

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra anorganické chemie



ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD
Tvorba podpůrných výukových materiálů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Zuzana Lorencová
Studijní obor: Biologie/chemie pro vzdělávání
Typ studia: Prezenční
Vedoucí práce: Mgr. Kamila Petrželová, Ph.D.

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci sepsala samostatně pod dohledem vedoucího bakalářské práce a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu na konci práce. Prohlašuji, že jsem v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce neporušila autorská práva.

Souhlasím s tím, aby byla tato práce přístupná v knihovně katedry anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 22.4.2024

.....

Jméno a Příjmení

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce paní Mgr. Kamile Petrželové, Ph.D. za veškerý čas, který mi věnovala, velikou pohotovost a skvělé rady, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Dále chci moc poděkovat slečně Mgr. Radaně Koudelíkové za zapůjčení fotoaparátu Nikon D3500 a za profesionální nafocení aparatur pro experimenty v praktické části práce. Nesmím opomenout poděkovat paní doc. RNDr. Martě Klečkové, CSc. za ochotu a vstřícnost při zapůjčení zahraničních učebnic chemie. Veliký dík také patří technologům a provozovatelům ČOV, díky jejichž ochotě bylo možné čistírny navštívit a nafotit jednotlivá zařízení. Za umožnění návštěvy ČOV Šternberk a ČOV Štěpánov a za milé odpovědi na všechny mé dotazy děkuji panu Jindřichu Novákovi. Za opakovanou návštěvu ČOV Olomouc Nové Sady a za poskytnuté materiály děkuji panu Ing. Tomáši Fialovi a paní Ing. Jitce Pospíšilové, která mě provedla i ČOV Uničov. Dále děkuji paní Ing. Heleně Stoupové za provedení ČOV Litovel. Panu Michalovi Blažkovi děkuji za umožnění návštěvy kořenové čistírny odpadních vod Hnojice. Za provedení ČOV Moravský Beroun a za ochotu děkuji panu Jaroslavovi Župkovi. Za podání informací o ČOV Prostějov děkuji panu Miroslavovi Čechovi.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Zuzana Lorencová

Název práce: Čištění odpadních vod, tvorba podpůrných výukových materiálů

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: Mgr. Kamila Petrželová, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2024

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá čištěním odpadních vod, přípravou exkurze do ČOV a tvorbou podpůrných výukových materiálů. Byla stručně charakterizovaná odpadní voda jako taková a její složky. Dále bylo popsáno mechanické, biologické a terciární čištění odpadních vod. Procesy byly doplněny o fotografie zařízení a chemické rovnice. Součástí práce je také analýza současně používaných středoškolských učebnic, RVP G a ŠVP vybraných gymnázií. V praktické části práce byly vytvořeny podklady pro realizaci exkurze do ČOV. Dále byly vytvořeny tři druhy pracovních listů pro žáky, dva experimenty vhodné pro laboratorní cvičení a dvě didaktické hry k procvičení klíčových pojmů a zařízení z exkurze. Součástí práce je také výuková prezentace, která je doplněna o tři schémata (zjednodušené, technologické a podrobnější technologické). Během návštěv ČOV byly také pořízeny fotografie, které jsou součástí práce v kapitole vizuální materiály. Získané informace a vytvořené materiály budou zpracovány na webových stránkách „CHEMIE ŽIJE!“.

Klíčová slova: odpadní voda, voda, čištění odpadních vod, metody dělení směsí, exkurze, RVP, didaktická hra, pracovní list

Počet stran: 77

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Zuzana Lorencová

Title: Title

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Czech Republic

Supervisor: Mgr. Kamila Petrželová, Ph.D.

The year of presentation: 2024

Abstract:

This bachelor thesis is focused on the wastewater treatment, preparation of the chemical excursion to wastewater treatment plant and some supporting teaching material was made. Within the theoretical part of the thesis, a wastewater treatment technology and equipment was described in detail. The processes were supplemented with photographs of the equipment and chemical equations. The bachelor thesis also includes an analysis of currently used high school textbooks in chemistry and biology, and an analysis of framework educational programs and the curriculum of selected high schools. In the practical part of the thesis, documents for the implementation of an excursion to the wastewater plant were created. In addition, three types of worksheets for students, two experiments suitable for laboratory exercises and two didactic games were created to practice key concepts and equipment from the excursion. The work also includes an educational presentation, which is complemented by three diagrams (simplified, technological and more detailed technological). Photographs were also taken during the visits to the wastewater treatment plant and are included in the visual materials chapter of the thesis. The information obtained and the materials produced will be processed on the "CHEMIE ŽIJE!" website.

Keywords: wastewater, water, wastewater treatment, methods of separation of mixtures, excursion, didactic game, worksheet

Number of pages: 77

Language: Czech

Obsah

| | |
|--|----|
| ÚVOD | 6 |
| CÍLE PRÁCE | 7 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 8 |
| 1. Odpadní voda..... | 8 |
| 1.1 Složení odpadních vod..... | 8 |
| 1.1.1 Organické znečištění..... | 8 |
| 1.1.2 Anorganické znečištění | 9 |
| 2. Čištění odpadních vod | 9 |
| 2.1 Čištění odpadních vod | 9 |
| 2.2 Mechanické čištění | 9 |
| 2.2.1 Hrubé přechišťení..... | 10 |
| 2.3 Chemické čištění | 11 |
| 2.4 Biologické čištění | 12 |
| 2.4.1 Aerobní proces..... | 12 |
| 2.4.2 Anaerobní proces | 13 |
| 2.4.3 Dusík | 14 |
| 2.4.4 Fosfor | 15 |
| 2.5 Terciární čištění..... | 15 |
| 2.6 Zpracování kalu..... | 16 |
| 2.7 Návrat vody do vodních toků | 17 |
| 3. Exkurze a jejich význam ve výuce | 19 |
| 3.1.1 Fáze exkurze:..... | 19 |
| 3.1.2 Přípravná fáze: | 19 |
| 3.1.3 Fáze organizace a realizace exkurze: | 20 |
| 3.1.4 Fáze zhodnocení exkurze | 20 |
| 4. Rámcový vzdělávací program | 21 |
| 4.1 RVP a jeho modernizace..... | 21 |
| 5. Školní vzdělávací program gymnázia | 23 |
| 5.1 ŠVP Gymnázia Šternberk | 23 |
| 5.2 ŠVP Slovanského gymnázia Olomouc | 24 |
| 6. Analýza učebnic chemie a biologie..... | 26 |
| 6.1 Učebnice chemie | 26 |
| 6.1.1 Zahraniční literatura..... | 31 |
| 6.2 Učebnice biologie | 34 |

| | |
|--|----|
| PRAKTICKÁ ČÁST | 38 |
| 7. Teoretické podklady pro exkurzi | 38 |
| 8. Informace o exkurzi | 39 |
| 9. Pracovní listy a prezentace | 41 |
| 10. Experimenty a demonstrace..... | 46 |
| 10.1 Kořenová čistírna | 48 |
| 10.2 Kdo přežije? | 50 |
| 11. Didaktické hry | 53 |
| 11.1 Chemické pexeso..... | 53 |
| 11.2 Chemické domino..... | 55 |
| 11.3 Vizuální materiály | 57 |
| 12. Zapracování na web Chemie žije | 60 |
| VÝSLEDKY A DISKUZE | 61 |
| ZÁVĚR | 67 |
| 13. POUŽITÁ LITERATURA | 69 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 72 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK..... | 74 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 75 |

ÚVOD

Čištění odpadních vod je zásadní pro udržení životního prostředí a lidského zdraví. Je skutečně škoda, že často až na výjimky nedostává dostatečnou pozornost ve vzdělávacích materiálech (1-25). Zlepšení povědomí o této problematice je klíčové pro budoucnost, zejména s ohledem na rostoucí potřebu efektivního hospodaření s vodními zdroji a zlepšení kvality pitné vody. Bylo by užitečné, kdyby se tato témata více začlenila do vzdělávacích programů a učebnic, aby se posílilo povědomí a porozumění veřejnosti.

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku čištění odpadních vod a na přípravu kvalitní exkurze do ČOV pro žáky gymnázia. Jelikož je kladen stále větší důraz na propojení teoretického učiva s praxí (26), jsou exkurze a jiné formy výuky než školním prostředím velmi vítány. Vedou k lepšímu pochopení učiva, motivaci žáků ke studiu i ke zlepšení představitosti či komunikačních dovedností (26).

Teoretická část je věnována odpadní vodě a procesům a technologiím využívaným v čistírně odpadních vod. Je popsáno mechanické, biologické a terciární přečištění odpadní vody. Je možné takto sledovat průběh odpadní vody od přítoku do čistírny až po vypouštění přečištěné vody do řek a potoků. Dále jsou vytvořeny kapitoly věnované RVP G (26-29) a jeho modernizacím (26), ŠVP (30,31) a exkurzi, která by měla být provedena tak, aby byla úspěšná a přínosná (32-34). Další kapitola je věnována analýze v současnosti používaných středoškolských učebnic (chemie a biologie) (1-25) a zahraniční literatuře (13-17).

Praktická část je zpracovaná hlavně v rámci Přílohy č.1 – „Cesta vody“. Praktická část je rozdělena do tří částí: teoretický základ, didaktické prvky a vizuální materiály. Jako didaktické prvky byly vytvořeny informace o exkurzi, pracovní listy, výuková prezentace, experimenty a didaktické hry. Byly vytvořeny tři typy pracovních listů: Pracovní listy - příprava před exkurzí, pracovní listy – k vyplnění během exkurze a pracovní listy - k upevnění znalostí po exkurzi. Pracovní listy obsahují také autorská řešení. Dále byly navrženy dva vhodné experimenty: „Kořenová čistírna“ a „Kdo přežije?“, které cílí na samostatnou činnost žáků a spolupráci mezi nimi. Zpracovány byly také dvě didaktické hry: Chemické pexeso a domino, kde si studenti zopakují pojmy a názvy zařízení v ČOV a spojí se jim obrázky nejen zařízení s jejich názvy.

