezit využívání vodních ploch určených k rekreaci. Ekonomické riziko naopak představuje možné upuštění masy lidí od konzumace ryb v důsledku zvyšujícího se povědomí o jejich kontaminaci, což může ekonomicky poškodit nejen rybáře a akvakulturu, ale rovněž samotné restaurační podniky (Oliveira et al., 2019).

V závislosti na exponenciálním růstu plastové výroby v posledních letech je zřejmé, že množství mikroplastů shromažďovaných v životním prostředí bude v nadcházejících letech nadále stoupat. Důležitým milníkem v boji s těmito malými syntetickými polutanty je kromě identifikování a redukování jejich zdrojů také zvyšování povědomí veřejnosti prostřednictvím veřejného i soukromého vzdělávání (Auta et al., 2017). S tím souvisí i rozšiřování znalostí v oblasti třídění, snižování plastového odpadu jako takového a správného nakládání s již vzniklými odpady (Schmid et al., 2021). V rámci úspěšného přechodu k udržitelnosti životního prostředí to jsou právě informace a znalosti, které jsou potřebné k pochopení komplexní provázanosti sociálních, přírodních a sociálně-přírodních systémů. Důležitým předpokladem k tomu, aby společnost mohla zaujmout odpovídající postoje a v tomto kontextu činit rozhodnutí související s řešením výzev vyplývajících z environmentálních i sociálních problémů, představuje schopnost využití environmentální gramotnosti (Janoušková et al., 2020). Vzdělávání v tomto odvětví může přitom tvořit jeden z nejdůležitějších předpokladů k řešení situace související s mikroplastovým znečištěním (např. Auta et al., 2017; Oliveira et al., 2019).

V důsledku masivního využívání plastů napříč celé řady různých odvětví a některých jejich vlastností, které plasty odlišují od ostatních materiálů, není v současné době zcela proveditelné jejich úplné nahrazení. Za účinný mechanismus v boji s plasty se proto nabízí alespoň eliminování jednorázových plastových předmětů či obalových materiálů

a nahrazování plastů v určitých odvětvích ekologicky šetrnějšími materiály, jako např. sklem, látkou, dřevem, pemzou či jinými přírodními (Oliveira et al., 2019).

Za vhodnou alternativu běžných plastů se v posledních letech považují bioplasty. U této kategorie je ovšem důležité brát v potaz, že se mezi bioplasty neřadí pouze biologicky odbouratelné plasty, ale také plasty, které se vyrábí z biologicky obnovitelných zdrojů a nemusí být výhradně biodegradabilní. Biologicky rozložitelné plasty mohou rovněž poskytovat účinné řešení jen za předpokladu, že budou vhodně likvidovány (Schmid et al., 2021). Při špatném nakládání s již doslouženými bioplasty hrozí riziko uvolňování mikroplastů i z biodegradabilních forem (Weinstein et al., 2020).

Mezi strategie snižující tvorbu plastového odpadu lze řadit užívání opakovaně využitelných obalů, které společně s recyklací a opětovným zpracováním plastových materiálů může redukovat tvorbu plastových fragmentů (Oliveira et al., 2019).

EU se v posledních letech snaží aktivně řešit problémy způsobené užíváním plastových předmětů a problémy vzniklé v kontextu nesprávného nakládání s plastovými odpady. V důsledku toho vydala již několik směrnic, mezi které patří např. směrnice o zákazu užívání jednorázových plastů (Oliveira et al., 2019). Jednotná právní norma, která by se komplexně zabývala problematikou mikroplastů v EU ovšem stále chybí (European Commission, 2021). Některé země proto z vlastní iniciativy omezily, nebo zcela zakázaly záměrné přidávání mikroplastů do spotřebitelských výrobků distribuovaných na jejich území. Předpisy napříč jednotlivými státy však nejsou jednotné a zákazy se mnohdy nevztahují na tranzitní zboží či nepokrývají všechny typy produktů (Golwala et al., 2021).

V této souvislosti začaly i mnohé kosmetické firmy svévolně upouštět od užívání mikroplastů a pro své výrobky začaly hledat vhodnější, ekologicky šetrnější alternativy (Schröder, 2021). Konkrétní exfoliační alternativou v kosmetických výrobcích může být např. sůl, cukr, pemza či ořechové skořápky a pecky (Auta et al., 2017).

Další možností, jak snížit množství mikroplastů uvolňovaných do životního prostředí je zvýšení účinnosti čistících procesů v rámci čištění odpadních vod (Kole et al., 2017). S tím souvisí i využívání pracích pytlů a externích filtrů aplikovaných ve výpustích praček či sušiček, které snižují množství uvolněných syntetických mikrovláken při pracích cyklech až o 78 % (Napper et al., 2020).

Účinný způsob odstraňování mikroplastů může představovat i kompletní biodegradace (Golwala et al., 2021). Při níž se využívá biodegradabilních mikrobů, kteří jsou schopni za vhodných podmínek biologicky rozložit i plasty vyráběné z fosilních zdrojů (Schmid et al., 2021).

### **3 Praktická část**

#### **3.1 Analýza RVP ZV, RVP G a vybraných ŠVP se zaměřením na souvislosti tématu „Mikroplasty“**

##### **3.1.1 Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV)**

Rámcové vzdělávací programy (dále jen „RVP“) vydávané Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (dále jen „MŠMT“) ve spolupráci s ostatními ministerstvy, představují hlavní kurikulární dokumenty státní úrovně určené pro vzdělávání v České republice a vytváří obecné rámce pro tvorbu Školních vzdělávacích programů (dále jen „ŠVP“) (MŠMT, 2021).

Aktuálně platnou formu RVP, určeného pro základní školy a odpovídající ročníky víceletých gymnázií, představuje Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání (dále jen „RVP ZV“), jehož aktualizované vydání zpracovalo MŠMT v roce 2021 (MŠMT, 2021).

Jednotlivé vzdělávací obory jsou v rámci RVP ZV uspořádány do devíti vzdělávacích oblastí. Prostředkem pro dosažení očekávaných výstupů v rámci vzdělávacího obsahu RVP je doporučené učivo. Dalším formativním prvkem RVP ZV, tvořící povinnou součást základního vzdělávání, jsou průřezová témata, která představují okruhy aktuálních témat pojících se s problémy současného světa (MŠMT, 2021).

##### **Analýza RVP ZV se zaměřením na souvislosti tématu „Mikroplasty“**

Téma Mikroplasty se v RVP ZV nevyskytuje v žádné vzdělávací oblasti základního vzdělávání (MŠMT, 2021).

V následující části tedy mapujeme současné možnosti integrace tématu Mikroplasty do témat RVP ZV. Pozornost zaměříme především na témata vzdělávací oblasti Člověk a příroda a na průřezové téma Environmentální výchova.

Současné možnosti integrace tématu Mikroplasty se nabízí např. prostřednictvím učiva plasty a syntetická vlákna. Toto učivo se v rámci RVP ZV nachází ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, oboru Chemie, v jeho tematickém celku Chemie a společnost. Mezi očekávané výstupy tohoto učiva patří výstup CH-9-7-01, v jehož rámci mají být žáci schopni zhodnotit využívání prvotních a druhotných surovin z hlediska trvale udržitelného rozvoje

na Zemi. Dále výstup CH-9-7-03, dle kterého se žáci mají orientovat v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka (MŠMT, 2021).

Další možnost integrace nabízí témata Směsi, Voda a vzduch, která jsou rovněž ukotvena ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, oboru Chemie a tematickém celku Směsi. Mezi jejich očekávané výstupy patří výstup CH-9-2-03, podle kterého mají být žáci schopni navrhnout postupy a prakticky provést oddělování složek směsí o známém složení a uvést příklady oddělování složek v praxi; a výstup CH-9-2-04, podle kterého by žáci měli být schopni rozlišit jednotlivé druhy vod, uvést příklady jejich výskytu a použití, uvést příklady znečišťování vody a vzduchu (MŠMT, 2021).

Kromě oboru Chemie lze téma Mikroplasty integrovat i do oboru Přírodopis. Zde se nabízí tematický celek Základy ekologie, téma Ochrana přírody a životního prostředí, v rámci něhož se diskutuje nad globálními problémy. Mezi očekávané výstupy tohoto učiva spadá výstup P-9-7-04, v rámci něhož mají být žáci schopni uvést příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí (MŠMT, 2021).

Možnost integrace nabízí i obor Zeměpis, tematický celek Životní prostředí a jeho téma Vztah přírody a společnosti. Očekávaným výstupem tohoto environmentálně laděného učiva je výstup Z-9-5-01, ve kterém mají být žáci schopni uvést na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí (MŠMT, 2021).

Vyjma integrace tématu Mikroplastů do jednotlivých tematických celků vzdělávací oblasti Člověk a příroda je možné toto téma integrovat rovněž do průřezového tématu Environmentální výchova. Samotná průřezová témata lze začlenit do vzdělávacích obsahů v rámci ŠVP, konkrétní stanovení časové dotace a způsob jejich realizace je v kompetenci jednotlivých škol (MŠMT, 2021).

Tabulka 1: Vybraná témata učiva v RVP ZV s možností integrace tématu „Mikroplasty“ a jejich očekávané výstupy

Učivo	RVP ZV výstupy se souvislostmi tématu „Mikroplasty“
Směsi	CH-9-2-03 navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení; uvede příklady oddělování složek v praxi
Voda, vzduch	CH-9-2-04 rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití, uvede příklady znečišťování vody a vzduchu
Plasty a syntetická vlákna	CH-9-7-01 zhodnotí využívání prvotních a druhotných surovin z hlediska trvale udržitelného rozvoje na Zemi CH-9-7-03 orientuje se v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka
Ochrana přírody a životního prostředí	P-9-7-04 uvede příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí
Vztah přírody a společnosti	Z-9-5-03 uvede na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí

### 3.1.2 Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G)

Pro čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií je platným kurikulárním dokumentem pro vzdělávání Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (dále jen „RVP G“), vydaný v roce 2007 (VÚP, 2007).

V rámci RVP G jsou vzdělávací obory uspořádány do osmi vzdělávacích oblastí. Další oblast tvořící povinnou součást gymnaziálního vzdělávání jsou průřezová témata (VÚP, 2007).

#### Analýza RVP G se zaměřením na souvislosti tématu „Mikroplasty“

Téma Mikroplasty se v RVP G nevyskytuje v žádné vzdělávací oblasti gymnaziálního vzdělávání (VÚP, 2007).

V následující části mapujeme současné možnosti integrace tématu Mikroplasty do témat RVP G. Pozornost zaměřujeme především na témata vzdělávací oblasti Člověk a příroda a na průřezové téma Environmentální výchova.

V RVP G lze téma Mikroplasty integrovat např. prostřednictvím tématu Syntetické makromolekulární látky. Toto učivo se v rámci RVP G nachází ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, oboru Chemie v tematickém celku Organická chemie. Mezi očekávané výstupy zmíněného učiva spadá výstup, v rámci něhož mají být žáci schopni charakterizovat základní

skupiny organických sloučenin a jejich významné zástupce, zhodnotit jejich surovinové zdroje, využití v praxi a jejich vliv na životní prostředí (VÚP, 2007).

Další možnost integrace tématu Mikroplasty do oboru Chemie představuje téma Soustavy látek a jejich složení. Toto učivo spadá do tematického celku Obecná chemie. Mezi jeho očekávané výstupy se řadí výstup, dle kterého mají být žáci schopni využívat odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů (VÚP, 2007).

Kromě oboru Chemie lze téma Mikroplasty integrovat i do oboru Biologie. Zde se nabízí tematický celek Ekologie, téma Podmínky života. Mezi očekávané výstupy tohoto učiva spadá výstup, v rámci něhož mají být žáci schopni objasnit základní ekologické vztahy (VÚP, 2007).

V rámci RVP G se nabízí integrace i do vzdělávacího oboru Geografie, tematického celku Životní prostředí. Tematicky celek Životní prostředí obsahuje téma Vývoj interakce příroda – společnost, v rámci něhož se diskutuje nad globálními problémy lidstva, limity přírodního prostředí, udržitelným rozvojem, hospodářskými a právními nástroji ochrany přírody a životního prostředí. Mezi očekávané výstupy tohoto environmentálně zaměřeného učiva se řadí výstup, ve kterém mají být žáci schopni zhodnotit některá rizika působení přírodních a společenských faktorů na životní prostředí v lokální, regionální a globální úrovni (VÚP, 2007).

Integrace tématu Mikroplasty do RVP G se nabízí rovněž prostřednictvím průřezového tématu Environmentální výchova a jeho tematického okruhu Člověk a životní prostředí. Environmentální výchova může být v rámci ŠVP integrována do samotného vzdělávacího obsahu, nebo jí mohou být věnovány semináře, kurzy, besedy, projekty či samostatné vyučovací předměty (VÚP, 2007).