CÍLE PRÁCE

1. Vypracování literární rešerše týkající se problematiky čištění odpadních vod a přírodovědných exkurzí
2. Možnosti zařazení exkurze a tématu čištění odpadních vod s ohledem na RVP (G, víceleté G) s následnou analýzou ŠVP vybraných škol.
3. Analýza vybraných učebnic chemie a biologie pro gymnázia týkající se problematiky čištění odpadních vod.
4. Vytvoření vhodných podpůrných výukových materiálů pro SŠ pro lepší pochopení technologie čištění odpadních vod.
5. Zpracování výsledků formou bakalářské práce a zapracování do webových stránek CHEMIE ŽIJE!.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Odpadní voda

Odpadní voda je každá voda, jejíž fyzikální nebo chemické vlastnosti jsou změněny použitím nebo odvedením do systému stokových sítí a kanalizačních přípojek. (35) Odpadní vody a nakládání s nimi je definováno podle § 38 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). (36)

Odpadní vody je možné rozdělit podle původu na splaškové, průmyslové a srážkové, infekční atd. Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody, které pocházejí z domácností a sociálních zařízení firem (toalet, kuchyňských zařízení, koupelen), ve kterých ale nejsou obsaženy odpadní vody průmyslové. Odpadní vody průmyslové jsou vody, které jsou vypouštěny podniky do veřejné kanalizace, před tím jsou ale většinou už předčištěné a zbavené nebezpečných látek pro provoz Čistírny odpadních vod (ČOV). Podniky, jejichž výroba je více toxická, mají často vlastní čistírnu odpadních vod. Když by v daném městě nebyl žádný průmysl, byly by městské odpadní vody pouze vody splaškové. V dnešní době jsou většinou v městských odpadních vodách obsaženy i ty průmyslové. (37)

Odpadní voda má velký vliv na vodní toky, protože může docházet k zanášení koryt řek sedimentací látek. Dochází ke změně podmínek vodních toků např. k jejich znečištění, snížení obsahu kyslíku ve vodě, zápachu, eutrofizaci apod. (38)

Množství splaškové odpadní vody je přímo úměrné spotřebě pitné vody. Průměrné množství splaškové vody na člověka se udává $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{osoba}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. (36-39)

1.1 Složení odpadních vod

Znečištění vody je možné definovat jako změnu fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody, která omezuje nebo i znemožňuje její použití k danému účelu. (37) Znečištění je pojem relativní. Látky, které znečišťují vodu, je možné rozdělovat podle velikosti částic. Dalším způsobem je rozdělení látek podle původu na organické a anorganické. (35, 37, 39, 40)

1.1.1 Organické znečištění

Odpadní vody většinou obsahují velké množství organických látek. Organické látky rozpuštěné ve vodě mohou být cukry, mastné kyseliny, azobarviva a další. Mezi organické látky nerozpuštěné ve vodě patří škrob, bakterie, papír nebo plasty. Kvalitativní a kvantitativní stanovení jednotlivých složek nebývá prováděno, protože by bylo velice časově i finančně

náročné. V některých situacích jsou stanovovány skupiny látek mezi sebou příbuzné pomocí jednoho standardu. Jsou využívány metody, které stanovují množství všech organických látek pomocí kyslíku, který byl spotřebován na jejich oxidaci. Mezi dvě základní metody patří chemická spotřeba kyslíku (CHSK), která využívá chemickou oxidaci a biochemická spotřeba kyslíku (BSK), u níž dochází k biochemické oxidaci. Dále se ještě ke skupinovému stanovení obsahu organických látek používá stanovení organického uhlíku (C_{org}). (35, 37, 39, 40)

1.1.2 Anorganické znečištění

Anorganické látky obsažené ve vodách se obvykle zjišťují jako obsah iontů a jejich solí. Při čištění se v dnešní době zaměřujeme především na snižování dusíkatých látek, solí fosforu, sulfidů a těžkých kovů, které jsou ve vodách obsaženy. (35, 37, 39, 40)

2. Čištění odpadních vod

2.1 Čištění odpadních vod

Čistírny odpadních vod v podstatě napodobují samočisticí schopnost vody, která probíhá v přírodě. Voda v potocích a řekách, které nejsou výrazně zasaženy činností člověka, obsahuje rozpuštěné minerální látky a organické zbytky. Organické látky zbytků rostlin a živočichů jsou výživou pro aerobní mikroorganismy, které z nich získají energii, přičemž dochází k uvolnění oxidu uhličitého, dusičnanů a fosforečnanů. Zaniklé aerobní mikroorganismy jsou hromaděny na dně řeky a dochází k tvorbě bahna, ve kterém se nacházejí mikroorganismy anaerobní. Organická hmota je pomocí anaerobních mikroorganismů přetvářena na směs metanu, oxidu uhličitého a dalších plynů (bioplyn). Na dně potoků zůstane pouze minerální zbytek. S rozvojem průmyslu a narůstáním lidské populace přestalo samočištění vody stačit a došlo k rozvoji ČOV. K typickým procesům využívaným při čištění odpadních vod patří: mechanické čištění, chemické čištění, biologické čištění a terciární čištění. (38, 40, 41)

2.2 Mechanické čištění

Mechanické čištění je první fáze celého procesu, při níž dochází ke zbavování hrubých nerozpuštěných částic a látek, které nejsou potřebné v dalších následných čistících procedurách. V mechanickém čištění jsou používány lapáky štěrku, česle a lapáky písku. Hlavní procesy, které bývají při mechanickém čištění využívány, jsou usazování a zahušťování suspenzí. Při hrubém přečištění v lapácích písku a v usazovacích nádržích se využívá usazování.

V usazovacích nádržích zároveň probíhá i zahušťování. K zahušťování dochází proto, aby došlo k vyšší koncentraci kalu. (35, 37-39)

2.2.1 Hrubé přečištění

Při hrubém přečišťování dochází ke zbavování velkých předmětů, které jsou unášeny vodou. Tyto předměty by mohly znepříjemnit nebo dokonce narušit zařízení Čistírny odpadních vod. Pro tyto účely jsou využívány lapáky šterku a česle, které pracují na principu filtrace. Lapáky šterku jsou umístěny před čistírnou na přivaděči odpadních vod a nejvíce se využívají při velkých deštích k odstranění větších předmětů těžších než voda. (35, 37, 38)

Česle jsou tvořeny řadou ocelových prutů v pevném rámu a bývají umístěny v přítokovém žlábků hned za lapákem šterku (obr.3). Česle jsou schopné zachytit větší nečistoty např. větve, obaly nebo nerozpuštěné částice např. zbytky jídla, papíry, cigaretové filtry atd. Podle velikosti zachycených částic je možné rozlišovat hrubé (obr.1) a jemné česle (obr.2).



Obrázek 1: Hrubé česle ČOV Olomouc Nové Sady



Obrázek 2: Jemné česle ČOV Olomouc Nové Sady

Pak následují lapáky písku (obr.4), v nichž je zachycován písek, úlomky skla, škváry apod. V lapáku písku by správně mělo docházet jen k zachycení minerálních látek v suspenzi (velikost zrn 0,1 až 0,2 mm) bez organických příměsí. Jinak by docházelo k rozvrstvení kalu, písek by zůstával na dně vyhnívací nádrže a postupně by se zmenšovat její objem. Podle směru průtoku vody jsou rozlišovány lapáky písku horizontální, vertikální a lapáky s příčnou cirkulací. (37, 39)



Obrázek 3: Lapák šterku ČOV Šternberk



Obrázek 4: Lapák pisku ČOV Šternberk



Obrázek 5: Usazovací nádrž ČOV Šternberk

Usazování částic je uskutečňováno v usazovacích nádržích (obr.5). V závislosti na rychlosti klesání jednotlivých částic je možné rozlišovat prosté usazování, rušené usazování a zahušťování suspenzí.

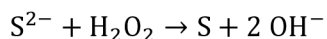
Zahušťovací nádrže jsou používány k odvodňování kalu z usazovacích nádrží před jeho dalším zpracováním. Jejich hlavní využití je zvýšení koncentrace kalu.

Gravitační odlučovač (nádrž) se využívá k odstranění látek, které jsou lehčí než voda. Působením vztlakové síly, dochází k směšování látek na hladině. Tímto způsobem jsou z odpadních vod odstraňovány hlavně tuky a ropné látky. (37, 39)

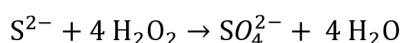
2.3 Chemické čištění

Mezi procesy chemického čištění patří: neutralizace vody, adsorpce, extrakce a oxidačně-redukční reakce látek ve vodě. Neutralizace je využívána k úpravě pH vody, která nesplňuje podmínky k vypouštění do vodních toků. K vzájemné neutralizaci látek jsou používány

usazovací nádrže. Dále mohou být přidávány chemikálie, ke kyselým vodám bývá nejčastěji přidáváno vápenné mléko (suspenze hydroxidu vápenatého a vody). Alkalické vody jsou neutralizovány přidáním kyselých odpadních vod nebo kouřových plynů. Oxidačně-redukční reakce mají velký potenciál k odstranění nežádoucích nebo nebezpečných látek (léčiva, pesticidy a další), ale z finančních důvodů nejsou tak často využívány. Příkladem je odstranění sulfanu z odpadních vod za použití peroxidu vodíku. (35, 37, 38)



Rovnice 2.1



Rovnice 2.2

2.4 Biologické čištění

Při biologickém čištění jsou využívány mikroorganismy, ty mají schopnost rozkládat organické znečištění a dochází k tvorbě biologických vloček. Existují dvě hlavní strategie biologického čištění odpadních vod: anaerobní a aerobní čištění. (38, 41)

2.4.1 Aerobní proces



Obrázek 6: Aktivační nádrž ČOV Šternberk

Aerobní způsob čištění probíhá za přístupu vzduchu v biologickém reaktoru působením mikroorganismů. Dochází k němu v aktivační nádrži (obr.6), do které je dodáván kyslík probubláváním vody plynem z trubek na dně nádrže. (41) V tomto procesu je využíván tzv. aktivovaný kal. Aktivovaný kal je tvořen hlavně mikroorganismy a tzv. vyššími organismy, inertními nerozpuštěnými látkami a nerozložitelnými organickými látkami. (35) Z bakterií se v aktivovaném kalu nejvíce vyskytují rody *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*. aj., Znečišťující látky v odpadní vodě jsou jejich pomocí rozkládány. Z bakterií jsou také obsaženy tzv. nitrifikační bakterie (rody *Nitromonas* a *Nitrobacter*), které se podílejí na odstranění dusíkatých látek z odpadní vody. Kromě bakterií jsou v aktivovaném kalu obsaženy také v menším množství houby, plísňe, kvasinky a vláknité sinice. Dále bývají

v aktivovaném kalu také vyšší organismy: prvoci, vířníci a hlístice. Prvoci slouží jako indikátory k odhadu stavu aktivovaného kalu a využívají bakteriální buňky jako substrát. (37)

Oproti anaerobnímu čištění je to poměrně rychlý proces, kdy jsou zachycovány organické nečistoty do aktivovaného kalu. (41)

Aktivační směs, která je tvořena odpadní vodou zbavenou mechanického znečištění, smíchanou s aktivovaným kalem. Během tohoto procesu je zvyšováno množství kalu, proto je jeho část (přebytečný aktivovaný kal) odváděna do vyhnívacích nádrží a další část je navracena zpět do aktivační nádrže (vratný aktivovaný kal). Dále je očištěná voda vedena do dosazovacích nádrží, kde je odseparována od aktivovaného kalu a odvedena zpět do vodních toků. Zahuštěný kal je pak odstraňován. Organické látky jsou současně za účasti enzymů štěpeny na vodu a oxid uhličitý. (37-41)

2.4.2 Anaerobní proces

Anaerobní čištění probíhá bez přístupu vzduchu zpravidla v uzavřených nádobách za vyšší teploty. V přírodě probíhá na dně rybníků, v močálech. (41)

Jedná se o soubor několika na sebe navazujících procesů (hydrolyza, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze). Složité organické sloučeniny jsou rozkládány na co nejvíce oxidované a redukované formy uhlíku (oxid uhličitý a metan). Během těchto procesů jsou využívány anaerobní mikroorganismy. Při hydrolyze jsou rozkládány makromolekulární organické látky (polysacharidy, proteiny, lipidy) na látky nízkomolekulární rozpustné ve vodě, ty jsou zpracovávány uvnitř buňky bakterie. Během acidogeneze jsou nízkomolekulární látky rozloženy na jednodušší organické látky (kyseliny, alkohol, oxid uhličitý, vodík). V průběhu acetogeneze jsou tyto látky dále oxidovány na kyselinu octovou, oxid, uhličitý a vodík. Během methanogeneze je především z oxidu uhličitého nebo kyseliny octové za účasti methanogenních bakterií produkován metan. (37)

Anaerobní procesy jsou používány v hodně znečištěných odpadních vodách a např. u vyhnívání kalu. K anaerobnímu čištění také dochází v aktivační nádrži při odstraňování dusíku denitrifikací a zbavování se fosforu. Produktem anaerobního čištění je metan a oxid uhličitý (bioplyn), který je dále využíván jako palivo (obr.7). (35, 38)



Obrázek 7: Bioplynová stanice ČOV Olomouc Nové Sady



Obrázek 8: Vyhňivací nádrže ČOV Olomouc Nové Sady

2.4.3 Dusík

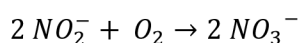
Většina dusíku obsaženého ve vodách má původ z hnojiv zemědělských půd a dešťových srážek. Sloučeniny dusíku jsou ve vodách nežádoucí hned z několika důvodů. Amoniakální dusík má vysokou spotřebu kyslíku na biochemickou oxidaci, vyšší koncentrace dusičnanů ve vodách představuje nebezpečí pro kojence (methemoglobinemie) a přispívá k eutrofizaci vod. V odpadních vodách je anorganický dusík nejčastěji ve formě amoniakální.

Při biologickém odstraňování dusíku jsou využívány procesy nitrifikace a denitrifikace. Nitrifikace probíhá za přítomnosti kyslíku, v první fázi je amoniakální dusík oxidován na dusitany pomocí bakterií rodu *Nitrosomonas*. Ve druhé fázi jsou dusitany oxidovány na dusičnany pomocí bakterií rodu *Nitrobacter*. Dusičnany a dusitany jsou pak denitrifikací bez přítomnosti kyslíku redukovány na plynný dusík, který je uvolňován do ovzduší. Cílem biologického odstraňování sloučenin obsahujících dusík je zoxidovat většinu redukovatého dusíku na dusičnany, a pak snížit koncentraci dusičnanů na přijatelnou hodnotu. (37, 39)

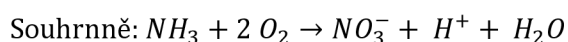
Nitrifikace:



Rovnice 2.3

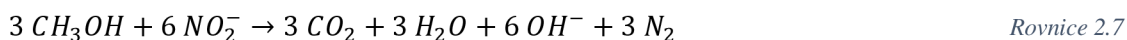
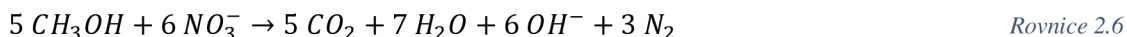


Rovnice 2.4



Rovnice 2.5

Denitrifikace:



2.4.4 Fosfor

Největším zdrojem fosforu v odpadních vodách jsou výkaly a moč, dále se do odpadních vod dostává ze zemědělských hnojiv a některých pracích prostředků. Většina fosforu v odpadních vodách se vyskytuje ve formě orthofosforečnanů, polyfosforečnanů a organicky vázaného fosforu. Při fyzikálně chemickém odstraňování fosforu je využívána tvorba nerozpustných solí (koagulace) fosforečnanů vápenatých, hlinitých a železitých (obr.9, obr.10). Při biologickém odstraňování fosforu je fosfor likvidován částečně, protože je zahrnován do aktivovaného kalu, jsou využívány tzv. poly-P (polyfosfát akumulující) bakterie např. rodu *Acinetobacter*. (39) Mikroorganismy anaerobně využívají energii, která je v polyfosforečnanech vázána, zásobní fosfor je uvolňován do roztoku. V aerobním prostředí pak zase dochází vytváření zásob energie ve formě polyfosforečnanů. Tímto procesem je zvýšen obsah fosforu v aktivovaném kalu ze 2% až na 8 %, tento proces je nazýván zvýšená biologická akumulace. (35, 37)

2.5 Terciární čištění

Terciární čištění cílí hlavně na dočištění vod, které už byly mechanicko-biologicky vyčištěné. Nejčastěji se jedná o technologie, které jsou umístěné až za dosazovacími nádržemi. Tyto metody cílí na dosažení požadavků na kvalitu vypouštěné vody. Používá se při odstranění nerozpuštěných látek (anorganických iontů vápníku, hořčíku, síranů a dalších) a zbytků nutrientů dusíku a fosforu. V terciárním dočišťování jsou také odstraňovány zbytky léčiv a hormonálních látek ve vodách. (35)

Mezi hlavní typy reakcí, které jsou využívány při terciárním čištění řadíme filtrace (membránová filtrace, filtrace přes aktivní uhlí) a koagulaci, neutralizaci, iontovou výměnu a oxidaci. Chemického srážení se využívá např. při odstraňování fosforu z odpadní vody tvorbou nerozpustných solí fosforečnanů vápenatých, hlinitých a železitých (obr.9, obr.10). (35, 37-42)

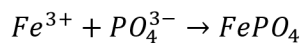


Obrázek 9: Dávkovač síranu ČOV Olomouc Nové Sady

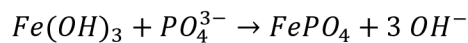


Obrázek 10: Zásobník síranu ČOV Šternberk

Srážení fosforečnanů:



Rovnice 2.8



Rovnice 2.9

2.6 Zpracování kalu

Aktivovaný kal spolu s nově vzniklou biomasou je nutné od vyčištěné odpadní vody oddělit, protože aktivovaný kal musí být navrácen zpět do systému a zároveň by vzniklá



Obrázek 11: Kalové pole

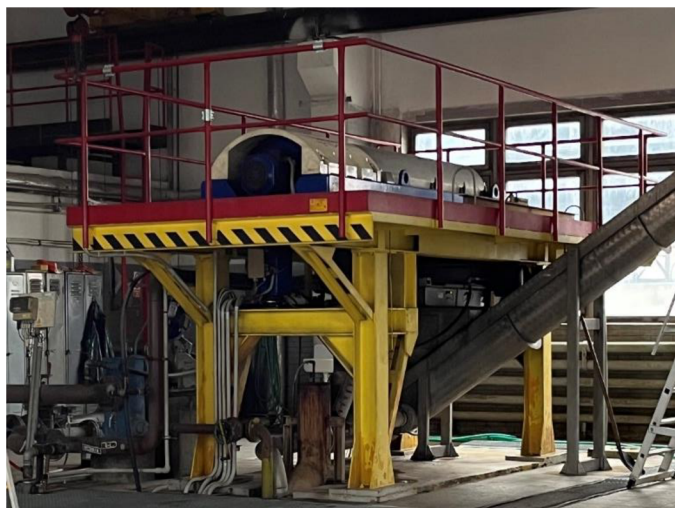
biomasa mohla ztěžovat odtékání vody z čistírny. Kal je zpracováván procesy zahuštění, stabilizace, odvodnění a kompostace. Kal je zahušťován před procesem stabilizace, aby došlo ke zmenšení jeho objemu. K zahušťování dochází v sedimentačních nebo flotačních nádržích. Proces stabilizace kalu je nutný k tomu, aby nebyl tzv. biologicky aktivní. Rozklad kalu je urychlován vyhníváním, oxidací, hydrolyzou, kompostací. K vyhnívání dochází v tzv. vyhnívacích nádržích (obr.8), kde jsou za působení příslušných enzymů rozkládány sacharidy, tuky a bílkoviny až na plynný metan a oxid uhličitý. Směs metanu a oxidu uhličitého se nazývá bioplyn a může být dále v čistírně

oxid uhličitý. Směs metanu a oxidu uhličitého se nazývá bioplyn a může být dále v čistírně

odpadních vod využíván jako zdroj energie. Dále ještě dochází k odvodňování kalu, protože kal obsahuje přes 90% vody a tím je zmenšen jeho objemu. Odvodnění je prováděno např. filtrací na kalolisu (obr.12), vysušením na kalovém poli (obr.11) nebo odstředěním (obr.13). (35, 37-39)