Tabulka 2: Vybraná témata učiva v RVP G s možností integrace tématu „Mikroplasty“ a jejich očekávané výstupy

Učivo	RVP G výstupy se souvislostmi tématu „Mikroplasty“
Soustavy látek a jejich složení	využívá odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů
Syntetické a makromolekulární látky	charakterizuje základní skupiny organických sloučenin a jejich významné zástupce, zhodnotí jejich surovinové zdroje, využití v praxi a vliv na životní prostředí
Podmínky života	objasňuje základní ekologické vztahy
Vývoj interakce příroda – společnost	zhodnotí některá rizika působení přírodních a společenských faktorů na životní prostředí v lokální, regionální a globální úrovni

### 3.1.3 Školní vzdělávací programy (ŠVP)

Vzdělávání na jednotlivých školách se uskutečňuje podle ŠVP, které jsou vytvářeny na základě příslušných RVP, s nimiž musí být v souladu. Obsah vzdělávání může být ucelen do předmětů či jiných celků, např. modulů. Vydavatelem konkrétních ŠVP je ředitel školy nebo školské zařízení (MŠMT, 2021).

#### **Analýza vybraných ŠVP se zaměřením na souvislosti tématu „Mikroplasty“**

Analýzu ŠVP vztaženou na téma Mikroplasty jsme provedli na několika různě zaměřených školách, tj. s enviromentálním zaměřením a bez explicitního enviromentálního zaměření. Soustředili jsme se přitom zejména na očekávané výstupy, které lze propojit s tématem Mikroplasty (viz tabulka 1 a 2) a na průřezové téma Environmentální výchova.

K analýze ŠVP jsme zvolili ŠVP čtyř základních škol, dvou nižších gymnázií a tří vyšších gymnázií. Téma nazvané Mikroplasty nebylo zpracováno ani v jednom z námi analyzovaných školních vzdělávacích programů.

#### **Základní škola Havlíčkova, Jihlava**

Základní škola Havlíčkova nacházející se ve městě Jihlava, je základní školou bez explicitního zaměření a umožňuje vzdělávání žákům od 1. do 9. ročníku (ZŠ Havlíčkova, 2019). Škola se v současné době (červen 2022) nepodílí na žádném environmentálním projektu, ani přímo nespolupracuje s žádnými ekologickými organizacemi, přesto se snaží

v žácích probudit zodpovědnost a zájem o ochranu životního prostředí, např. podporou třídění odpadu či úklidem odpadků v okolí školy.

Mezi očekávané výstupy žáků, na základě analýzy jejich ŠVP „Pohodová tvořivá škola“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (ZŠ Havlíčkova, 2019, s. 273, 274, 278, 279, 287, 289, 296):

- Sestaví jednoduchou filtrační aparaturu a provede filtraci.
- Navrhne postup oddělování složek směsí v běžném životě.
- Zjistí a uvede příklady znečištění vody a vzduchu v přírodě i v domácnosti.
- Navrhne, jak lze v nejbližším okolí omezovat znečištění vody a vzduchu.
- Rozliší plasty od dalších látek, uvede příklady jejich názvů, vlastností a použití.
- Posoudí vliv používání plastů na životní prostředí.
- Rozliší přírodní a syntetická vlákna a uvede výhody a nevýhody jejich používání.
- Uvede příklady prvotních a druhotných surovin pro chemické výroby a zhodnotí je z hlediska udržitelného rozvoje.
- Zhodnotí ekonomický a ekologický význam recyklace odpadů.
- Zjistí, kde a jak v okolí dochází ke znečištění životního prostředí a uvede, jak tomu předcházet.
- Ví o nebezpečí znečištění vod a jeho důsledcích.
- Chápe nutnost ochrany ovzduší.
- Má vytvořen kladný vztah ke krajině a životnímu prostředí, odsuzuje negativní zásahy člověka do krajiny, chrání ovzduší, vodstvo i půdní fond v krajině.

Průřezové téma Environmentální výchova je v rámci ŠVP „Pohodová tvořivá škola“ vtaženo do velkého množství vzdělávacích oborů, prostřednictvím kterých se žáci seznamují s aktuálními ekologickými problémy (ZŠ Havlíčkova, 2019).

### **ScioŠkola Jihlava**

ScioŠkola Jihlava je soukromou základní školou, umožňující vzdělávání žákům od 1. do 9. ročníku. Škola je určena pro maximální počet sto žáků, což umožňuje větší možnosti individuální práce s žáky. V rámci individuálního přístupu se zároveň škola snaží žákům vytvářet individualizovaný studijní plán, nad kterým postupem času přebírají kontrolu samotní žáci a vědomě si tím utvářejí průběh jejich vzdělávání (ScioŠkola Jihlava, 2019).

Škola je bez explicitního environmentálního zaměření a v současné době (červen 2022) nespolupracuje s žádnými ekologickými organizacemi.

Mezi očekávané výstupy žáků, na základě analýzy jejich ŠVP „Změna je trvalý stav“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (ScioŠkola Jihlava, 2019, s. 151, 152, 156, 163, 164, 166):

- Umí prakticky navrhnout venku v terénu jednoduchý filtr pro vyčištění bahnitě vody
- Umí navrhnout jednoduchou filtraci v kuchyňském prostředí.
- Umí nakreslit schéma oběhu vody ve městě, v průmyslové továrně, v domácnosti.
- Umí navrhnout prevenci znečištění i návrhy na řešení již znečištěné vody.
- Ví, kde a jak se pro město získává pitná voda.
- Umí vysvětlit, co je to pojem “trvale udržitelný rozvoj” a umí ho dát do souvislosti s materiálovými toky v našem hospodářství.
- Umí popsat nejbližší možné technologie, které nahrazují plýtvání prvotními surovinami.
- Umí napsat úvahu o chemizaci prostředí a uvést různé zdroje (bodové i celoplošné) znečištění.
- Umí popsat i rámcový vliv na přírodu a člověka.
- Uvede příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí a příklady narušení rovnováhy ekosystému.
- Pojmenuje hlavní problémy ve vztahu chování člověka k životnímu prostředí a jejich dopady na svět.

Průřezové téma Environmentální výchova je v rámci ŠVP „Změna je trvalý stav“ z velké míry integrováno do jednotlivých oborů formou projektového vyučování, které žákům umožňuje ucelenější pohled na danou problematiku (ScioŠkola Jihlava, 2019).

### **Základní škola Pramínek, Brno**

Základní škola Pramínek, nacházející se v Brně, je soukromou základní školou, která umožňuje vzdělání žákům od 1. do 9. ročníku. Od roku 2019 je základní škola držitelem titulu Světová škola, v důsledku čehož škola mimo jiné podporuje u žáků budování kladného vztahu k přírodě a zájem o řešení globálních i místních problémů. Škola rovněž celoročně aktivně třídí odpad, spolupracuje s ekologickými organizacemi Rezekvítek a Lipka, zapojuje

se do různých ekologických akcí, jako např. recyklačního programu „Recyklohraní“, který má v žácích prohloubit znalosti v oblasti recyklace a třídění; „Den Země“ a dalších projektů v rámci Environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (dále jen „EVVO“) (ZŠ Pramínek, 2021).

Mezi očekávané výstupy žáků, na základě analýzy jejich ŠVP „Pramínek“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (ZŠ Pramínek, 2021):

- Samostatně sestaví filtrační aparaturu s využitím laboratorních pomůcek.
- Aplikuje poznatky o oddělování složek směsí na příkladech z běžného života.
- Prakticky provede oddělení složek směsí, které využívá v běžném osobním životě (dekantace, filtrace, krystalizace).
- Uvede příklady využití vody v domácnosti, v průmyslu a v zemědělství a zhodnotí vliv využití vody v této činnosti na životní prostředí.
- Používá správně pojmy: odpadní voda, pitná voda, užitková voda, destilovaná voda.
- Provede analýzu vody.
- Uvede příklady prvotních a druhotných surovin významných pro chemickou výrobu.
- Zhodnotí ekologický a ekonomický význam recyklace odpadů.
- Jmenuje zástupce významných plastů a jejich vlastnosti.
- Zhodnotí význam plastů z hlediska praktického využití člověkem a dopady jejich využívání na životní prostředí.
- Popíše vliv mycích a čistících prostředků na životní prostředí.
- Uvede zástupce látek, které nejčastěji znečišťují ovzduší, vodu a půdu.
- Popíše zásady chování při nadměrném znečištění ovzduší, vody a půdy.
- Zná příklady kladných i záporných příkladů vlivů člověka na přírodu, zná největší globální problémy lidstva, zdůvodní nutnost ochrany přírody pro trvale udržitelný život.
- Reprodukuje příklady důsledků nežádoucích změn přírodního prostředí na lidské činnosti.

Průřezové téma Environmentální výchova je v ŠVP „Pramínek“ integrováno do jednotlivých předmětů prostřednictvím výukových celků, projektů, tematických dnů a seminářů. V rámci

exkurzí žáci navštěvují střediska sloužící k recyklaci odpadů, či pozorují přímé dopady činnosti člověka na vodní zdroje (ZŠ Pramínek, 2021).

### **Základní škola Gajdošova, Ostrava**

Základní škola Gajdošova, nacházející se ve městě Ostrava, umožňující vzdělání žákům od 1. do 9. ročníku, je jednou ze škol, které jsou zapojeny do mezinárodního, environmentálního vzdělávacího programu Ekoškola, který má pod záštitou ekologické sdružení TEREZA. V rámci programu se žáci zapojují do projektů, jejichž cílem je snížení ekologických dopadů školy i samotných žáků na životní prostředí (ZŠ Gajdošova, 2019). Žáci se např. svým uvědomělým chováním podílejí na snižování odpadu produkovaném ve škole a aktivně třídí nezbytně vyprodukované odpady. Škola se zároveň snaží environmentální témata propojovat se školními akcemi a projekty. Žáci se tak každý rok zapojují např. do celoškolního projektu „Den Země“ a dalších projektů v rámci EVVO. Ve škole funguje rovněž školní ekotým, sestavený z žáků různých ročníků. Každá třída je vybavena čističkou vzduchu (ZŠ Gajdošova, 2019).

Mezi očekávané výstupy žáků, na základě analýzy jejich ŠVP „Od pramínku poznání k pramenu vědomostí“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (ZŠ Gajdošova, 2019, s. 192, 195, 203, 221, 222):

- Navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení. Uvede příklady oddělování složek v praxi.
- Rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití.
- Uvede příklady znečišťování vody a vzduchu v pracovním prostředí a domácnosti, navrhne nejvhodnější preventivní opatření a způsoby likvidace znečištění.
- Zhodnotí využívání prvotních a druhotných surovin z hlediska trvale udržitelného rozvoje na Zemi.
- Orientuje se v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka.
- Uvede příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí a příklady narušení rovnováhy ekosystému.
- Vymezí globální problémy, hledá jejich příčiny a řešení.

- Zhodnotí dodržování zásad ochrany přírody a životního prostředí na lokální i globální úrovni.
- Navrhne možná řešení problematiky životního prostředí.
- Uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí.

Průřezové téma environmentální výchova je integrováno do všech předmětů. Škola zároveň environmentální témata propojuje s velkým množstvím školních projektů a akcí (ZŠ Gajdošova, 2019).

### **Gymnázium Omská, Praha 10**

Gymnázium Omská je všeobecné gymnázium s možností osmiletého a čtyřletého vzdělávacího programu, sídlící na Praze 10 (Gymnázium Omská, 2013). Gymnázium je bez environmentálního zaměření a soustřeďuje se na rozšířenou výuku cizích jazyků. Velké množství projektů tak pokrývají především spolupráce mezinárodního a jazykově orientovaného charakteru. Gymnázium nespolupracuje s žádnými ekologickými organizacemi.

Mezi očekávané výstupy žáků nižšího gymnázia, na základě analýzy jejich ŠVP „Škola života a pro život“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (Gymnázium Omská, 2013, s. 173, 174, 181, 199, 222):

- Sestaví jednoduchou filtrační aparaturu a provede filtraci.
- Navrhne postup oddělování složek směsí v běžném životě.
- Rozliší vodu destilovanou, pitnou (včetně stolní), užitkovou, odpadní, uvede příklady jejich výskytu a využití.
- Uvede příklady znečišťování vody a vzduchu v přírodě i v domácnosti.
- Uvede příklady, jak lze v nejbližším okolí omezovat znečišťování vody a vzduchu.
- Uvede příklady prvotních a druhotných surovin pro chemické výroby.
- Na konkrétních příkladech doloží, jak dochází ke znečišťování životního prostředí a jak tomu předcházet.
- Rozpozná plasty od dalších látek, uvede příklady názvů, vlastností a použití.
- Posoudí vliv používání plastů na životní prostředí.