Obrázek 12: Kalolisa ČOV Šternberk



Obrázek 13: Odstředivka ČOV Olomouc Nové Sady

2.7 Návrat vody do vodních toků

Očištěná voda je vedena do dosazovacích nádrží (obr.14), kde dochází k odseparování od kalu. Poté je navracena do povrchových vodních toků (potoky, řeky) (obr.15). Voda navracená do vodních toků musí splňovat podmínky a způsob jejího vypouštění z ČOV musí být schválen místním odborem životního prostředí. (35) Požadavky na množství a jakost vypouštěné vody např. limity maximálního množství vody, biologické a chemické spotřeby kyslíku, množství nerozpuštěných látek, celkové množství dusíku a fosforu ve vodě jsou určovány příslušným odborem životního prostředí. (35, 43)

Podmínky k vypouštění odpadní vody jsou povoleny dle ust. § 8 ods. 1 písm. c) vodního zákona, souladu s ust. nařízením vlády č. 401/2015 Sb, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací. (36)



Obrázek 14: Dosazovací nádrž ČOV Olomouc Nové Sady



Obrázek 15: Návrat vody do vodního toku ČOV Šternberk

3. Exkurze a jejich význam ve výuce

Exkurze jako taková je řazena mezi organizační formu výuky. Např. Jan Průcha (2001) ve svém Pedagogickém slovníku charakterizuje exkurzi jako „*skupinovou návštěvu významného nebo zajímavého místa či zařízení, která má poznávací cíl. Je to jedna z organizačních forem výuky konaných v mimoškolním prostředí a má přímý vztah k obsahu vyučování, ilustruje, doplňuje a rozšiřuje žakovu zkušenost.*“ (44)

Obzvláště v přírodovědných předmětech jako je chemie, mohou být některá témata pro žáky obtížná, těžko představitelná nebo nezajímavá. Exkurze může sloužit ke zvýšení zájmu žáků a jako motivace. Podporuje názornost vyučování a může posloužit také k lepšímu pochopení a zapamatování komplikovaného učiva. Může také žákům ukázat praktické využití a propojit teoretický výklad během vyučování s praktickým životem. Podle G. Petty (2013), která ve své knize Moderní vyučování tvrdí, že „*exkurze jsou jedny z vyučovacích metod, u nichž si žáci zapamatují nejvíce. Jejich dalším významem může být to, že vedou k prohloubení vztahu mezi učitelem a žákem.*“ (32)

Video, ani sebelepší schéma či model nemůže soupeřit s poznáváním všemi smysly, ke kterému na takových exkurzích dochází. Je rozvíjena ukázněnost žáků, spolupráce a přátelské vztahy ve třídě. Dále také mohou být významným ukazatelem při rozhodování o budoucím povolání nebo dalším studiu.

Pokud se organizuje nějaká exkurze, je nutné zaměřit se na její využití ve výuce, dále na finanční a časovou náročnost. (33)

3.1.1 Fáze exkurze:

Aby se exkurze podařila a splnila svůj účel, je nutné pečlivě dodržet její fáze. Hlavními fázemi exkurze jsou: přípravná fáze, realizace exkurze a fáze zhodnocení. (33)

3.1.2 Přípravná fáze:

V přípravné fázi jsou učitelem stanovené cíle a úkoly, které má exkurze splnit. Je důležité, aby byl včas určen podnik, ve kterém se má exkurze konat. Ten musí být v souladu s obsahem vzdělávání a měl by žákovi propojit využitelnost učiva s každodenním životem. Před samotnou exkurzí musí být učitel seznámen s dostupnými materiály, které se tohoto tématu týkají. Žáci mohou být na exkurzi připraveni v rámci samostudia a informovat se samostatně o činnosti podniku. V některých případech může být žákům přichystána přednáška o fungování a principech technologií daného podniku. Nebo jsou pro žáky dopředu připravené nějaké výukové materiály (pracovní listy, úkoly) tak, aby byli při exkurzi bdělí a pozorní. (34)

3.1.3 Fáze organizace a realizace exkurze:

V této fázi jsou určovány důležité formální věci k realizaci exkurze: termín exkurze, doprava, počet lidí, zajištění ochranných pomůcek apod. Je také vhodné, aby se učitel domluvil s průvodcem o odbornosti výkladu a požádal ho o jeho zjednodušení. Učitel by měl znát časovou náročnost exkurze a případně by měla být přizpůsobena možnostem výuky. (33-34)

Je důležité, aby byly dodrženy pokyny nutné pro bezpečnost žáků, a aby bylo dohlíženo na jejich chování. Dále je podstatné, aby exkurze byla pro žáky zajímavá. Samotní žáci by měli být zaujati výkladem. Pokusit se zajistit, aby existovala možnost vyzkoušení si některých technologií (např. v potravinářském podniku ochutnat a vnímat vůni produktů). Žáci také mohou být motivováni kladením zajímavých dotazů. V některých případech jsou pro žáky vytvořeny úkoly nebo pracovní listy s otázkami, na které mají v průběhu exkurze zjistit odpovědi. (33-34)

3.1.4 Fáze zhodnocení exkurze

Tato fáze bývá realizována po skončení samotné exkurze. Může proběhnout krátké zopakování důležitých informací při cestě zpět do školy. Většinou je ale realizována až ve škole, žáci ohodnotí, jak se jim návštěva podniku líbila a zda pro ně byla přínosná. Dojde k zopakování nově získaných informací a k vyhodnocení pracovních listů, dále jsou vysvětlovány správné odpovědi. Takovéto exkurze mohou být pro žáky zajímavé a zároveň splnit svůj účel. Dále také ukazují, jak je chemie důležitá v běžném životě, a proč je nutné se ji učit. (33-34)

4. Rámcový vzdělávací program

Rámcové vzdělávací programy (RVP) jsou dokumenty, které tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů škol všech oborů vzdělání v předškolním, základním, základním uměleckém, jazykovém a středním vzdělávání. Byly zavedeny zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon). Pomocí RVP jsou stanovovány konkrétní cíle, formy, délka a povinný obsah vzdělávání, jeho organizační uspořádání, profesní profil, podmínky průběhu a ukončování vzdělávání, podmínky pro vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami, materiální, personální a organizační podmínky bezpečnosti a ochrany zdraví.

RVP je vydáváno ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy po konzultaci s příslušnými ministerstvy, odborníky a psychology. Musí odpovídat nejaktuálnějším poznatkům z vyučovaných vědních disciplín, pedagogiky a psychologie. (45)

4.1 RVP a jeho modernizace

V rámci aktuálního RVP G (27) se téma Čištění odpadních vod hodí do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. V rámci chemie je možné zařadit do Anorganické chemie učiva vodík a jeho sloučeniny. V biologii je nejvíce vhodné ho zařadit do učiva ekologie. Může patřit do průřezového tématu Enviromentální výchova. Hlavní záměr tohoto průřezového tématu představuje v RVP G kritický pohled na současný stav globálních životodárných systémů z hlediska podmínek udržitelného rozvoje. Klade důraz na pochopení problémů, které z větší části způsobil člověk (např. znečištění životního prostředí, nastupující změna klimatu, atd.). Věnuje se např. tematickému okruhu Člověk a životní prostředí, kde patří, jakým způsobem člověk využívá vodu, jaké jsou nejčastější příčiny jejího znečištění, čím je způsoben nedostatek pitné vody a jaký má dopad na společnost.

V současné době dochází k modernizacím v RVP (28) v rámci dokumentu Strategie 2030+, mezi jehož cíle patří modernizace vzdělávacího systému České republiky, zaměření na utváření kompetencí potřebných pro život, maximální rozvoj potenciálu žáků.

Klade velký důraz na pochopení látky, její využití a vzájemné provázání, a ne pouhé memorování. Učitelé by se neměli dále soustředit hlavně na obsahovou znalost, ale spíše na hlubší porozumění a praktickou aplikaci probírané látky a spolupráci mezi spolužáky. Tato strategie se zaměřuje na nové a inovativní metody výuky školní i mimoškolní, např. na vyučování v přírodě, v parku apod. Formuluje, že propojování problematiky přírodních věd a její uplatňování pro praktické využití vede k rozvíjení kritického myšlení žáků a chápání environmentálních problémů (26).

Tato strategie pokračuje v modernizaci kurikula v digitální oblasti. Došlo k doplnění nové kompetence – tzv. digitální kompetence, což cílí na rozvoj žáků v digitální oblasti. Dále byla zvedena nová vzdělávací oblast Informatika, která nahradila vzdělávací oblast Informatika a informační a komunikační technologie. (28,45)

5. Školní vzdělávací program gymnázia

Školní vzdělávací program (ŠVP) je dokument, který je vytvářen každou školou samostatně. Školní vzdělávací program je tvořen, tak aby byl v souladu s pravidly a povinnostmi, které jsou obsaženy v Rámcových vzdělávacích programech. Vydává ho ředitel školy a musí být volně dostupný např. na webových stránkách školy tak, aby bylo možné do něj volně nahlédnout. (29)

V každém ŠVP je kapitola Učební osnovy, ve které jsou formulovány cíle vzdělávání, vzdělávací obory a časové, organizační a obsahové vymezení. V rámci ŠVP je možné najít, jaká témata se v jakých předmětech probírají a jejich časová dotace. (28)

5.1 ŠVP Gymnázia Šternberk

Gymnázium Šternberk má celkový počet žáků okolo 350 a tím pádem je považováno za střední školu střední velikosti v Olomouckém kraji. (46) Vzdělávací obor Chemie má na této škole celkovou časovou týdenní dotaci 7,66 hodin v osmiletém a čtyřletém všeobecném studijním programu. Ve čtyřletém studijním oboru zaměřeném na živé jazyky má celkovou časovou týdenní dotaci 6,66 hodiny. Zařazení tématu ČOV by se hodilo v prvním ročníku, kdy jsou probírány roztoky, teorie kyselin a zásad, iontový součin vody nebo v rámci způsobů dělení směsí. Ve druhém ročníku dochází v rámci anorganické chemie k probírání vodíku a jeho sloučenin a vody jako jedné z nejvýznamnějších látek. Ve třetím ročníku by se ČOV hodilo v rámci tématu syntetických makromolekulárních látek, kdy je probírána přímo problematika odpadů a např. recyklace.

Předmět biologie je vytvořen s celkovou časovou týdenní dotací 9,66 hodin v osmiletém a čtyřletém všeobecném studijním programu. Ve čtyřletém studijním programu zaměřeném na živé jazyky má celkovou časovou týdenní dotaci 8,66 hodin. V prvním ročníku jsou probírány prokaryotické organismy, bakterie, jejich význam a způsoby využití bakterií člověkem. Dále by toto téma ČOV bylo také vhodné při probírání prvoků. (30)

| Oblast: Člověk a příroda | Předmět: Chemie | | Období: 1.-4.r. (V.-VII.) |
|---|--|--|--|
| Očekávané výstupy RVP-G | Výstupy ŠVP - žák | Učivo | Průřezová témata, vazby |
| | - popíše kinetiku chemického děje - zaměří se na možnosti ovlivnění rychlosti chemické reakce | Rychlost chemických reakcí - rychlost chemické reakce a faktory, které ji ovlivňují - význam katalyzátorů v praxi. | Osobnostní a sociální výchova – – zodpovědnost za své zdraví |
| | - rozliší exotermní a endotermní děj - uvede využití v praxi | Tepelné změny při chemických reakcích - základy termochemie, určení změn energie při chemické reakci, exo- a endo- děje. | Environmentální výchova – lidské aktivity a problematika ŽP |
| - využívá názvosloví anorganické chemie při popisu sloučenin - charakterizuje významné zástupce prvků a jejich sloučeniny, zhodnotí jejich surovinové zdroje, využití v praxi a vliv na ŽP - předvídá průběh typických reakcí anorganických sloučenin - využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v anorganické chemii - předvídá vlastnosti prvků a jejich chování v chemických procesech na základě poznatků o PSP | - charakterizuje jednotlivé podskupiny periodického systému podle umístění v periodické soustavě prvků - zdůvodní typická oxidační čísla prvků podle elektronové konfigurace a elektronegativity - uvede nebezpečné vlastnosti látek, které plynou z R-a S- vět, nebezpečnost látky pro člověka a životní prostředí vůbec - zapíše chemickou rovnici a vysvětlí podle zápisu rovnice chemické vlastnosti významných prvků hlavních i vedlejších podskupin - uvede největší zdroje a výroby významných prvků i jejich sloučenin - zdůvodní podle míry využití v praxi a podle využití v přírodě význam zástupců s- a p-prvků | ANORGANICKÁ CHEMIE Periodická soustava prvků -periodický zákon, jeho užití pro charakteristiky prvků a podskupin. Vodík a jeho sloučeniny - Vodík, zdroje, vlastnosti, využití v praxi (hydrogenace) významné sloučeniny- voda a peroxid vodíku, voda jako základní biogenní sloučenina, významné polární rozpouštědlo, vysvětlení vodíkové vazby u vody, peroxid vodíku - významné oxidační a bělicí činidlo. LP – vodík, příprava, vlastnosti p-prvky a jejich sloučeniny - nekovy: výskyt v přírodě, charakteristika podle postavení v periodickém systému, významné fyzikální a chemické vlastnosti, způsoby laboratorní přípravy a průmyslové výroby. - kyslík jeho výsadní postavení mezi prvky - vzácné plyny -halogeny LP – srážecí reakce -chalkogeny se zaměřením na síru - prvky V.A skup. se zaměřením na dusík a fosfor a jejich neznámější sloučeniny - prvky IV.A skup. se zaměřením na uhlík a křemík LP – oxid uhličitý a jeho vlastnosti - prvky III.A skup. se zaměřením na bor LP – havárie s únikem nebezpečných látek | Osobnostní a sociální výchova – zodpovědnost za čistotu vody Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech – čistota vody a vzduchu jako globální problémy lidstva, dotace EU na projekty ochrany a čištění vod a ovzduší Mediální výchova – sledování a vyhledávání informací, formulace vlastních názorů, kritický přístup k informacím a problematice ŽP |
| 2. (V.) | | | |

Obrázek 16: Ukázka ŠVP Gymnázia Šternberk (30)

5.2 ŠVP Slovanského gymnázia Olomouc

Školní vzdělávací program Slovanského gymnázia pro vyšší gymnázium je vymezen celkovou časovou týdenní dotací 9 vyučovacími hodinami chemie a celkovou časovou týdenní dotací 9 vyučovacími hodinami biologie. Jak můžeme vidět dotace hodin biologie je na obou gymnáziích podobná, žáci na Slovanském gymnáziu Olomouc mají ale asi 2 hodiny chemie

více, což může představovat výhodu např. u přijímacích zkoušek na vysoké školy se zaměřením na přírodní vědy a medicínu. Téma ČOV by se dalo v rámci výuky předmětu chemie zařadit do prvního ročníku při probírání roztoků, kde je probírána voda jako polární rozpouštědlo, druhy směsí apod. Nejvíce by se ale hodilo ve druhém ročníku, kdy je v anorganické chemii probírána voda a jeho významné sloučeniny, mezi které patří voda. Ve vyučovacím předmětu biologie by se tato problematika hodila v prvním ročníku, kdy jsou probírána prokaryota a bakterie. Ve druhém ročníku by mohlo být zařazeno při výuce biologie prvoků a ve čtvrtém ročníku v ekologii. (31)

6.9.2 Osnovy

| I. ročník + kvinta | Učivo: | Školní výstup – žák: | Poznámky |
|--|---|--|--|
| Téma: | | | |
| OBEČNÁ CHEMIE ÚVOD DO STUDIA CHEMIE | Soustavy látek a jejich složení, prvky, sloučeniny. Klasifikace směsí a metody jejich separace. Oxidační číslo, názvosloví anorganických sloučenin, hmotnost atomů a molekul, látkové množství, výpočty z chemických vzorců. | Využívá odbornou terminologii při popisu látek a vysvětlování chemických dějů. Chápe podstatu základních separačních metod. Používá správně názvy anorganických sloučenin. Definuje pojem látkové množství. Provádí základní chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů. | PT–VMEaGS – významní Evropané –věda) |
| SLOŽENÍ A STRUKTURA CHEMICKÝCH LÁTEK | Složení a stavba atomu, atomové jádro, radioaktivita, stavba elektronového obalu, orbitály, kvantová čísla, pravidla pro obsazování atomových orbitalů elektrony, elektronová konfigurace, periodický systém prvků, chemická vazba. | Využívá znalosti o stavbě atomu k rozlišení jaderných reakcí od reorganizací elektronů ve valenčních sférách. Zná základní typy radioaktivního záření. Umí aplikovat všechna pravidla pro obsazování atomových orbitalů elektrony. Předvídá chování a vlastnosti chemických prvků v závislosti na struktuře elektronového obalu a jeho zařazení v periodickém systému. Dokáže popsat vznik a vlastnosti jednotlivých chemických vazeb. Využívá znalosti o částicové struktuře látek a chemických vazbách k předpovězení některých fyzikálně – chemických vlastností látek. | MET. VZT. (Fy – charakteristické vlastnosti záření), INT – Výchova ke zdraví (chování při mimořádné události – únik radioaktivního záření), PT – EV – Člověk a životní prostředí, a životní prostředí (ČR) |
| TVARY MOLEKUL | Odvození základních tvarů molekul. Teorie hybridizace, VSEPR. | Orientuje se v základních geometrických tvarech molekul. Dokáže vysvětlit pojem hybridizace. Na základě poznatků teorie hybridizace dokáže určit prostorové uspořádání vybraných molekul. Chápe teorii | |

Obrázek 17: Ukázka ŠVP Slovanského gymnázia Olomouc (31)

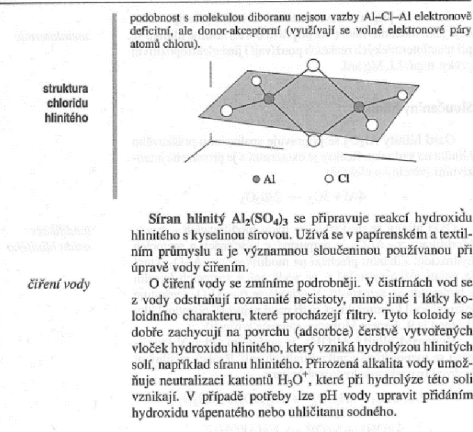
6. Analýza učebnic chemie a biologie

6.1 Učebnice chemie

Tato kapitola je věnována analýze běžně používaných středoškolských učebnic. Z chemie byla vybrána třídílná série Chemie pro čtyřletá gymnázia od autorů A. Mareček a J. Honza. (1-3) V prvním dílu Chemie pro čtyřletá gymnázia (1) je problematika ČOV zmiňována u sloučenin hliníku (obr.18). Na straně 150 u tématu síranu hlinitého je krátký odstavec zaměřený na jeho využití při čiření vody a adsorpci nečistot na vločky hydroxidu hlinitého. Na straně 183 začíná text o vodě. Jsou zde popisovány její vlastnosti, a dále podány informace o tom, že v přírodě se voda nikdy nevyskytuje čistá. Podle původu jsou v ní rozpuštěny různé látky, proto je nutné, aby byla voda s ohledem na její použití čištěna, sterilizována nebo zbavována tvrdosti. Dále je popisován tvar molekuly vody a problematika hydrátů. Více informací o ČOV v této učebnici ani v rámci jiných kapitol není zmiňováno. Ve zbývajících dvou dílech téma ČOV také není zmíněno. (2-3)

Dále byla analyzována dvoudílná série učebnic Přehled středoškolské chemie a Obecná chemie od autora Jiřího Vacíka. (4-5) V učebnici Přehled středoškolské chemie jsou podány mimo jiné i informace o anorganické chemii. V kapitole Anorganická chemie je od strany 166 věnována podkapitola vodíku a jeho sloučeninám např. vodě. Na straně 170 je věnován text vodě, jako první jsou popsány její fyzikální vlastnosti a struktura, poté chemické vlastnosti vody, dále voda jako rozpouštědlo, voda jako prostředí a hydráty. Na straně 174 je odstavec nazvaný Čistota vody a její význam (obr.18). Zde se píše o tom, že voda není nikdy úplně čistá a je nutné, aby byla upravována. Čistá voda se může být získávána destilací nebo pomocí ionexů (měničů iontů). Dále je čtenář informován, o tom, že na kvalitu pitné vody jsou kladeny nejvyšší hygienické požadavky. Voda bývá nejčastěji čištěna působením chloru nebo ozonu. Zmínka je zde dále o přechodné a trvalé tvrdosti vody a o změkčování vody. Dále je popsáno: „Význam vody je pro veškerý život na Zemi zcela zásadní, proto je povinností každého jedince a celé společnosti dbát na čistotu jejích přírodních zdrojů.“ (4) V posledních dvou větách je pak shrnuto, že čištění odpadních vod patří k závažným hospodářským problémům a souvisí s ochranou životního prostředí (obr.18). O složení odpadní vody a o procesech jejího čištění zde nejsou další zmínky. (4)

V učebnici Obecná chemie od autora Jiřího Vacíka nebyly žádné informace o tématice ČOV. (5)



Obrázek 18: Síran hlinitý a čištění vody (Chemie pro čtyřletá gymnázia-1. díl, J. Mareček, A. Honza) (1)

Trvalou tvrdost vody způsobují zejména sírany, které lze odstranit přidáním uhličitanu sodného. Vzniknou nerozpustné uhličitaný – vápenatý, hořečnatý, popř. železnatý. K změkčování vody se používají také ionexy a detergenty (4409).