- Rozpozná názvy přírodních a syntetických vláken a uvede jejich výhody i nevýhody při jejich používání.
- Posoudí kladné a záporné vlivy člověka na prostředí a odhadne jejich dopad.
- Poukáže na aktuální rizika destrukce životního prostředí v Evropě a ve světě a uvede typické názory na jejich eliminaci.

Průřezové téma Environmentální výchova je u nižšího gymnázia v rámci ŠVP „Škola života a pro život“ integrováno do jednotlivých předmětů (Gymnázium Omská, 2013).

### **Gymnázium Havlíčkův Brod**

Gymnázium Havlíčkův Brod je všeobecné gymnázium s možností osmiletého a čtyřletého studijního programu (Gymnázium Havlíčkův Brod, 2019). Gymnázium je bez explicitního environmentálního zaměření a dlouhodobě nespolupracuje s žádnými ekologickými organizacemi.

Mezi očekávané výstupy žáků nižšího gymnázia, na základě analýzy jejich ŠVP „Dignitatis memores ad optima intenti“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (Gymnázium Havlíčkův Brod, 2019, s. 86, 106, 107, 110, 121):

- Rozliší chemicky čisté látky a směsi, připraví libovolně zvolenou směs, vysvětlí a zdůvodní způsob oddělení libovolné složky od ostatních látek.
- Provádí jednoduché způsoby dělení směsí prakticky (filtrace, destilace, papírová chromatografie).
- Zhodnotí kvalitu vod a její ovlivnění, význam pitné vody a ochranu zdrojů pitné vody.
- Vysvětlí zjednodušeně úpravy pitné vody a způsoby čištění odpadních vod.
- Zhodnotí faktory, které mají největší vliv na tvorbu smogu a možnosti jejich snížení nebo jejich odstranění.
- Vysvětlí přednosti a zápory používání plastů a obhájí nutnost třídění odpadů a jejich recyklaci.
- Uvede příklady kladných a záporných vlivů člověka na životní prostředí a uvědomí si ohrožení plynoucí z narušení přírodních procesů.
- Uvádí na vybraných příkladech závažné důsledky a rizika přírodních a společenských vlivů na životní prostředí.

Průřezové téma Environmentální výchova je u nižšího gymnázia v rámci ŠVP „Dignitatis memores ad optima intenti“ integrováno do jednotlivých předmětů. Téma je dále žákům představeno prostřednictvím ekologického kurzu, pořádaném v tercii, ekologicky laděných exkurzí, např. do čistírny odpadních vod, formou besed a projektů (Gymnázium Havlíčkův Brod, 2019).

Tabulka 3: Výsledky analýzy očekávaných výstupů vybraných ve ŠVP pro základní vzdělávání využitelných pro souvislosti s tématem Mikroplasty

Název vybrané školy	Typ školy, environmentální zaměření	Environmentálně zaměřené projekty a spolupráce školy	Počet výstupů na téma Směsi, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty	Počet výstupů na téma Voda a vzduch, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty	Počet výstupů na téma Plasty a syntetická vlákna, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty	Počet ekologicky laděných výstupů, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty
<b>Základní škola Havlíčkova, Jihlava</b>	Základní škola bez environmentálního zaměření	Bez	2	2	6	3
<b>ScioŠkola Jihlava</b>	Soukromá základní škola bez environmentálního zaměření	Bez	2	3	4	2
<b>Základní škola Pramínek, Brno</b>	Soukromá základní škola s environmentálním zaměřením (držitelem titulu Světová škola)	Ekologické organizace: Rezekvítek, Lipka Projekty: Recyklohraní, Den Země, EVVO	3	3	7	2
<b>Základní škola Gajdošova, Ostrava</b>	Základní škola s environmentálním zaměřením (držitelem titulu Ekoškola)	Ekologická organizace: TEREZA Projekty: Den Země, EVVO	1	2	2	5
<b>Gymnázium Omská, Praha 10</b>	Víceleté gymnázium bez environmentálního zaměření	Bez	2	3	5	2
<b>Gymnázium Havlíčkův Brod</b>	Víceleté gymnázium bez environmentálního zaměření	Bez	2	3	1	2

Do analyzovaného souboru ŠVP základních škol a nižších gymnázií jsme zařadili školu s explicitním environmentálním zaměřením, a to základní školu Gajdošova v Ostravě, která je zároveň držitelem titulu Ekoškola. Základní škola Gajdošova spolupracuje dlouhodobě s ekologickou organizací TEREZA a podílí se na mnoha ekologických projektech. Další námi zvolenou školou s ekologickým zaměřením je základní škola Pramínek v Brně, která je držitelem titulu Světová škola a spolupracuje s ekologickými organizacemi a podílí se na mnoha ekologických projektech. Základní škola Pramínek zároveň nabízí nejvyšší počet očekávaných výstupů v rámci jejich ŠVP, se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty. Ostatní námi vybrané základní školy a nižší gymnázia jsou bez explicitního environmentálního zaměření v současné době (červen 2022) nespolupracují s žádnými ekologickými nestátními organizacemi ani se nepodílí na celostátních ekologických projektech.

Všechny námi zvolené školy, tj. s environmentálním zaměřením i bez explicitního environmentálního zaměření, zároveň nabízí možnost integrace tématu Mikroplasty do průřezového tématu Environmentální výchova.

### **Gymnázium Jihlava**

Gymnázium Jihlava spadá mezi všeobecná gymnázia s možností osmiletého, šestiletého a čtyřletého studijního programu (Gymnázium Jihlava, 2020). Gymnázium dlouhodobě spolupracuje se Střediskem ekologické výchovy Chaloupky, podporuje žáky v myšlence třídění odpadu a ohleduplnému chování k životnímu prostředí.

Mezi očekávané výstupy žáků vyššího gymnázia, na základě analýzy ŠVP jihlavského gymnázia se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (Gymnázium Jihlava, 2020, s. 263, 269, 270, 272, 273, 274, 282, 281):

- Popisuje soustavu látek a rozliší směs homogenní a heterogenní, vysvětlí principy dělení směsí.
- Popíše a vysvětlí negativní působení uhlovodíků na Životní prostředí.
- Vysvětlí princip výroby, vlastnosti a využití významných zástupců, význam pro člověka a vliv na životní prostředí.
- Uvede vlastnosti významných makromolekulárních látek a jejich použití v praxi.
- Objasní význam třídění odpadů.

- Usiluje o pozitivní změny ve svém životě, související s vlastním zdravím a zdravím druhých.
- Uvede složení vzduchu, příčiny znečištění, vliv jednotlivých složek na životní prostředí.
- Posuzuje kvalitu životního prostředí v ČR.
- Vnímá vliv průmyslu, zemědělství a dopravy na životní prostředí, zaujímá kladný postoj k jeho ochraně.

Průřezové téma Environmentální výchovy je v rámci ŠVP Gymnázia Jihlava integrováno do jednotlivých předmětů. V druhém ročníku čtyřletého studia a sextě tvoří povinný předmět Laboratorní práce z chemie, ve kterém se žáci zdokonalují v praktických dovednostech. Pro druhé a třetí ročníky čtyřletého studia a odpovídající ročníky víceletých studijních programů se poté nabízí volitelný předmět Základy toxikologie, užitá chemie a ekologie, ve kterém si žáci prohlubují získané znalosti a utváří si postoje a hodnoty ve vztahu k životnímu prostředí. Žáci se také každoročně účastní přednášek projektu „Zero waste“ (Gymnázium Jihlava, 2020).

### **Gymnázium Nad Štolou, Praha 7**

Gymnázium Nad Štolou je všeobecné gymnázium se sídlem na Praze 7 s možností osmiletého, šestiletého, čtyřletého vzdělávacího programu (Gymnázium Nad Štolou, 2021). Přestože je gymnázium bez explicitního environmentálního zaměření a soustřeďuje se především na výuku cizích jazyků, zapojuje se i do řady environmentálních projektů, mezi které patří např. projekt „Ekoštola“, který má u žáků probudit zájem o ochranu životního prostředí. Gymnázium zároveň spolupracuje s ekologickými centry, jako např. TEREZA nebo Toulcův dvůr (Gymnázium Nad Štolou, 2021).

Mezi očekávané výstupy žáků vyššího gymnázia, na základě analýzy jejich ŠVP „Klíč ke vzdělání“ se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (Gymnázium Nad Štolou, 2021):

- Používá správně odbornou terminologii při popisu látek.
- Při provádění experimentů aplikuje znalosti o rozdělení směsí na homogenní a heterogenní – vybere vhodné metody k oddělení složek ze směsi na základě jejich rozdílných vlastností.

- Charakterizuje základní skupiny látek běžně používaných v každodenním životě, jejich výrobu, využití v praxi a vliv na zdraví člověka a životní prostředí.
- Umí porovnat výhody a nevýhody syntetických makromolekulárních látek, vyhodnotí jejich vliv na životní prostředí.
- Uvede příklady kladných i záporných vlivů člověka na životní prostředí.
- Zhodnotí znečištění hydrosféry na globální i lokální úrovni.
- Jmenuje mechanismy znečištění světového oceánu.
- Charakterizuje působení člověka na kvalitu a složení atmosféry.

Průřezové téma Environmentální výchova je v rámci ŠVP „Klíč ke vzdělání“ integrováno do jednotlivých předmětů. Environmentální témata gymnázium žákům přibližuje i prostřednictvím ekologických projektů nebo exkurzí, např. do vodárny nebo čističky odpadních vod. V prvním a druhém ročníku čtyřletého studia a odpovídajících ročnících víceletého studijního programu žáci prohlubují své praktické dovednosti v laboratořích v rámci povinného předmětu Praktická cvičení z přírodovědných předmětů (Gymnázium Nad Štolou, 2021).

### **EKO gymnázium, Brno**

EKO gymnázium je všeobecné gymnázium se zaměřením na ekologickou výchovu, s možností osmiletého, šestiletého a čtyřletého studijního programu, které se nachází ve městě Brno. Škola se dlouhodobě podílí na mezinárodních projektech s ekologickou tematikou. Mezi uskutečněné projekty lze zmínit např. „NENÍ POZDĚ – komplexní environmentální vzdělávání na SŠ“, jehož cílem bylo propojení ekologie s přírodovědnými i humanitními obory, nebo projekt „Pěšky v Brně“, „Eko točna“ a mnoho dalších. Gymnázium rovněž spolupracuje s řadou ekologických organizací, jako např. Lipka, Rezekvítek nebo Středisko ekologické výchovy Rychta Krásensko (EKO gymnázium, 2018).

Mezi očekávané výstupy žáků vyššího gymnázia, na základě analýzy ŠVP EKO gymnázia se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty, lze považovat výstupy, dle kterých žák (EKO gymnázium, 2018, s. 88, 89, 92, 112, 114, 137):

- Využívá odbornou terminologii při popisu látek a jejich složení.

- Posoudí praktické využívání makromolekulárních látek člověkem a jejich vliv na životní prostředí.
- Usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých
- Uvědomuje si vliv znečištěného prostředí na lidské zdraví.
- Vyhodnotí bezpečnost ukládání odpadů a efektivitu využívání druhotných surovin.
- Přistupuje aktivně k ochraně životního prostředí především na regionální úrovni.
- Umí vyhodnotit objektivnost a závažnost informací týkajících se ekologických problémů.
- Zhodnotí možná rizika působení přírodních a společenských faktorů na život v místním i celosvětovém měřítku.
- Uvádí konkrétní příklady ovlivňování hydrosféry lidskou společností.
- Objasní ochranu světového oceánu.

Pro žáky je ve druhém ročníku čtyřletého studia a odpovídajících ročnících víceletého gymnázia připraven samostatný předmět Základy ekologie, který zahrnuje všechny tematické okruhy průřezového tématu Environmentální výchovy. Témata Environmentální výchovy jsou zároveň integrována do jednotlivých předmětů. Pro žáky gymnázia jsou připraveny i ekologické exkurze a pobyty v přírodě (EKO gymnázium, 2018).