Význam vody je pro veškerý život na Zemi zcela zásadní, proto je povinností každého jedince a celé společnosti dbát o čistotu jejích přírodních zdrojů. Čištění odpadních vod patří k závažným národohospodářským problémům, které souvisejí s ochranou a tvorbou životního prostředí.

Obrázek 19: Čistota vody a její význam (Přehled středoškolské chemie, J. Vacík et al.) (4)

Na gymnáziích jsou také využívány učebnice Chemie obecná a anorganická od autora Vratislava Šrámka. (6) Ta v sekci Anorganické chemie od strany 82 obsahuje text věnován vodě. Jako první je popisován výskyt a význam vody, struktura molekuly vody a druhy vody. Voda je rozdělena podle tvrdosti na karbonátovou (přechodnou) a nekarbonátovou (trvalou), poté na pitnou vodu a na napájecí vodu. Následuje přehled technik používaných ke změkčování vody. Dále je popsána užitková voda pro jednotlivá průmyslová odvětví, v tomto odstavci jsou podány informace o chladicí vodě a o desinfekci vody, která je prováděna chlorováním, ozonizací nebo UV zářením. Poslední odstavec na straně 85 je věnovaný Čištění odpadních vod. V tomto odstavci je uvedeno, že je nutné udržovat stav čistoty vody tak, aby nedocházelo k jeho zhoršování. Je potřeba, aby bylo prováděno čištění vod, které může být jak technologicky, tak i ekonomicky náročné. Píše, že čištění spočívá v regeneraci městských splaškových vod, v čištění průmyslových vod, v odstraňování škodlivých chemických látek pocházejících z průmyslu, v ekologické ochraně vod před odpady ze zemědělství (obr.20). Žádné další informace např. o technologii čištění a procesech, při něm probíhajících nejsou podány. (6)

Čištění odpadních vod

Je povinností každé vyspělé společnosti spolu s udržováním čistoty ovzduší. Aby se stav čistoty našich toků a nádrží nezhoršoval, je nutno provádět často náročná opatření po stránce technické i ekonomické.

Čištění spočívá

- v regeneraci městských splaškových vod
- v čištění průmyslových vod (papírny, cukrovary)
- v odstraňování chemických škodlivin vzniklých jako odpad v chemickém průmyslu
- v ekologické ochraně vodních zdrojů a ochraně před odpady ze zemědělství

V poslední době dochází na tomto úseku ke zlepšení a jednotlivé státy jsou nuceny dodržováním norem, nařízení a vyhlášek tuto pro lidstvo důležitou látku chránit.

Obrázek 20: Čištění odpadních vod (Chemie obecná a anorganická, V. Šrámek) (6)

Mezi další používané učebnice chemie je řazena sada dvou knih Chemie pro gymnázia I.- Obecná a anorganická od autorů V. Flemra a B. Duška (7) a Chemie pro gymnázia II. - Organická a biochemie od autora Karla Koláře (8).

V Chemii pro gymnázia

I.-Obecná a anorganická od autorů V.

Flemra a B. Duška (7) je vytvořena

kapitola 3.1.1 Vodík, kyslík a jejich

sloučeniny. Od strany 47 je text

věnován vodě. Je popsána struktura

molekuly vody, vodíkové můstky a

jejich význam. Dále je popsána voda

jako polární rozpouštědlo, jsou dány

informace o rozpouštění látek ve vodě

(rozpuštění látky s iontovou

strukturou, s polárními molekulami) a

součinu rozpustnosti. Potom je rozdělena voda na

sladkou, mořskou, pitnou, podzemní, povrchovou a destilovanou. Na straně 99 je v kapitole 4.4

Příklady uplatnění analytických metod text věnovaný analýze vod. Je zde popsáno složení

přírodní vody např. jsou v ní obsaženy rozpuštěné plyny (O_2 , N_2 , CO_2), různé anorganické ionty

(hlavně Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) a malé množství organických látek. Podle použití je voda

rozdělena na pitnou, provozní, užitkovou a odpadní vodu. Do těchto kategorií jsou zařazeny

vody podle jejich chemického složení. Na straně 100 je vytvořen odstavec věnovaný odpadní

vodě. Jsou popsány znečišťující látky (organické a anorganické) a je dále vysvětleno, že je

celkový obsah organických látek ve vodě určován hodnotou chemické spotřeby kyslíku

(CHSK). CHSK je zjišťována ze spotřeby oxidačního činidla při oxidaci organických látek

(obr.21). Dále je zde informace o příkladu oxidačního činidla (dichroman draselný), které je

používáno. Ještě jsou udávány hodnoty CHSK silně znečištěné vody a pitné vody (obr.21). (7)

V druhém díle Chemie pro gymnázia II. - Organická a biochemie od autora Karla Koláře ani

v oddělení biochemie téma vody a jejího čištění není zmíněno. (8)

Z modernějších současných učebnic chemie byla vybrána Chemie pro spolužáky Anorganická

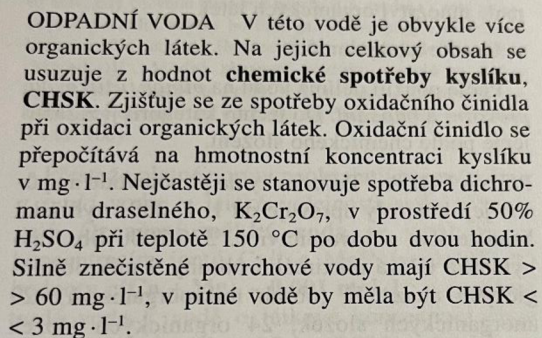
chemie, učebnice (9) od autora Tomáše Halíka a kol., která byla vydána v roce 2019. Tato

učebnice je prodávána společně s pracovním sešitem Chemie pro spolužáky Anorganická

chemie, pracovní sešit (10). Tento pracovní sešit je koncipován tak, že obsahuje různé

zajímavosti k probírané látce, spoustu příkladů i s řešením a laboratorní úlohy. V učebnici

Chemie pro spolužáky Anorganická chemie od autora Tomáše Halíka a kol. je text věnovaný

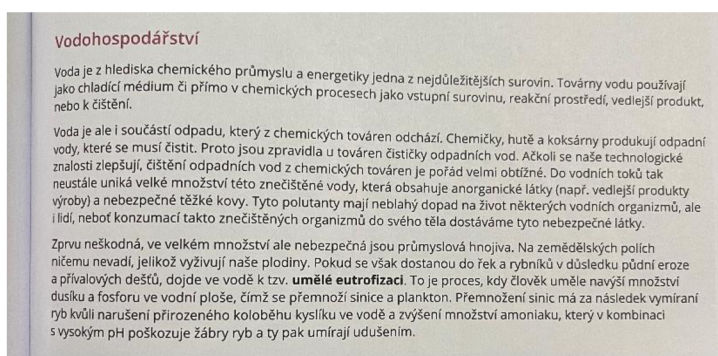


ODPADNÍ VODA V této vodě je obvykle více organických látek. Na jejich celkový obsah se usuzuje z hodnot **chemické spotřeby kyslíku, CHSK**. Zjišťuje se ze spotřeby oxidačního činidla při oxidaci organických látek. Oxidační činidlo se přepočítává na hmotnostní koncentraci kyslíku v $mg \cdot l^{-1}$. Nejčastěji se stanovuje spotřeba dichromanu draselného, $K_2Cr_2O_7$, v prostředí 50% H_2SO_4 při teplotě 150 °C po dobu dvou hodin. Silně znečištěné povrchové vody mají CHSK $> 60 mg \cdot l^{-1}$, v pitné vodě by měla být CHSK $< 3 mg \cdot l^{-1}$.

Obrázek 21: Odpadní voda (Chemie pro gymnázia I. Obecná a anorganická, V. Flemr, B. Dušek)(7)

vodě ve 2. kapitole s-prvky v oddělení Vodík a jeho sloučeniny. Začátek textu o vodě je na straně 24 a jsou zde podány informace o chemických vlastnostech vody (např. o autoprotolýze vody), fyzikálních vlastnostech vody (např. o vodíkových můstcích). Dále je popsána trvalá a přechodná tvrdost vody. Zmíněna je zde i destilovaná nebo demineralizovaná vodě, která se získává na iontoměničích. Dvěma větami je zmíněna úprava pitné vody ozonizací. V kapitole 7 Chemický průmysl a životní prostředí je odstavec věnovaný Vodohospodářství (obr.22). Je zde popsána voda jako důležitá surovina pro chemický průmysl. Samotný proces čištění vody je vysvětlený jen okrajově. Je psáno, že voda je i součástí odpadu, který z chemických podniků odchází a musí se čistit. Do vodních toků je vypouštěna takto znečištěná voda, která může obsahovat anorganické látky (vedlejší produkty výroby) a těžké kovy. Dále jsou podány informace o velkém množství nebezpečných zemědělských hnojiv, která se zemědělskou činností dostávají do rybníků a řek a je vytvářena tzv. umělá eutrofizace. V důsledku navýšení obsahu fosforu a dusíků, tak dochází k situaci, kdy jsou přemnoženy sinice a plankton, což vede k narušení přirozeného koloběhu kyslíku ve vodě a umírání ryb. Proto je nutné klást velký důraz na čištění odpadních vod a ochranu životního prostředí. (9)