Tabulka 4: Výsledky analýzy očekávaných výstupů vybraných ve ŠVP pro gymnázia využitelných pro souvislosti s tématem Mikroplasty

Název vybrané školy	Typ školy, environmentální zaměření	Environmentálně zaměřené projekty a spolupráce školy	Počet výstupů na téma Soustavy látek a jejich složení, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty	Počet výstupů na téma Syntetické a makromolekulární látky, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty	Počet ekologicky laděných výstupů, které lze propojit s problematikou tématu Mikroplasty
<b>Gymnázium Jihlava</b>	Víceleté gymnázium bez environmentálního zaměření	Ekologická organizace: Chaloupky Projekt: Zero waste	1	4	4
<b>Gymnázium Nad Štolou, Praha 7</b>	Víceleté gymnázium bez environmentálního zaměření	Ekologické organizace: TEREZA, Toulcův dvůr Projekt: Ekoštolá	2	2	4
<b>EKO gymnázium, Brno</b>	Víceleté gymnázium s environmentálním zaměřením	Ekologické organizace: Lipka, Rezekvítek, Středisko ekologické výchovy Rychta Krásenského Projekty: NENÍ POZDĚ – komplexní environmentální vzdělávání na SŠ, Pěšky v Brně, Eko točna a mnoho dalších	1	2	7

Do analyzovaného souboru ŠVP vyšších gymnázií jsme zařadili gymnázium s explicitním environmentálním zaměřením, a to EKO gymnázium v Brně, které spolupracuje s velkým množstvím ekologických organizací a podílí se na mnoha ekologických projektech. Další dvě námi vybraná gymnázia, u kterých jsme analyzovali jejich ŠVP, jsou bez explicitního environmentálního zaměření, ovšem obě spolupracují s různými ekologickými organizacemi a podílí se na ekologických projektech.

Celkový počet očekávaných výstupů v rámci námi analyzovaných ŠVP vyšších gymnázií, se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty byl u těchto gymnázií téměř totožný. Nejvyšší počet výstupů přesto nabízelo environmentálně zaměřené gymnázium v Brně.

Všechny námi zvolené školy, tj. s environmentálním zaměřením i bez explicitního environmentálního zaměření, zároveň nabízí možnost integrace tématu Mikroplasty do průřezového tématu Environmentální výchova.

## 3.2 Návrh výukových aktivit na téma Mikroplasty

V praktické části bakalářské práce navrhujeme tři konkrétní výukové aktivity, které si kladou za cíl seznámit žáky s tématem Mikroplasty v rámci výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu. Jednotlivá témata výukových aktivit jsme volili na základě souvislostí s tématy obsaženými v RVP ZV a RVP G a s očekávanými výstupy, využitelnými pro souvislosti tématu Mikroplasty, které jsme analyzovali v předcházející kapitole (3.1.). Všechny námi navržené výukové aktivity, včetně jejich řešení, jsou uvedeny v přílohách bakalářské práce (viz Přílohy 1-3).

Před vlastní tvorbou konkrétních výukových aktivit bylo důležité promyslet jednotlivé úlohy tak, aby se vzájemně doplňovaly a byly uzpůsobeny vstupním znalostem, tedy vědomostem a dovednostem žáků, pro které byly navrženy.

### Výuková aktivita č. 1

První navrhovaná výuková aktivita, prostřednictvím které se žáci mohou seznámit s tématem Mikroplasty, se týká jejich zdrojů a je navržena pro žáky základních škol a nižších gymnázií. Výukovou aktivitu je vhodné propojit s tématem Plasty a syntetická vlákna či s průřezovým tématem Environmentální výchova. Výuková aktivita obsahuje celkem tři samostatné úlohy.

V první úloze této výukové aktivity si mají žáci přečíst pět krátkých textů, týkajících se jednotlivých zdrojů mikroplastů a k jednotlivým textům (1-5) přiřadit vždy jedno písmenko (A-F) označující konkrétní zdroje mikroplastů, o nichž se v textu hovoří. Jednotlivé zdroje mikroplastů mají žáci k dispozici v tabulce pod texty. Zdroj mikroplastů z nabídky (A-F), který žáci nepřijadí k žádnému z nabídnutých textů (1-5), mají přiřadit do rámečku 6 a do prázdného okna vedle tohoto rámečku mají navrhnout vlastní krátký příběh, po vzoru ostatních textů, ve kterém mají hovořit o tomto zdroji mikroplastů. Následně mají žáci ve dvojicích diskutovat nad tím, jak je možné uvedené zdroje mikroplastů snížit nebo zcela odstranit.

Při tvorbě této úlohy jsme se zaměřili na konkrétní zdroje mikroplastů, které chceme žákům přiblížit prostřednictvím pěti samostatných textů. Obsahovou stránku jednotlivých textů jsme zvolili po vzoru příspěvku v německém časopisu *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie* (Beeken et al., 2020), který nám byl zároveň inspirací pro tvorbu celé úlohy. Informace obsažené v jednotlivých textech jsme dále čerpali ze tří odborných studií Duis

a Coors (2016), Kole et al. (2017) a Mato et al. (2001), týkajících se tématu Mikroplasty. Na rozdíl od úlohy, prezentované v německém časopisu *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie*, jsme naši úlohu doplnili o tabulku s výčtem jednotlivých zdrojů (A-F), které mají žáci za úkol přiřadit k příslušným textům (1-5). V rámci úlohy mají žáci zároveň za úkol navrhnout vlastní příběh vztahující se k nepřirazenému zdroji mikroplastů z nabídky (A-F). Cílem první úlohy je tedy představit žákům, na konkrétních příkladech z běžného života jednotlivé zdroje mikroplastů, a tím zvýšit jejich povědomí o tomto problému, včetně uvědomění si, z čeho se mikroplasty mohou do životního prostředí uvolňovat. Úloha zároveň podněcuje u žáků diskusi o možném snížení množství těchto zdrojů mikroplastů a na základě získaných poznatků umožňuje žákům nacházet možná řešení a rozvíjet u nich zodpovědnost vzhledem k životnímu prostředí.

### Úloha 1

Přečtěte si krátké texty. K jednotlivým textům (1-5) přiřaďte do rámečku k číselnému označení textu vždy jedno písmenko z nabídky (A-F) označující konkrétní zdroje mikroplastů, o nichž se v textu hovoří. Zdroj mikroplastů z nabídky (A-F), který nepřifaďte k žádnému z nabídnutých textů (1-5), přiřaďte do rámečku 6 a do prázdného okna vedle rámečku navrhnete vlastní krátký příběh, po vzoru ostatních textů, ve kterém hovoříte o tomto zdroji mikroplastů. Ve dvojicích diskutujte nad tím, jak je možné tyto zdroje mikroplastů snížit nebo zcela odstranit.

1	Nákladní loď <i>Plastics Pearl</i> převáží každý měsíc velký náklad milimetrových, průmyslově vyráběných, syntetických granulí, užívaných v plastikářském průmyslu, jejichž následným přetavením a deformací vznikají konečné plastové produkty. Bohužel minulý měsíc loď havarovala a z proraženého trupu se do moře uvolnil celý její náklad.
2	Náš soused jezdí do několik kilometrů vzdálené práce každý den autem. Auto využívá i na krátké vzdálenosti. Pneumatiky mění každé 4 roky, protože jsou sjeté. Ročně se celosvětově v přepočtu na jednu osobu z tohoto zdroje uvolní až 0,81 kg mikroplastů.
3	Rybáři se roztrhla rybářská síť, její oprava by byla příliš drahá. Rybář se tedy rozhodne síť hodit do moře. Přece je velké, jedna síť se v něm ztratí.
4	Prázdniny u babičky tráví až 6 vnoučat. Všechna ráda sportují a užívají si léta. Babička tak musí téměř každý den prát oblečení. Kromě bavlněných triček pere především fleecové bundy a sportovní sety vyrobené z polyesteru.
5	Ema nerada tráví hodně času nakupováním v drogerii. Poslední dobou si ovšem dává větší pozor na to, co kupuje. Kromě zubních past, peelingů a sprchových gelů nedávno zjistila, že mohou být mikroplasty obsaženy i v deodorantech, make-upech, fasetkách či opalovacích krémech.
6	

A	B	C	D	E	F
Syntetické oděvy	Kosmetika	Plastový odpad z rybaření	Běhouny pneumatik	Plastové odpady	Plastové pelety

Obrázek 12: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 1

V druhé úloze této výukové aktivity mají žáci za úkol doplnit do textu vhodná chybějící slova ve správném tvaru tak, aby text po doplnění slov dával smysl. Nabídku slov mají žáci k dispozici pod zadáním úlohy.

Při tvorbě této úlohy jsme se zaměřili na širší představení tématu Mikroplasty. V uvedeném textu, který byl sestaven na základě odborné studie Auta et al. (2017), proto kromě zdrojů mikroplastů, kterým se věnujeme v rámci celé první výukové aktivity, uvádíme i velikostní klasifikaci, původ a jejich výskyt. Při volbě jednotlivých slov, která budou žáci během řešení

úlohy doplňovat do textu, jsme zvolili taková slova, u kterých se domníváme, že je žáci budou schopni správně přiřadit do patřičných vět i přes skutečnost, že se prostřednictvím tohoto textu s problematikou tématu Mikroplasty teprve seznamují. Inspirací pro tvorbu této úlohy nám byl opět článek v německém časopisu *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie* (Beeken et al., 2020).

Cílem úlohy je představit žákům prostřednictvím textu nové téma Mikroplasty a zvýšit tím jejich povědomí o tomto problému. Úloha je zaměřena především na rozvoj čtenářské gramotnosti a porozumění textu. Zmíněnou úlohu je rovněž možné použít jako výchozí text pro řešení dalších úloh, týkajících se tématu Mikroplasty, jako např. tvorbu myšlenkové mapy.

### Úloha 2

Do textu doplňte vhodná chybějící slova ve správném tvaru.

**Nabídka slov: oděvy, atmosféra, částice, PET, výrobky, procesy, nezáměrný, sekundární, všudypřítomný, záměrný**

Mikroplasty jsou drobné, syntetické \_\_\_\_\_, menší než 5 mm, které se na základě jejich původu rozdělují na primární a \_\_\_\_\_. Primární mikroplasty jsou záměrně vyráběné a do životního prostředí se mohou uvolňovat např. po užití některých kosmetických či čistících prostředků, které je obsahují. Naopak sekundární mikroplasty vznikají \_\_\_\_\_, postupnou fragmentací větších, syntetických předmětů, jako např. \_\_\_\_\_lahví, hraček, pneumatik či syntetických kusů \_\_\_\_\_, které uvolňují mikroplasty v důsledku jejich opotřebení a vystavení celé řadě degradačních \_\_\_\_\_. Znečištění mikroplasty je \_\_\_\_\_. Vyskytují se ve vodě, v půdě i v \_\_\_\_\_.

*Obrázek 13: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 2*

Poslední úlohu této výukové aktivity jsme se rozhodli věnovat otázce k zamyšlení, v rámci které se mají žáci zamyslet nad tím, kolik plastových předmětů denně použijí, uvést jejich konkrétní příklady a uvažovat nad tím, zda by se bez nich dokázali obejít nebo je nahradit předměty z jiných materiálů.

Při tvorbě této úlohy jsme vycházeli z předpokladu, že žáci dokáží vyjmenovat příklady praktického využití plastových materiálů na konkrétních příkladech a zároveň rozliší plasty od dalších látek. Inspirací pro zařazení tohoto typu úlohy nám byl opět článek v německém časopisu *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie* (Beeken et al., 2020), ve kterém podobné otázky sloužily k nalezení vzájemných souvislostí.

Tuto úlohu jsme začlenili na závěr výukové aktivity s cílem probudit u žáků samostatné uvažování, které by směřovalo k uvědomění si, že ze všech běžně používaných plastových předmětů během určité doby mohou vznikat mikroplasty. Prostřednictvím této úlohy u žáků zároveň cílíme k rozvoji a třídění poznatků získaných v předcházejících úlohách této výukové aktivity, což směřuje ke komplexnějšímu vnímání problematiky tématu Mikroplasty.

### Úloha 3

**Otázka na zamyšlení:** Kolik plastových předmětů denně použijete (uveďte konkrétní příklady), dokázali byste se bez nich obejít nebo je nahradit předměty z jiného materiálu?

---

---

---

---

*Obrázek 14: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 3*

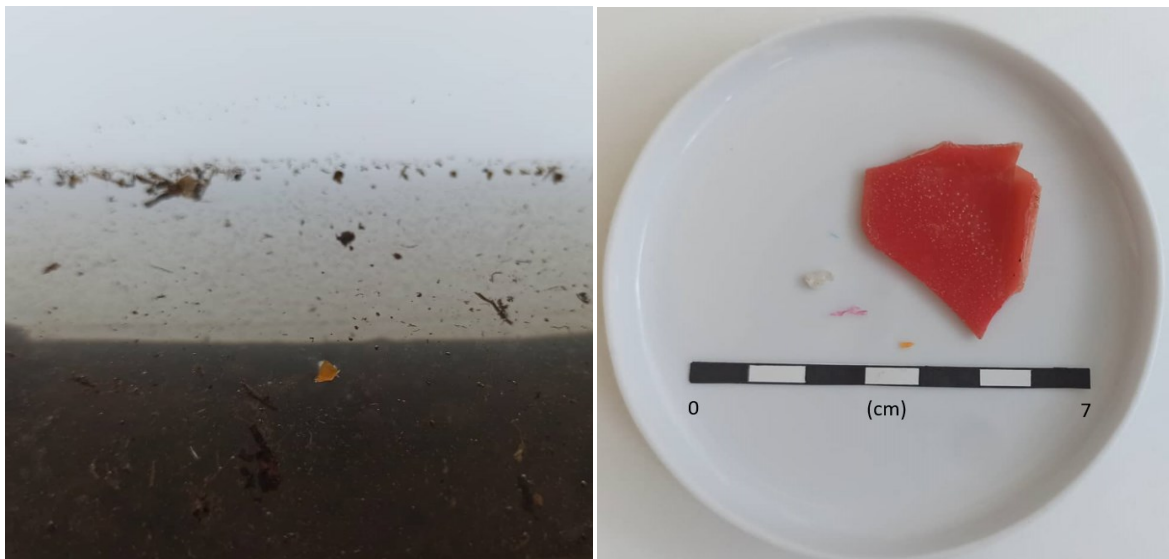
## Výuková aktivita č. 2

Druhá navržená výuková aktivita, jejíž tématem jsou Mikroplasty v suchozemském prostředí, je navržena rovněž pro žáky základních škol a nižších gymnázií. Výukovou aktivitu je vhodné propojit s tématem Směsi v rámci laboratorního cvičení. Výuková aktivita zároveň využívá a aplikuje poznatky z jiných tematických celků. Kromě hodin chemie lze toto praktické cvičení realizovat i v hodinách fyziky. Výuková aktivita obsahuje celkem dvě samostatné úlohy.

V první úloze této výukové aktivity mají žáci za úkol přečíst si text týkající se tématu Mikroplasty a podle instrukcí provést oddělení mikroplastů ze vzorků půdy, zaznamenat průběh, výsledky svých pozorování a určit průměrný počet mikroplastů na 1 litr půdy.

Inspirací pro tvorbu této úlohy nám byl pracovní list z International Centre for STEM Education (2022), z něhož jsme vycházeli i při tvorbě doprovodného textu, který jsme do této úlohy připojili se záměrem uvést žáky do problematiky tématu Mikroplasty. Laboratorní cvičení jsme před zařazením do výukové aktivity sami prakticky provedli a ověřili tak možnosti jeho provedení. V tomto kontextu jsme úlohu doplnili o výčet pomůcek

a chemikálií, potřebných k provedení tohoto laboratorního cvičení a o dvě otázky týkající se místa odběru vzorku půdy a podmínek, za kterých lze toto laboratorní cvičení provést.



*Obrázek 15: Oranžový mikroplast viditelný na vodní hladině po smíchání odebraného vzorku půdy a roztoku slané vody*

*Obrázek 16: Všechny mikroplasty a červený makroplast získané ze vzorku půdy*

Cílem první úlohy je ověřit schopnosti žáků provést praktické oddělení složek směsi o známém složení na konkrétním příkladě, a tím aplikovat poznatky získané v této oblasti. Žáci mají zároveň za úkol uvažovat o principu této separační metody a vysvětlit na čem je tato metoda založena. Prostřednictvím laboratorního cvičení u žáků také cílíme k rozvoji a prohlubování jejich praktických dovedností. Výsledek laboratorního cvičení má u žáků zároveň za cíl zahájit diskusi, týkající se množství detekovaných mikroplastů ve vzorcích půdy.

### Úloha 1

Přečtěte si text týkající se mikroplastů. Podle instrukcí proveďte laboratorní cvičení, zaznamenejte výsledky a odpovězte na otázky.

Plastové předměty vyrobené z polymerů (např. PE, PP, PET) se v posledních letech staly neodmyslitelnou součástí našich životů. Bohužel velké množství z nich končí po jejich užití, v důsledku špatné manipulace a nezodpovědného odhazování odpadků, v suchozemském prostředí. V něm dokáží plastové předměty, jako např. obaly od potravin a PET lahve, přetrvat za postupného rozpadu i několik desítek let. Během této doby se velké plasty rozpadají na drobné mikroplasty (částice < 5 mm), které se mísí s půdou a do prostředí uvolňují chemikálie a kovy, které mohou představovat nebezpečí pro mnoho organismů.



#### Pomůcky a chemikálie:

Miska na vzorek půdy, lopatka, velká miska nebo kbelík (min. objem 7 litrů), lžice nebo sítko, Petriho miska, buničina na osušení plastových částic, mikroskop, vzorek půdy, voda a chlorid sodný.

#### Pracovní postup:

Venku odeberte přibližně 1 litr půdy. Připravte 5 litrů nasyceného roztoku slané vody, vsypte do něj odebraný vzorek půdy a pečlivě vše promíchejte. Poté počkejte několik hodin. Vzniklou směs na povrchu hladiny odeberte pomocí lžice nebo sítka, izolujte plastové částice a pozorujte pod mikroskopem. Určete počet mikroplastů. Postup opakujte vícekrát, výsledky zaznamenejte a určete průměrný počet mikroplastů na 1 litr půdy.

#### Místo odběru vzorku půdy:

#### Na jakém principu lze oddělit mikroplasty od půdy:

#### Pozorování:

#### Průměrný počet mikroplastů na 1 litr půdy:

Obrázek 17: Výuková aktivita č. 2 - Úloha 1

Druhou úlohu této výukové aktivity jsme se rozhodli věnovat otázce k zamyšlení, v rámci které mají žáci uvažovat nad třemi konkrétními vzorky půd, pocházejících z různých oblastí. Jednotlivé vzorky půd mají žáci v rámci této úlohy seřadit sestupně podle očekávaného množství detekovaných mikroplastů, svá rozhodnutí mají odůvodnit a následně mají diskutovat nad možnostmi snížení počtu plastového odpadu v životním prostředí.

Při návrhu této úlohy jsme navazovali na souvislosti uvedené v předcházející úloze, v rámci níž měli žáci provést praktické oddělení mikroplastů ze vzorků půd. Inspirací pro zařazení tohoto typu úlohy nám byl pracovní list z International Centre for STEM Education (2022), ve kterém podobné otázky sloužily k hlubšímu zamyšlení se nad danou problematikou.

Cílem úlohy je ověření schopnosti žáků aplikovat znalosti získané v předcházející úloze této výukové aktivity. Žáci na základě tří uvedených příkladů vzorků půd odvozují možné množství mikroplastů v těchto vzorcích v závislosti na míře působení lidské činnosti, a tím rozvíjí samostatné uvažování, třídí poznatky, nacházejí spojitosti, vytváří hypotézy a vyvozují závěry týkající se vlivu člověka na životní prostředí. Úloha zároveň cílí na rozvoj komunikace mezi žáky a rozvíjení zodpovědnosti v environmentálních souvislostech.

#### Úloha 2

**Otázka na zamyšlení:** Uvažujte nad třemi vzorky půd, první vzorek pochází z hustě osídlené městské části, druhý z hojně turisticky navštěvovaného přírodního místa a třetí z louky. Seřadte jednotlivé vzorky půd sestupně podle očekávaného množství detekovaných mikroplastů, svá rozhodnutí odůvodněte a ve dvojici diskutujte nad možnostmi snížení počtu plastového odpadu v životním prostředí.

---

---

---

---

Obrázek 18: Výuková aktivita č. 2 - Úloha 2

### Výuková aktivita č. 3

Třetí výuková aktivita jejíž tématem je chemická podstata mikroplastů, je navržena pro žáky vyšších gymnázií. Výukovou aktivitu je vhodné propojit s tematickým celkem Syntetické a makromolekulární látky jako úlohu s environmentálním přesahem. Výuková aktivita obsahuje celkem dvě samostatné úlohy.

V první úloze této výukové aktivity mají žáci za úkol přečíst si text týkající se tématu Mikroplasty a na základě informací obsažených v tomto textu, rozhodnout o pravdivosti čtyř uvedených tvrzení, která se nacházejí pod textem. Své odpovědi mají následně stručně zdůvodnit.

Při vytváření této úlohy jsme se zaměřili především na širší představení tématu Mikroplasty. Úlohu jsme proto doplnili o text, sestavený na základě čtyř odborných studií Bergmann et al. (2015), Hintersteiner et al. (2015), Schmid et al. (2021) a Verschoor (2015), týkajících se mikroplastů, ve kterém jsme se zaměřili na základní charakteristiku mikroplastů včetně jejich velikosti, chemické podstaty, původu, tvaru a jejich dopadu na životní prostředí. Na základě sestaveného textu jsme poté vytvořili čtyři samostatná tvrzení, o jejichž pravdivosti mohou žáci rozhodnout na základě vlastních znalostí či znalostí získaných po přečtení textu.

Inspirací pro zařazení tohoto typu úlohy nám byla knižní publikace s názvem Přírodovědné úlohy pro druhý stupeň základního vzdělávání, které byly vytvořeny jako námět pro rozvoj klíčových kompetencí žáků na základě zjištění výzkumu TIMSS 2007 (Mandíková & Houfková, 2011).

Cílem první úlohy je, prostřednictvím nového tématu Mikroplasty, ověřit schopnosti žáků porozumět a nalézt v psaném textu důležité informace, a tím u žáků podpořit rozvoj čtenářské gramotnosti. Úloha zároveň cílí na osvojení nových znalostí týkajících se problematiky tématu Mikroplasty a pochopení základních souvislostí tohoto tématu. Zmíněnou úlohu je rovněž možné použít jako výchozí text pro plnění dalších úloh týkajících se tématu Mikroplasty.

### Úloha 1

Přečte si text týkající se mikroplastů. Na základě informací rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení (ANO – tvrzení je pravdivé, NE – tvrzení není pravdivé) a své odpovědi stručně zdůvodněte.

Mikroplasty jsou pevné, syntetické částice, menší než 5 mm, které se mohou lišit svou velikostí, tvarem, barvou, hustotou a dalšími charakteristikami. Z chemického hlediska jsou tvořeny různými typy polymerů, a to jak syntetickými elastomery, tak plasty. Dále tyto malé syntetické částice obsahují řadu aditiv, která se do těchto materiálů přidávají za účelem získání požadovaných vlastností. Podíl aditiv se pohybuje od 1-50 %. Zdrojem mikroplastů mohou být i předměty vyrobené z bioplastů, jelikož se do této skupiny neřadí pouze biologicky odbouratelné plasty, ale také plasty, které se vyrábí z biologicky obnovitelných zdrojů a nemusí být výhradně biodegradabilní. Nicméně při špatné likvidaci biodegradabilních plastů mohou být mikroplasty uvolňovány i z této formy.

U sekundárních mikroplastů, které na rozdíl od těch primárních, vznikají nezáměrně, postupnou fragmentací větších syntetických předmětů, se typ i barva polymeru odvíjí od chemického složení výchozího plastového předmětu. V případě primárních mikroplastů, obsažených např. v kosmetických výrobcích, se tvarově jedná o kulovité mikročástice, bez ostrých hran.

V životním prostředí představují mikroplasty hrozbu nejen svou fyzickou přítomností, ale především v důsledku uvolňování látek tvořící jejich chemickou podstatu. Mikroplasty zároveň slouží jako adsorbent dalších toxických látek, které se do životního prostředí mohou dostat rovněž ve formě odpadu. Konkrétní dopady mikroplastů na živé organismy jsou stále předmětem rozsáhlých studií.

1. Mikroplasty se mohou uvolňovat i z běhounů pneumatik. ANO NE

---

---

2. Přítomnost mikroplastů v životním prostředí s sebou nepřináší žádná rizika. ANO NE

---

---

3. Za potenciální zdroj mikroplastů jsou považovány i bioplasty. ANO NE

---

---

4. Tvar sekundárních mikroplastů je pravidelný. ANO NE

---

---

Obrázek 19: Výuková aktivita č. 3 - Úloha 1

V druhé úloze této výukové aktivity mají žáci za úkol uvést do tabulky konkrétní předměty, ze kterých mohou během určité doby vznikat mikroplasty. U každého navrženého příkladu mají zároveň uvést typ polymeru, ze kterého je předmět vyroben a vytvořit hypotézu, jakým způsobem se mikroplasty z konkrétního předmětu mohou do životního prostředí dostat. Následně mají ve dvojicích diskutovat nad možnostmi snížení zdrojů mikroplastů.