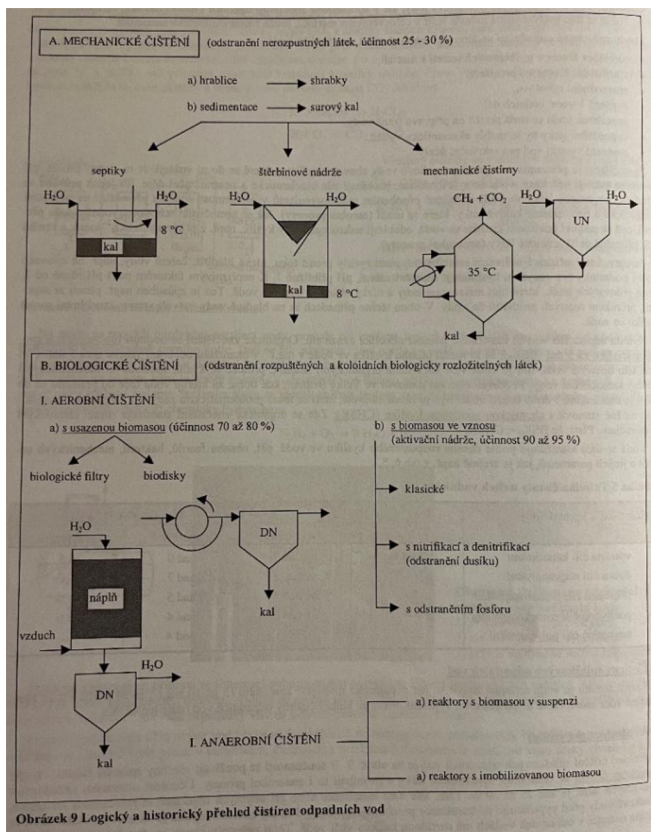
V pracovním sešitu nejsou žádné informace k problematice odpadní vody a jejího čištění. (10)



Obrázek 22: Vodohospodářství (Chemie pro spolužáky Anorganická chemie, učebnice, Tomáš Halík a kol.) (9)

Z učebnic, které jsou používány na odborných středních školách s chemickým zaměřením (např. Střední škola logistiky a chemie, Olomouc), byla vybrána Obecná a anorganická chemie, Studijní text pro SPŠCH od autorky Tatiány Kovalčíkové. (11) V této učebnici je voda probírána v kapitole 11.2, Voda od strany 63. Jako první je psáno o výskytu vody, pak jsou popsány její vlastnosti (tvar molekuly vody, fyzikální a chemické vlastnosti). Dále jsou zde odstavce věnované vodě jako rozpouštědlo, vodě jako reakční prostředí, hydrátům. Poslední odstavec na straně 65 je věnovaný pitné vodě. Je zde psáno, že voda v přírodě není nikdy čistá, ale obsahuje vždy rozpuštěné částice (plyny, pevné látky). Tyto látky mohou způsobovat tvrdost vody. Tvrdost vody je rozdělena na přechodnou a trvalou. Dále je psáno, že pitná voda musí splňovat hygienické požadavky, nesmí překročit hranici obsahu dusičnanů, choroboplodných bakterií atd. Voda musí být na požadovanou kvalitu upravována ve vodárnách. O odpadní vodě zde nejsou podány žádné informace.

Další učebnice chemie, která je také využívána na odborných středních školách s chemickým zaměřením je Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH od autora Přemysla Hranoše. (12) V této učebnici je v kapitole 2.1.1 (obr.23, obr.24) téma vody od strany 17 věnovaný text odpadním vodám (kapitola 2.1.1.4). V této učebnici, v jediné z analyzovaných učebnic, jsou podány detailní informace o procesech a postupu ČOV. Začátek textu je tvořen informacemi o odpadní vodě. Jejím rozdělením na splaškovou a průmyslovou odpadní vodu, dále jsou popsány škody způsobené odpadními vodami, samočisticí schopnost vody a ukazatele organického znečištění vody biochemickou spotřebu kyslíku (BSK) a chemickou spotřebu kyslíku (CHSK). Dále je text věnovaný přímo čistírnám odpadních vod. Jako první je vysvětleno mechanické čištění. Tím jsou odstraňovány nerozpustné látky a probíhají tu anaerobní procesy. Pak je probíráno biologické čištění, jeho princip je vysvětlen jako přeměna nežádoucích látek rozpuštěných či koloidních organických látek na neškodné anorganické látky a na nerozpustný aktivovaný kal. Je zde popsán i aktivovaný kal. Biologické čištění je v tomto textu rozděleno na aerobní a anaerobní. U aerobního biologického jsou popisovány např. biologické filtry, domácí čistírny odpadních vod s biodisky a aktivační nádrže, které jsou v ČOV nejvíce využívány. Dále jsou zde informace o usazovacích nádržích. Jsou zde i informace o nitrifikaci i s chemickou rovnicí. Další informace jsou věnovány anaerobnímu biologickému čištění, jde zde i rozděleno na hydrolýzu, acidogenezi, acetogenezi a methanogenezi. Jsou popsány reaktory na anaerobní čištění vod doplněné schémata. Poslední část textu je věnovaná bioplynu, jeho odsíření a odstraňování CO₂ a využití bioplynu. Celý text je vytvořen na celkem 6 stran a je doplněn o velké množství fotografií z ČOV a o nákresy nebo schémata (obr. 23, obr.24).



Obrázek 23: Schéma ČOV

(Anorganická technologie, P. Hranoš)(12)

B) Biologické čištění

ČOV pracující na principu mechanického čištění se používají buď pro málo znečištěné odpadní vody, nebo je toto čištění jen první fází, za kterou následuje druhá fáze – biologické čištění. Principem tohoto čištění je přeměna nežádoucích rozpustných či koloidních organických látek na neškodné anorganické látky a na nerozpustný aktivovaný kal, který se odstraňuje sedimentací. Aktivovaný kal obsahuje různé druhy bakterií, které se zřetelněji biologického čištění, a proto se nazývá biomasou. Příklad jednoho druhu bakterií *Vorricella* zvonečkového tvaru je zobrazen na mikroskopickém snímku aktivovaného kalu (obr. 10 – šipky). Biomasa ulpí buď na keramické či kokosové náplni (biologické filtry) či rotujících dířkách z plastů, nebo se používá ve vznosu. Známé biologické čištění aerobní, tj. za přístupu vzduchu, a anaerobní, tj. za nepřístupu vzduchu.

Aerobní biologické čištění

Při aerobním biologickém čištění se pracuje buď s usazenou biomasou jako je tomu u biologických filtrů a u čištění s biodiskami, nebo se biomasa vznáší v aktivčních nádržích.

a) Biologický filtr je válcová nádrž (obr. 11). Na roštu je uložena kokosová náplň, po které stéká voda. Pod roštem se přivádí vzduch jako zdroj kyslíku. Biomasa ulpí na náplni a probíhají na ní aerobní biochemické procesy. Nabytá a stržená biomasa se oddělí v usazovací nádrži. Biologické filtry se obvykle kombinují se šterbinovou nádrží, např. ČOV v Havířově.

b) Ulpělá biomasa se používá i v domácích čistírnách odpadních vod s biodiskami, jejichž princip je zřejmý z obr. 12, kde v horní části je schéma zařízení a na spodní části je toto zařízení ve skutečnosti. Disky z polypropylenu, které jsou částečně ponořeny do odpadní vody, se pomalu otáčejí. Kal se na nich zachytí a sytí se kyslíkem ze vzduchu. Celé zařízení se skládá z předčištění, biozóny s biou, celé zařízení je usazovací nádrže. Organické látky se po kontejnroem a usazovací nádrže. Organické látky se po kontejnroem a usazovací nádrže. Organické látky se po kontejnroem a usazovací nádrže.

c) Nejčastěji používanou ČOV je čistírna s aktivční nádrží. Aktivční nádrž je z betonu. Protéká zde znečištěná voda spolu s aktivovaným kalem, který obsahuje aerobní bakterie. Aby mohly probíhat aerobní děje, přivádí se zde vzduch. Aby mohly probíhat aerobní děje, přivádí se zde vzduch. Aby mohly probíhat aerobní děje, přivádí se zde vzduch.

Obrázek 10 Mikroskopický snímek aktivovaného kalu

Obrázek 11 Biologické filtry s náplní ve skutečnosti

Obrázek 12 Domovní čistírna odpadních vod s biodiskami: nahore schéma, dole zařízení ve skutečnosti. A) sedimentace, B) aktivace, C) usazovák, D) biodisky, a) klapka ovládaná plovákem

Obrázek 24: Biologické čištění

(Anorganická technologie, P. Hranoš)(12)

6.1.1 Zahraniční literatura

Velká Británie

Ze zahraniční literatury byly analyzovány tři anglické středoškolské učebnice chemie z edice Chemistry in Context. Jednalo se o dvě učebnice a jedny návody pro práci v laboratořích. Tyto učebnice jsou koncipovány odlišně, v porovnání s českými. Například v nich není vytvořena samostatná kapitola věnovaná vodě. Informace o vodě jsou možné najít v kontextu většího množství jiných kapitol a více je tak učivo propojováno.

V knize Chemistry in Context, 6th edition od autorů Graham Hill a John Holman (13) jsou vytvořeny informace o struktuře molekuly vody na straně 47 v kapitole The shapes of simple molecules. Vodíkové můstky pak na straně 54-55 v kapitole Intermolecular forces. Na straně 356 jsou podány informace o disociaci vody, součinu rozpustnosti apod. V této učebnici je na straně 199-200 v kapitole Uses of the halogens and their compounds text věnovaný čištění vody (water purification), ale hlavně čištění pitné vody pomocí chloru (chlorine in water purification) (obr.25). Na straně 215-216 v kapitole Problems with the over-use of fertilisers je

zmíněna eutrofizace vod (obr.26), která je způsobována při velkém používání hnojiv bohatých na obsah dusíku a fosforu. Tyto anorganické látky narušují ekosystémy a poškozují organismy a mění pH zeminy. Nadměrné použití anorganických hnojiv také způsobuje problémy v řekách a jezerech. Ve vodách tak dochází k nadměrnému růstu bakterií, řas a vodních rostlin, díky čemuž může být narušen koloběh kyslíku ve vodě a může docházet k umírání vodních živočichů. Je psáno, že tomuto problému se zatím nelze zcela vyvarovat, protože se v dnešní době nelze obejít bez anorganických hnojiv, protože je potřeba nakrmit rostoucí světovou populaci. Bohužel zde nejsou přímo zmíněny technologie čištění odpadních vod. Dále jsou zde informace o ochraně životního prostředí, o změnách klimatu (strana 264) a o skleníkovém efektu, ale o ochraně vody a nedostatku vody zde informace nejsou podány.