Při tvorbě této úlohy jsme vycházeli z předpokladu, že žáci již dokáží operovat se základními souvislostmi týkajícími se tématu Mikroplasty, znají základní typy syntetických polymerů a dokáží uvést konkrétní předměty, které se z těchto polymerů vyrábí. V rámci návaznosti výukové aktivity jsme proto tuto úlohu zařadili až jako druhou v pořadí, tak, aby co nejlépe odpovídala vstupním znalostem, tedy vědomostem a dovednostem žáků. Inspirací pro zařazení tohoto typu úlohy nám byl článek v německém časopisu *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie* (Beeken et al., 2020), ve kterém byly zvoleny podobné otázky na klasifikování typu polymerů u mikroplastů a formulace hypotéz, jakým způsobem se mikroplasty mohou do životního prostředí dostat. Při tvorbě naší úlohy jsme, na rozdíl od článku v německém časopise *Naturwissenschaften in Unterricht – Chemie*, jednotlivé otázky propojili do tabulky, ve které mají žáci uvést konkrétní předmět, ze kterého mohou vznikat mikroplasty, typ polymeru, z něhož je předmět vyroben a vytvořit hypotézu, jakým způsobem se mikroplasty z tohoto uvedeného zdroje mohou dostat do životního prostředí.

Tato úloha cílí na procvičení tématu Syntetické a makromolekulární látky a zároveň se zaměřuje na aplikaci nově získaných znalostí a dovedností nabytých v předcházející úloze této výukové aktivity, což směřuje ke komplexnějšímu vnímání problematiky tématu Mikroplasty. Žáci prostřednictvím této úlohy rozvíjí samostatné uvažování a na základě získaných poznatků nacházejí spojitosti, vytváří hypotézy a vyvozují závěry týkající se vlivu člověka na životní prostředí. Úloha také cílí na rozvoj komunikace mezi žáky.

#### Úloha 2

Uveďte do tabulky příklady konkrétních předmětů, ze kterých mohou vznikat mikroplasty. U každého navrženého příkladu uveďte typ polymeru, z něhož je předmět vyroben a vytvořte hypotézu, jakým způsobem se mikroplasty z konkrétního předmětu mohou do životního prostředí dostat. Zároveň ve dvojicích diskutujte nad tím, jak je možné omezit zdroje mikroplastů, které jste uvedli v tabulce.

Předmět	Typ polymeru	Vstup do životního prostředí

Obrázek 20: Výuková aktivita č. 3 - Úloha 2

## 4 Závěr

V bakalářské práci zaměřené na mikroplasty, jako často diskutované téma v souvislosti s ohrožením životního prostředí, byly shrnuty základní informace týkající se těchto malých, syntetických polutantů, včetně jejich velikostní klasifikace, původu, chemického složení, vzhledu, zdrojů, výskytu a jejich vlivu na životní prostředí.

V kontextu informací uvedených v této části bakalářské práce je zřejmé, že mikroplasty v životním prostředí představují dlouhodobý problém, který se bude v závislosti na exponenciálním růstu plastové výroby v posledních letech nadále zvětšovat. Důležitým předpokladem k zvládnutí této situace a zachování trvale udržitelného rozvoje tak představuje především uvědomělé chování společnosti, ke kterému lze přispět prostřednictvím formálního i neformálního vzdělávání.

V praktické části bakalářské práce byly analyzovány současné možnosti integrace tématu Mikroplasty do kurikula základní školy a gymnázia. Pozornost při této analýze byla zaměřena především na vzdělávací oblast Člověk a příroda a na průřezové téma Environmentální výchova. Celkem bylo navrženo šest očekávaných výstupů spojených s pěti samostatnými učivy v rámci RVP ZV a čtyři očekávané výstupy spojené se čtyřmi samostatnými učivy v rámci RVP G, u kterých byla shledána možnost integrace tématu Mikroplasty. Na základě vybraných učiv a očekávaných výstupů RVP ZV a RVP G se zaměřením na souvislosti tématu Mikroplasty bylo následně zjišťováno, jak se tyto výstupy promítají do konkrétních ŠVP. K analýze ŠVP byly zvoleny školy s explicitním environmentálním zaměřením a školy bez tohoto zaměření. Konkrétně byly analyzovány ŠVP čtyř základních škol, dvou nižších gymnázií a tří vyšších gymnázií. Téma nazvané Mikroplasty nebylo zpracováno ani v jednom z námi analyzovaných školních vzdělávacích programů. Počet očekávaných výstupů, které umožňují integraci tématu Mikroplasty byl ovšem oproti počtu očekávaných výstupů obsažených v RVP u všech škol vyšší. Tato skutečnost poukazuje na detailnější rozpracování jednotlivých výstupů RVP při tvorbě vlastních ŠVP. Všechny námi zvolené školy zároveň umožňovaly integraci tématu Mikroplasty v rámci průřezového tématu Environmentální výchova.

Na základě souvislostí s učivy a očekávanými výstupy obsaženými v RVP ZV a RVP G, využitelnými pro souvislosti tématu Mikroplasty byly zároveň v praktické části bakalářské

práce navrženy tři konkrétní výukové aktivity, využitelné v rámci výuky chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu, které si kladou za cíl seznámit žáky s tématem Mikroplasty, a tím zvýšit jejich povědomí a zájem o dané téma, včetně uvědomování si rizik s tím spojených a také rozvíjet jejich zodpovědnost vzhledem k životnímu prostředí.

## 5 Seznam použitých zdrojů

- Anbumani, S., & Kakkar, P. (2018). Ecotoxicological effects of microplastics on biota: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 14373–14396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-018-1999-x>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arthur, C., Baker, J. E., & Bamford, H. A. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509>
- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*, 198, 211–222. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.021>
- Bajt, O. (2021). From plastics to microplastics and organisms. *FEBS Open Bio*, 11(4), 954–966. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/2211-5463.13120>
- Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2014). Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.007>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Beeken, M., Kreienhop, N., & Parchmann, I. (2020). Mikroplastik. *Naturwissenschaften in Unterricht - Chemie*, 179(31), 1–48.

- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). *Marine anthropogenic litter*. Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Bergmann, M., Wirzberger, V., Krumpen, T., Lorenz, C., Primpke, S., Tekman, M. B., & Gerdt, G. (2017). High Quantities of Microplastic in Arctic Deep-Sea Sediments from the HAUSGARTEN Observatory. *Environmental Science & Technology*, *51*(19), 11000–11010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03331>
- Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, *612*, 422–435. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). Potential Health Impact of Environmentally Released Micro-and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, *49*(15), 8932–8947. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01090>
- Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic – an emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*, *3*(4), 559–561. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>
- Carney Almroth, B. M., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., & Persson, N.-K. (2018). Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(2), 1191–1199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-017-0528-7>
- Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, *91*, 174–182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Christie, R. M. (1994). Pigments, dyes and fluorescent brightening agents for plastics: An overview. *Polymer International*, *34*(4), 351–361. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pi.1994.210340401>

- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, 53(12), 7068–7074. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2016). *Microplastic Pollutants*. Elsevier Limited.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Ducháček, V. (2006). *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití: Vol. 2. vydání*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. [http://147.33.74.135/knihy/uid\\_isbn-80-7080-617-6/pages-img/001.html](http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-617-6/pages-img/001.html)
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>
- ECHA. (2019). *Plastic additives initiative Supplementary Information on Scope and Methods*. [https://echa.europa.eu/documents/10162/17228/plastic\\_additives\\_supplementary\\_en.pdf/79bea2d6-8e45-f38c-a318-7d7e812890a1](https://echa.europa.eu/documents/10162/17228/plastic_additives_supplementary_en.pdf/79bea2d6-8e45-f38c-a318-7d7e812890a1)
- ECHA. (2020). *Background Document to RAC and SEAC opinions on intentionally added microplastics*. <https://echa.europa.eu/documents/10162/b56c6c7e-02fb-68a4-da69-0bcbd504212b>
- EKO gymnázium. (2018). *Školní vzdělávací program*. [https://www.eko-g.cz/content/1-o-skole/8-dokumenty-a-formulare/modules/5-core-text-8iovbw/vp\\_eko\\_4-let.pdf](https://www.eko-g.cz/content/1-o-skole/8-dokumenty-a-formulare/modules/5-core-text-8iovbw/vp_eko_4-let.pdf)
- Engler, R. E. (2012). The Complex Interaction between Marine Debris and Toxic Chemicals in the Ocean. *Environmental Science & Technology*, 46(22), 12302–12315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es3027105>

- European Commission. (2021). *Microplastics*.  
[https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics/microplastics\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics/microplastics_en)
- Evropská komise. (2021). *Strategie ke snížení objemu plastových výrobků na jedno použití v mořích*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2779/864742>
- Frias, J., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., Viñas, L., Gago, J., Antunes, J., & Bessa, F. (2018). *Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments*. JPI-Oceans BASEMAN Project.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25607/OBP-723>
- GESAMP. (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. [https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP\\_microplastics%20full%20study.pdf](https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf)
- GESAMP. (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment*. <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gigault, J., ter Halle, A., Baudrimont, M., Pascal, P.-Y., Gauffre, F., Phi, T.-L., el Hadri, H., Grassl, B., & Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, 235, 1030–1034.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024>
- Golwala, H., Zhang, X., Iskander, S. M., & Smith, A. L. (2021). Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. *Science of the Total Environment*, 769, 144581. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144581>

- Gong, J., & Xie, P. (2020). Research progress in sources, analytical methods, eco-environmental effects, and control measures of microplastics. *Chemosphere*, 254, 126790. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126790>
- Gouin, T., Avalos, J., Brunning, I., Brzuska, K., de Graaf, J., Kaumanns, J., Koning, T., Meyberg, M., Rettinger, K., & Schlatter, H. (2015). Use of micro-plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. *SOFW J*, 141(4), 40–46. [https://www.researchgate.net/publication/291326701\\_Use\\_of\\_micro-plastic\\_beads\\_in\\_cosmetic\\_products\\_in\\_Europe\\_and\\_their\\_estimated\\_emissions\\_to\\_the\\_North\\_Sea\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/291326701_Use_of_micro-plastic_beads_in_cosmetic_products_in_Europe_and_their_estimated_emissions_to_the_North_Sea_environment)
- Greenpeace Research Laboratories. (2019). *A 'snapshot' survey of microplastics in surface waters of the Vltava and Labe (Elbe) Rivers in the Czech Republic*. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-czech-republic-stateless/2019/03/7ed26618-czechia-river-microplastics-analytical-results-report-050319-1.pdf>
- Grenčíková, A., Brandeburová, P., Ryba, J., Vlčková, S., & Mackuľak, T. (2019). Mikroplasty ako environmentálne riziko. *Chemické Listy*, 113(1), 16–22. <http://chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3261/3226>
- Gymnázium Havlíčkův Brod. (2019). *Školní vzdělávací program „Dignitatis memores ad optima intenti“*. [http://www.ghb.cz/storage/download/svp/svp\\_2020\\_2021.pdf](http://www.ghb.cz/storage/download/svp/svp_2020_2021.pdf)
- Gymnázium Jihlava. (2020). *Školní vzdělávací program*. [https://www.gymnaziumjihlava.cz/wp-content/uploads/2020/09/svp-g\\_2020.pdf](https://www.gymnaziumjihlava.cz/wp-content/uploads/2020/09/svp-g_2020.pdf)
- Gymnázium Nad Štolou. (2021). *Školní vzdělávací program „Klíč ke vzdělání“*. <https://www.gymstola.cz/images/docs/svp/svp2021.pdf>
- Gymnázium Omská. (2013). *Školní vzdělávací program „Škola života a pro život“*. [http://www.omaska.cz/Soubory/SVP/SVP\\_GO\\_8\\_2013.pdf](http://www.omaska.cz/Soubory/SVP/SVP_GO_8_2013.pdf)
- Hartmann, N. B., Huffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., Rist, S., Karlsson, T., Brennholt, N., & Cole, M. (2019). *Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for*

*Plastic Debris.* ACS Publications.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>

Hayes, A., Kirkbride, K. P., & Leterme, S. C. (2021). Variation in polymer types and abundance of microplastics from two rivers and beaches in Adelaide, South Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112842.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112842>

Hintersteiner, I., Himmelsbach, M., & Buchberger, W. W. (2015). Characterization and quantitation of polyolefin microplastics in personal-care products using high-temperature gel-permeation chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(4), 1253–1259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00216-014-8318-2>

International Centre for STEM Education. (2022). *Plastics in our terrestrial environment*. [https://icse.eu/wp-content/uploads/2022/04/QP\\_Science-Edition\\_April-2022\\_Plastic-in-Terrestrial-Environment.pdf](https://icse.eu/wp-content/uploads/2022/04/QP_Science-Edition_April-2022_Plastic-in-Terrestrial-Environment.pdf)

Janoušková, S., Teplý, P., Fatka, D., Teplá, M., Cajthaml, T., & Hák, T. (2020). Microplastics – How and What Do University Students Know about the Emerging Environmental Sustainability Issue? *Sustainability*, 12(21), 9220.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12219220>

Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., Cowen, M., Tentzeris, V., & Sadofsky, L. R. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy. *Science of The Total Environment*, 831, 154907.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>

Kole, P. J., Löhr, A. J., van Belleghem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1265.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>

Lenjisa, J. L., Woldu, M. A., & Satessa, G. D. (2014). New hope for eradication of HIV from the body: the role of polymeric nanomedicines in HIV/AIDS pharmacotherapy. *Journal of Nanobiotechnology*, 12(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1477-3155-12-9>

- Leslie, H. A., van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, *163*, 107199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Liu, X., Shi, H., Xie, B., Dionysiou, D. D., & Zhao, Y. (2019). Microplastics as Both a Sink and a Source of Bisphenol A in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, *53*(17), 10188–10196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02834>
- Makhdoumi, P., Amin, A. A., Karimi, H., Pirsaeheb, M., Kim, H., & Hossini, H. (2021). Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. *Journal of Water Process Engineering*, *39*, 101708. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101708>
- Mandíková, D., & Houfková, J. (2011). *Přírodovědné úlohy pro druhý stupeň základního vzdělávání: náměty pro rozvoj kompetencí žáků na základě zjištění výzkumu TIMSS 2007*. Ústav pro informace ve vzdělávání.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, *35*(2), 318–324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es0010498>
- McMurry, J. (2007). *Organická chemie*. VUTIUM.
- Mintenig, S. M., Löder, M. G. J., Primpke, S., & Gerdt, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment*, *648*, 631–635. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178>
- MŠMT. (2021). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. <https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/07/RVP-ZV-2021.pdf>
- Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine*

- Pollution Bulletin*, 99(1–2), 178–185.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029>
- Napper, I. E., Barrett, A. C., & Thompson, R. C. (2020). The efficiency of devices intended to reduce microfibre release during clothes washing. *Science of The Total Environment*, 738, 140412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140412>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112(1–2), 39–45.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>
- Narevski, A. C., Novaković, M. I., Petrović, M. Z., Mihajlović, I. J., Maoduš, N. B., & Vujić, G. v. (2021). Occurrence of bisphenol A and microplastics in landfill leachate: lessons from South East Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42196–42203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-021-13705-z>
- Oliveira, M., Almeida, M., & Miguel, I. (2019). A micro (nano) plastic boomerang tale: A never ending story? *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 112, 196–200.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.01.005>
- Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research*, 141, 307–316.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.027>
- Padervand, M., Lichtfouse, E., Robert, D., & Wang, C. (2020). Removal of microplastics from the environment. A review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(3), 807–828.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10311-020-00983-1>
- Patel, M. M., Goyal, B. R., Bhadada, S. v, Bhatt, J. S., & Amin, A. F. (2009). Getting into the Brain. *CNS Drugs*, 23(1), 35–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.2165/0023210-200923010-00003>
- Pfaendner, R. (2006). How will additives shape the future of plastics? *Polymer Degradation and Stability*, 91(9), 2249–2256.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2005.10.017>

- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 643, 1644–1651. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>
- Puig Vidal, R. (2018). Are functional fillers improving environmental behavior of plastics? A review on LCA studies. *Science of the Total Environment*, 626(1), 927–940. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.149>
- Raju, S., Carbery, M., Kuttykattil, A., Senathirajah, K., Subashchandrabose, S. R., Evans, G., & Thavamani, P. (2018). Transport and fate of microplastics in wastewater treatment plants: implications to environmental health. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 17(4), 637–653. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11157-018-9480-3>
- Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A. C., Vala, H., & Pereira, R. (2017). Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environmental Pollution*, 220, 495–503. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.092>
- Schmid, C., Cozzarini, L., & Zambello, E. (2021). Microplastic's story. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111820. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111820>
- Schröder, J. (2021). Microplastic-free cosmetics: discover our formulation suggestions. *BTC*. <https://www.btc-europe.com/en/-/nc/news/article/microplastic-free-cosmetics-discover-our-formulation-suggestions/>
- ScioŠkola Jihlava. (2019). *Školní vzdělávací program „Změna je trvalý stav“*. <https://jihlava.scioskola.cz/media/31flsbsi/svp.pdf>
- Shen, M., Zeng, Z., Wen, X., Ren, X., Zeng, G., Zhang, Y., & Xiao, R. (2021). Presence of microplastics in drinking water from freshwater sources: the investigation in Changsha, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42313–42324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-021-13769-x>
- Sommer, F., Dietze, V., Baum, A., Sauer, J., Gilge, S., Maschowski, C., & Gieré, R. (2018). Tire Abrasion as a Major Source of Microplastics in the Environment. *Aerosol and Air*

*Quality Research*, 18(8), 2014–2028.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.03.0099>

- Šuta, M. (2008). *Chemické látky v životním prostředí* (1. vyd.). ZO ČSOP Veronica.
- Syberg, K., Khan, F. R., Selck, H., Palmqvist, A., Banta, G. T., Daley, J., Sano, L., & Duhaime, M. B. (2015). Microplastics: addressing ecological risk through lessons learned. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(5), 945–953. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/etc.2914>
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., & Yamashita, R. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 364, Issue 1526, pp. 1973–1976). The Royal Society Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- Verschoor, A. J. (2015). *Towards a definition of microplastics: Considerations for the specification of physico-chemical properties*. National Institute for Public Health and the Environment. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2015-0116.pdf>
- VÚP. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [https://www.edu.cz/wp-content/plugins/ari-fancy-lightbox/assets/pdfjs/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Fwww.edu.cz%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F08%2FRVPG-2007-07\\_final.pdf#page=1&zoom=70,-236,853](https://www.edu.cz/wp-content/plugins/ari-fancy-lightbox/assets/pdfjs/web/viewer.html?file=https%3A%2F%2Fwww.edu.cz%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F08%2FRVPG-2007-07_final.pdf#page=1&zoom=70,-236,853)
- Weinstein, J. E., Dekle, J. L., Leads, R. R., & Hunter, R. A. (2020). Degradation of bio-based and biodegradable plastics in a salt marsh habitat: Another potential source of

- microplastics in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111518. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111518>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Xiang, Y., Jiang, L., Zhou, Y., Luo, Z., Zhi, D., Yang, J., & Lam, S. S. (2022). Microplastics and environmental pollutants: Key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126843. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126843>
- Xiong, X., Tu, Y., Chen, X., Jiang, X., Shi, H., Wu, C., & Elser, J. J. (2019). Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (*Carassius auratus*): influence of color and morphological features. *Heliyon*, 5(12), e03063. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03063>
- Yu, Q., Hu, X., Yang, B., Zhang, G., Wang, J., & Ling, W. (2020). Distribution, abundance and risks of microplastics in the environment. *Chemosphere*, 249, 126059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126059>
- Yuan, Z., Nag, R., & Cummins, E. (2022). Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems. *Science of The Total Environment*, 153730. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153730>
- Zhang, S., Wang, J., Liu, X., Qu, F., Wang, X., Wang, X., Li, Y., & Sun, Y. (2019). Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects. *Trends in Analytical Chemistry*, 111, 62–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.12.002>
- Zhang, T., Jiang, B., Xing, Y., Ya, H., Lv, M., & Wang, X. (2022). Current status of microplastics pollution in the aquatic environment, interaction with other pollutants, and effects on aquatic organisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-022-18504-8>
- ZŠ Gajdošova. (2019). *Školní vzdělávací program „Od pramínku poznání k pramenu vědomostí“*. <https://www.zsg.cz/cs/dokumenty.html>

ZŠ Havlíčkova. (2019). *Školní vzdělávací program „Pohodová tvořivá škola“*.  
<https://zshavlickova.ji.cz/file.php?nid=13915&oid=7096409>

ZŠ Pramínek. (2021). *Školní vzdělávací program „Pramínek“*. [http://www.praminek.cz/wp-content/uploads/2021/10/SVP-2021\\_upraveno.pdf](http://www.praminek.cz/wp-content/uploads/2021/10/SVP-2021_upraveno.pdf)

## 6 Seznam příloh

Příloha 1: Výuková aktivita č. 1 – řešení

Příloha 2: Výuková aktivita č. 2 – řešení

Příloha 3: Výuková aktivita č. 3 – řešení

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Primární mikroplasty získané z vodního prostředí .....	9
Obrázek 2: Sekundární mikroplasty získané z vodního prostředí .....	10
Obrázek 3: Strukturní vzorec polyethylenu .....	12
Obrázek 4: Strukturní vzorec polypropylenu .....	12
Obrázek 5: Strukturní vzorec polyvinylchloridu .....	13
Obrázek 6: Strukturní vzorec polyethylentereftalátu .....	13
Obrázek 7: Strukturní vzorec polymethylmetakrylátu .....	14
Obrázek 8: Strukturní vzorec polystyrenu .....	14
Obrázek 9: Příklady typů mikroplastů – 1 pelety, 2 fragmenty, 3 vlákna, 4 film, 5 lana a filamenty, 6 houby/pěny .....	16
Obrázek 10: Transport mikroplastů v životním prostředí .....	22
Obrázek 11: Možný vstup mikroplastů do potravního řetězce .....	28
Obrázek 12: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 1 .....	55
Obrázek 13: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 2 .....	56
Obrázek 14: Výuková aktivita č. 1 - Úloha 3 .....	57
Obrázek 15: Oranžový mikroplast viditelný na vodní hladině po smíchání odebraného vzorku půdy a roztoku slané vody .....	58
Obrázek 16: Všechny mikroplasty a červený makroplast získané ze vzorku půdy .....	58
Obrázek 17: Výuková aktivita č. 2 - Úloha 1 .....	59
Obrázek 18: Výuková aktivita č. 2 - Úloha 2 .....	60
Obrázek 19: Výuková aktivita č. 3 - Úloha 1 .....	62
Obrázek 20: Výuková aktivita č. 3 - Úloha 2 .....	63

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vybraná témata učiva v RVP ZV s možností integrace tématu „Mikroplasty“ a jejich očekávané výstupy .....	36
Tabulka 2: Vybraná témata učiva v RVP G s možností integrace tématu „Mikroplasty“ a jejich očekávané výstupy .....	38
Tabulka 3: Výsledky analýzy očekávaných výstupů vybraných ve ŠVP pro základní vzdělávání využitelných pro souvislosti s tématem Mikroplasty .....	46
Tabulka 4: Výsledky analýzy očekávaných výstupů vybraných ve ŠVP pro gymnázia využitelných pro souvislosti s tématem Mikroplasty .....	51

## Seznam zkratk

ČR	Česká republika
ECHA	Evropská agentura pro chemické látky (European Chemicals Agency)
EU	Evropská unie
EVVO	Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta
GESAMP	Společná skupina expertů pro vědecké aspekty znečištění moří (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection)
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
NOAA	Národní úřad pro oceán a atmosféru (National Oceanic and Atmospheric Administration)
PBC	Polychlorované bifenyly
PE	Polyethylen
PEHD	Vysokohustotní polyethylen
PELD	Nízkohustotní polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PMMA	Polymethylmetakrylát
POPs	Perzistentní organické látky (Persistent Organic Pollutants)

PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
RVP	Rámcový vzdělávací program
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
RVP ZV	Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
ŠVP	Školní vzdělávací program
VÚP	Výzkumný ústav pedagogický
ZŠ	Základní škola

## Výuková aktivita č. 1 – Zdroje mikroplastů

### Úloha 1

Přečtěte si krátké texty. K jednotlivým textům (1-5) přiřaďte do rámečku k číselnému označení textu vždy jedno písmenko z nabídky (A-F) označující konkrétní zdroje mikroplastů, o nichž se v textu hovoří. Zdroj mikroplastů z nabídky (A-F), který nepřiradíte k žádnému z nabídnutých textů (1-5), přiřaďte do rámečku 6 a do prázdného okna vedle rámečku navrhněte vlastní krátký příběh, po vzoru ostatních textů, ve kterém hovoříte o tomto zdroji mikroplastů. Ve dvojicích diskutujte nad tím, jak je možné tyto zdroje mikroplastů snížit nebo zcela odstranit.

1 *F*

Nákladní loď *Plastics Pearl* převáží každý měsíc velký náklad milimetrových, průmyslově vyráběných, syntetických granulí, užívaných v plastikářském průmyslu, jejichž následným přetavením a deformací vznikají konečné plastové produkty. Bohužel minulý měsíc loď havarovala a z proraženého trupu se do moře uvolnil celý její náklad.

2 *D*

Náš soused jezdí do několik kilometrů vzdálené práce každý den autem. Auto využívá i na krátké vzdálenosti. Pneumatiky mění každé 4 roky, protože jsou sjeté. Ročně se celosvětově v přepočtu na jednu osobu z tohoto zdroje uvolní až 0,81 kg mikroplastů.

3 *C*

Rybáři se roztrhla rybářská síť, její oprava by byla příliš drahá. Rybář se tedy rozhodne síť hodit do moře. Přece je velké, jedna síť se v něm ztratí.

4 *A*

Prázdniny u babičky tráví až 6 vnoučat. Všichni ráda sportují a užívají si léta. Babička tak musí téměř každý den prát oblečení. Kromě bavlněných triček pere především fleecové bundy a sportovní sety vyrobené z polyesteru.

5 *B*

Ema nerada tráví hodně času nakupováním v drogerii. Poslední dobou si ovšem dává větší pozor na to, co kupuje. Kromě zubních past, peelingů a sprchových gelů nedávno zjistila, že mohou být mikroplasty obsaženy i v deodorantech, make-upech, řasenkách či opalovacích krémech.

6 *E*

*Před koncem školního roku jeli žáci s třídním učitelem na celodenní výlet do přírody. Během výletu si udělali několik přestávek na svačtinu. Na místech, kde svačili, nebyly žádné odpadkové koše. Někteří z žáků nechtěli nosit plastové obaly od sněženého jídla, a proto je pohodili podél cesty.*

A	B	C	D	E	F
Syntetické oděvy	Kosmetika	Plastový odpad z rybaření	Běhouny pneumatik	Plastové odpadky	Plastové pelety

## Úloha 2

Do textu doplňte vhodná chybějící slova ve správném tvaru.

**Nabídka slov: oděvy, atmosféra, částice, PET, výrobky, procesy, nezáměrný, sekundární, všudypřítomný, záměrný**

Mikroplasty jsou drobné, syntetické *částice*, menší než 5 mm, které se na základě jejich původu rozdělují na primární a *sekundární*. Primární mikroplasty jsou záměrně vyráběné a do životního prostředí se mohou uvolňovat např. po užití některých kosmetických či čistících prostředků, které je obsahují. Naopak sekundární mikroplasty vznikají *nezáměrně*, postupnou fragmentací větších, syntetických předmětů, jako např. *PET* lahví, hraček, pneumatik či syntetických kusů *oděvů*, které uvolňují mikroplasty v důsledku jejich opotřebení a vystavení celé řadě degradačních *procesů*. Znečištění mikroplasty je *všudypřítomné*. Vyskytují se ve vodě, v půdě i v *atmosféře*.

## Úloha 3

**Otázka na zamyšlení:** Kolik plastových předmětů denně použijete (uved'te konkrétní příklady), dokázali byste se bez nich obejít nebo je nahradit předměty z jiného materiálu?

*Denně využívám: zubní kartáček, hřeben, obal od tekutého mýdla, kosmetiky, sprchového gelu, pasty, potravin, PET-lahev, plastovou krabičku na svačinu, plastovou misku, sluneční brýle, sluchátka...*

*Některé předměty lze nahradit předměty vyrobenými z jiných materiálů, jako např. PET lahev skleněnou lahví, plastový kartáček dřevěným kartáčkem...*

### Zdroje:

- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Beeken, M., Kreienhop, N., & Parchmann, I. (2020). Mikroplastik. *Naturwissenschaften in Unterricht - Chemie*, 179(31), 1–48.
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>
- Kole, P. J., Löhr, A. J., van Belleghem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. (2017). Wear and tear of tyres: a stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1265. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, 35(2), 318–324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es0010498>

## Výuková aktivita č. 2 – Mikroplasty v suchozemském prostředí

### Úloha 1

Přečtěte si text týkající se mikroplastů. Podle instrukcí proveďte laboratorní cvičení, zaznamenejte výsledky a odpovězte na otázky.

Plastové předměty vyrobené z polymerů (např. PE, PP, PET) se v posledních letech staly neodmyslitelnou součástí našich životů. Bohužel velké množství z nich končí po jejich užití, v důsledku špatné manipulace a nezodpovědného odhazování odpadků, v suchozemském prostředí. V něm dokáží plastové předměty, jako např. obaly od potravin a PET lahve, přetrvat za postupného rozpadu i několik desítek let. Během této doby se velké plasty rozpadají na drobné mikroplasty (částice < 5 mm), které se mísí s půdou a do prostředí uvolňují chemikálie a kovy, které mohou představovat nebezpečí pro mnoho organismů.



### Pomůcky a chemikálie:

Miska na vzorek půdy, lopatka, velká miska nebo kbelík (min. objem 7 litrů), lžice nebo sítko, Petriho miska, buničina na osušení plastových částic, mikroskop, vzorek půdy, voda a chlorid sodný.

### Pracovní postup:

Venku odeberte přibližně 1 litr půdy. Připravte 5 litrů nasyceného roztoku slané vody, vsypte do něj odebraný vzorek půdy a pečlivě vše promíchejte. Poté počkejte několik hodin. Vzniklou směs na povrchu hladiny odeberte pomocí lžice nebo sítka, izolujte plastové částice a pozorujte pod mikroskopem. Určete počet mikroplastů. Postup opakujte vícekrát, výsledky zaznamenejte a určete průměrný počet mikroplastů na 1 litr půdy.

### Místo odběru vzorku půdy:

*Pod lavičkou u dětského hřiště.*

### Na jakém principu lze oddělit mikroplasty od půdy:

*Na základě rozdílné hustoty slané vody a plastů.*

### Pozorování:

*Ihned po promíchání půdy se slanou vodou došlo k oddělení lehčích částí (např. jehlic a kořínků) od zbytku půdy, která klesla ke dnu. Některé mikroplasty byly díky jejich výraznému zbarvení viditelné už v této fázi. Po několika hodinách došlo k usazení všech těžších částí a z vodní hladiny jsme mohli odebrat drobné mikroplasty. Celý pokus jsme zopakovali 3x. Prvním pokusem jsme detekovali 2 mikroplasty, druhým 1 mikroplast a třetím 4 mikroplasty.*

### Průměrný počet mikroplastů na 1 litr půdy:

*V 1 litru půdy bylo průměrně detekováno 2,33 mikroplastů.*

## Úloha 2

**Otázka na zamyšlení:** Uvažujte nad třemi vzorky půd, první vzorek pochází z hustě osídlené městské části, druhý z hojně turisticky navštěvovaného přírodního místa a třetí z louky. Seřad'te jednotlivé vzorky půd sestupně podle očekávaného množství detekovaných mikroplastů, svá rozhodnutí odůvodněte a ve dvojici diskutujte nad možnostmi snížení počtu plastového odpadu v životním prostředí.

*Největší množství mikroplastů se bude nacházet ve vzorcích půd, které byly odebrané z hustě osídlených oblastí, které jsou nejvíce ovlivněné zásahem člověka. Na druhém místě bude vzorek pocházející z hojně navštěvovaného přírodního místa, vzhledem k vysokému počtu návštěvníků, kteří mohou přírodu svým nezodpovědným chováním ovlivnit. Nejméně mikroplastů bude na louce, která se vyvíjí bez zásahu člověka.*

*Množství plastového odpadu se může snížit pokud se budeme chovat zodpovědně, nebudeme odhazovat odpadky do přírody, budeme využívat jiné materiály...*

### Zdroje:

International Centre for STEM Education (ICSE). (2022). *Plastics in our terrestrial environment*. [https://icse.eu/wp-content/uploads/2022/04/QP\\_Science-Edition\\_April-2022\\_Plastic-in-Terrestrial-Environment.pdf](https://icse.eu/wp-content/uploads/2022/04/QP_Science-Edition_April-2022_Plastic-in-Terrestrial-Environment.pdf)

Fotografie: Marešová, E. (2022). Půda.

### Výuková aktivita č. 3 – Chemická podstata mikroplastů

#### Úloha 1

Přečte si text týkající se mikroplastů. Na základě informací rozhodněte o pravdivosti následujících tvrzení (ANO – tvrzení je pravdivé, NE – tvrzení není pravdivé) a své odpovědi stručně zdůvodněte.

Mikroplasty jsou pevné, syntetické částice, menší než 5 mm, které se mohou lišit svou velikostí, tvarem, barvou, hustotou a dalšími charakteristikami. Z chemického hlediska jsou tvořeny různými typy polymerů, a to jak syntetickými elastomery, tak plasty. Dále tyto malé syntetické částice obsahují řadu aditiv, která se do těchto materiálů přidávají za účelem získání požadovaných vlastností. Podíl aditiv se pohybuje od 1-50 %. Zdrojem mikroplastů mohou být i předměty vyrobené z bioplastů, jelikož se do této skupiny neřadí pouze biologicky odbouratelné plasty, ale také plasty, které se vyrábí z biologicky obnovitelných zdrojů a nemusí být výhradně biodegradabilní. Nicméně při špatné likvidaci biodegradabilních plastů mohou být mikroplasty uvolňovány i z této formy.

U sekundárních mikroplastů, které na rozdíl od těch primárních, vznikají nezáměrně, postupnou fragmentací větších syntetických předmětů, se typ i barva polymeru odvíjí od chemického složení výchozího plastového předmětu. V případě primárních mikroplastů, obsažených např. v kosmetických výrobcích, se tvarově jedná o kulovité mikročástice, bez ostrých hran.

V životním prostředí představují mikroplasty hrozbu nejen svou fyzickou přítomností, ale především v důsledku uvolňování látek tvořící jejich chemickou podstatu. Mikroplasty zároveň slouží jako adsorbent dalších toxických látek, které se do životního prostředí mohou dostat rovněž ve formě odpadu. Konkrétní dopady mikroplastů na živé organismy jsou stále předmětem rozsáhlých studií.

1. Mikroplasty se mohou uvolňovat i z běhounů pneumatik.

ANO  NE

*Běhouny pneumatik jsou vyrobeny z butadien-styrenového kaučuku, který patří mezi elastomery. Mikroplasty se uvolňují sjížděním pneumatik.*

2. Přítomnost mikroplastů v životním prostředí s sebou nepřináší žádná rizika.

ANO  NE

*Mikroplasty představují řadu rizik. Především v důsledku uvolňování celé řady chemických látek.*

3. Za potencionální zdroj mikroplastů jsou považovány i bioplasty.

ANO  NE

*Mezi bioplasty patří i skupiny plastů vyrobené z biologicky obnovitelných zdrojů, které nejsou biodegradabilní. Při špatném nakládání s odpady se mikroplasty mohou uvolňovat i z biodegradabilních plastů.*

4. Tvar sekundárních mikroplastů je pravidelný.

ANO  NE

*Jejich tvar je nepravidelný, protože vznikají nezáměrně rozpadem z větších předmětů.*

## Úloha 2

Uveďte do tabulky příklady konkrétních předmětů, ze kterých mohou vznikat mikroplasty. U každého navrženého příkladu uveďte typ polymeru, z něhož je předmět vyroben a vytvořte hypotézu, jakým způsobem se mikroplasty z konkrétního předmětu mohou do životního prostředí dostat. Zároveň ve dvojicích diskutujte nad tím, jak je možné omezit zdroje mikroplastů, které jste uvedli v tabulce.

Předmět	Typ polymeru	Vstup do životního prostředí
<i>PET lahev</i>	<i>Polyethylentereftalát (PET)</i>	<i>Rozkladem odpadků odhozených přímo do životního prostředí. Při špatné manipulaci s již vzniklým odpadem.</i>
<i>Plastový obal od potravin</i>	<i>Polypropylen (PP)</i>	<i>Rozkladem odpadků odhozených přímo do životního prostředí. Při špatné manipulaci s již vzniklým odpadem.</i>
<i>Syntetické oděvy</i>	<i>Polyethylentereftalát (PET)</i>	<i>Během praní a sušení se mohou uvolňovat mikroplasty do odpadních vod, odkud se při neúčinném čištění mohou šířit dále.</i>
<i>Pneumatiky</i>	<i>Butadien-styrenový kaučuk</i>	<i>Sjížděním pneumatik během jejich běžného užívání.</i>
<i>Polystyren (stavební materiál)</i>	<i>Polystyren (PS)</i>	<i>Během manipulace, při stavbě. Při špatném nakládáním s odpadem.</i>

### Zdroje:

- Beeken, M., Kreienhop, N., & Parchmann, I. (2020). Mikroplastik. *Naturwissenschaften in Unterricht - Chemie*, 179(31), 1–48.
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). *Marine anthropogenic litter*. Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Hintersteiner, I., Himmelsbach, M., & Buchberger, W. W. (2015). Characterization and quantitation of polyolefin microplastics in personal-care products using high-temperature gel-permeation chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(4), 1253–1259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00216-014-8318-2>
- Mandíková, D., & Houfková, J. (2011). *Přírodovědné úlohy pro druhý stupeň základního vzdělávání: náměty pro rozvoj kompetencí žáků na základě zjištění výzkumu TIMSS 2007*. Ústav pro informace ve vzdělávání.
- Schmid, C., Cozzarini, L., & Zambello, E. (2021). Microplastic's story. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111820. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111820>
- Verschoor, A. J. (2015). *Towards a definition of microplastics: Considerations for the specification of physico-chemical properties*. National Institute for Public Health and the Environment. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2015-0116.pdf>