Dále byla analyzována starší učebnice *Chemistry in Context*, third edition od autorů Graham Hill a John Holman (14). V této knize není odpadní voda ani čištění vody nijak zmíněno. Není zde informováno ani o čištění vody pomocí chloru jako v *Chemistry in Context*, 6th edition. Nejsou zde ani informace o ochraně životního prostředí, pouze o znečištění vzduchu výfukovými plyny (strana 465). Na straně 234 jsou popsány procesy změkčováním vody v kapitole *Complex ions of industrial importance*.

Knihy *Chemistry in Context, Laboratory Manual and Study Guide*, second edition od autorů Graham Hill a John Holman (15) je rozdělena do tří částí. První část je věnována laboratorním úlohám (*Laboratory Investigation*), druhá část porozumění textu a doplňujícím otázkám k němu (*Comprehension Questions*) a třetí testovým otázkám z kapitol probíraných v učebnici (*Objective Questions*). Ve druhé sekci jsou vytvořeny zajímavé články např. těžká voda (*Heavy water*) nebo skleníkový efekt (*Carbon dioxide nad the „greenhouse effect“*). O odpadní vodě zde ale zmíněna není.

Chlorine in water purification

Since the nineteenth century, the treatment of water supplies with chlorine has helped to radically reduce diseases such as typhoid and cholera. Chlorine disinfects water by reacting with it to form chloric(1) acid, HOCl (hypochlorous acid).

$$\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HOCl}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq})$$

Chloric(1) acid is a strong oxidising agent and a weak acid. It works as a disinfectant because the HOCl molecule can pass through the cell walls of bacteria, unlike OCl^- ions. When HOCl molecules get inside a bacterial cell, they oxidise molecules involved in the cell's metabolism and structure, killing the organism.

Obrázek 25: Water purification

(*Chemistry in Context*, 6th edition- G.Hill, J. Holman)(13)

Inorganic fertilisers disrupt an ecosystem because they can harm insects and decomposers, change the soil pH and interfere with healthy plant growth.

The over-use of inorganic fertilisers has also caused problems in rivers and lakes. Inorganic fertilisers, particularly ammonium salts and nitrates all of which are soluble, dissolve in rainwater and get washed into streams and rivers. This abnormal enrichment of waterways with mineral nutrients is called **eutrophication**. Once in the waterways, the fertilisers encourage excessive growth of bacteria, algae and water plants. These organisms deplete oxygen dissolved in the water and eventually all the oxygen is used up. Without oxygen, the bacteria, algae, plants and fish die and decay and the waterway becomes a stinking sewer.

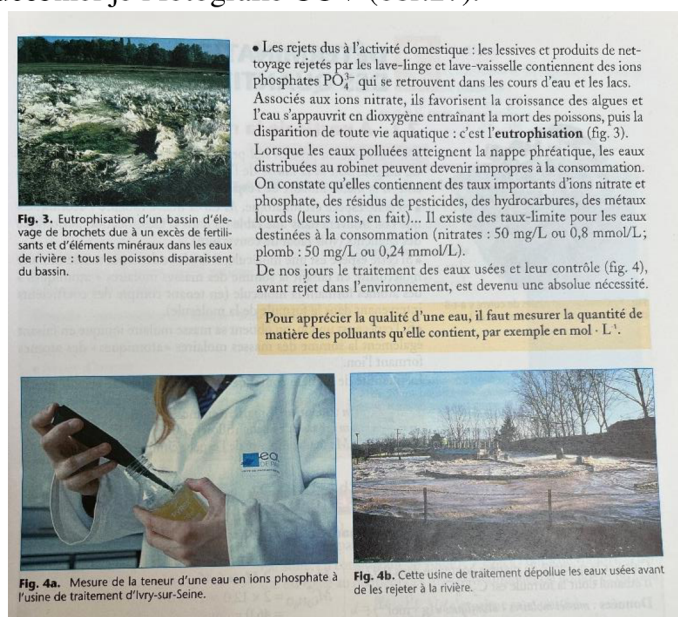
Despite these problems, we cannot manage at present without inorganic fertilisers - we could not grow enough crops to feed the ever increasing world population.

Obrázek 26: Eutrophication

(*Chemistry in Context*, 6th edition- G.Hill, J. Holman)(13)

Francie

Dále byly analyzovány 2 francouzské učebnice z edice Chimie 1^{re}S. V novější učebnici Chimie 1^{re}S od Adolphe Tomasino a kol. (16) z roku 2001 je na straně 13 v 1. kapitole *Pourquoi mesurer des quantités de matière?* (Proč měřit množství hmoty?) v podkapitole 1.3. *Pour connaître les <<produits >> présents dans les eaux* (o látkách obsažených ve vodě) text věnovaný odpadní vodě. Je zde psáno, že voda v řekách a jezerech je znečištěná. Používáním nadměrného množství hnojiv jsou do půdy vyplavovány chemické látky (hlavně dusičnany), které se rozpouštějí a dostávají tak do vodních toků. Vodní toky jsou také znečišťovány v důsledku průmyslového zemědělství (trus prasat, drůbeže, apod.). Do vodních toků jsou také vypouštěny fosforečnanové ionty v důsledku domácí činnosti (jsou obsaženy v pracích a čistících prostředcích). Ve vodách takto obohacených o dusíkaté a fosforečné látky je vytvářena eutrofizace. Dochází k nadměrnému růstu řas a voda je tak ochuzována o kyslík, což vede k úhynu ryb a k zániku veškerého vodního života. Díky nadměrnému znečištění se pak může voda distribuovaná z vodovodního kohoutku stát nevhodnou ke spotřebě. Pro pitnou vodu jsou limitní sazby látek, které může obsahovat. Proto je čištění odpadních vod a jejich kontrola před vypuštěním zpět do přírodních vodních toků v dnešní době naprostou nutností. V této učebnici je i fotografie ČOV (obr.27).



Obrázek 27: Eutrofizace vod a ČOV

(Chimie 1^{re}S-A. Tomasino a kol.) (16)

Ve starší učebnici Chimie 1^{re}S od autorů Adolphe Tomasino a kol. (17) z roku 1994 nebyly vytvořeny žádné informace o znečištění vody, odpadní vodě a procesu jejího čištění nevěnují. Je zde pouze kapitola o znečištění vzduchu (Pollution atmosphérique par les oxydes de soufre et d'azote) na straně 155.

6.2 Učebnice biologie

Z biologie byla vybrána sada učebnic pro gymnázia od vydavatelství Fortuna. V učebnici Obecná biologie pro gymnázia od Václava Kubišty (18) není ČOV zmíněna, ačkoliv jsou v učebnici obsaženy kapitoly o prokaryotních organismech (např. o bakteriích a jejich využití). V biologii rostlin pro gymnázia od autorů L. Kincl, et al. (19) také nejsou podány o ČOV žádné informace. V učebnici Biologie buněk od Radky Závodské (20) není ČOV zmíněno.

V Ekologii pro gymnázia od autorů J. Šlégr, et al. (21) je ČOV zmíněno v tematickém celku Člověk a prostředí. Jsou zde probírány současné problémy životního prostředí a dále možné jejich řešení. Na straně 94 je text věnovaný vodě a jejím hlavním znečišťujícím faktorům (kapitola 3.3.2.1.). Jako první je zde psáno o biologickém znečištění, které je způsobeno zejména silážními šťávami, močůvkou, fekáliemi a hnijící organickou hmotou.

Dále je probráno chemické znečištění, to je popsáno jako znečištění chemickými látkami pronikajícími do vod z průmyslu. Text je rozdělený na odstavce o jednotlivých nejnebezpečnějších znečišťujících látkách. Jsou zde informace např. o ropě, detergentech, PCB-polychlorovaných bifenylech, hnojivech a pesticidech. V odstavci věnujícím se hnojivům a pesticidům na straně 96 je psáno o nebezpečnosti dusičnanů a fosforečnanů. Je zmíněno, že nadbytek fosforečnanů ve vodě způsobuje její eutrofizaci, při které dochází k tvorbě tzv. vodního květu a úhynu zooplanktonu a ryb. Dále jsou podány informace o tom, že vysoká koncentrace dusičnanů ve vodách může způsobit onemocnění kojeneckou methemoglobinemii. Je informováno o vzniku nitrosaminů, které způsobují rakovinu trávicího ústrojí. Mezi další znečišťující látky zde patří těžké kovy (hlavně olovo a rtuť) a fenoly. (21)

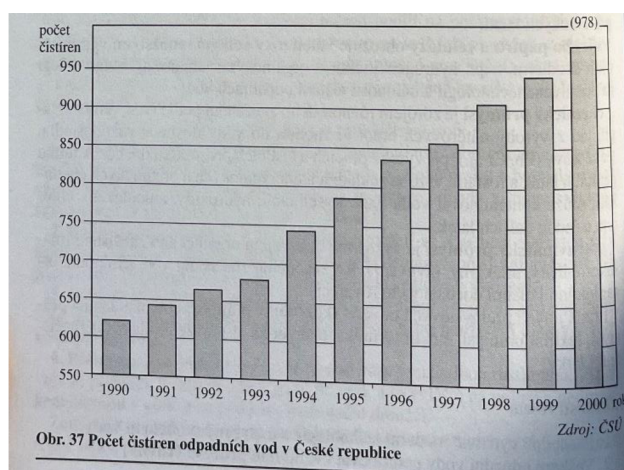
Poté je probráno fyzikální znečištění, v této podkapitole se zabývají radioaktivním zářením a tepelným zářením, které může způsobovat znečištění vod hlavně z jaderných a tepelných elektráren. Čtyřmi řádky je popsáno mechanické znečištění, které není toxické, ale způsobuje zanášení vodních toků a ucpávání potrubí v úpravnách vod. (21)

V kapitola 3.3.2.2. Zdroje znečištění vody a možnost řešení na straně 98 jsou podávány informace o třech hlavních zdrojích znečištění: zemědělství, průmysl a lidská sídla. V odstavci věnovanému zemědělství, je psáno o největším znečištění vody vlivem velkochovů hospodářských zvířat, úniků silážních šťáv, nesprávné aplikace hnojiv a přehnojování půdy. Jako možnost řešení je autorem navrženo uvážené dávkování hnojiva, zamezení průniku zbytků pesticidů do spodních a povrchových vod. (21)

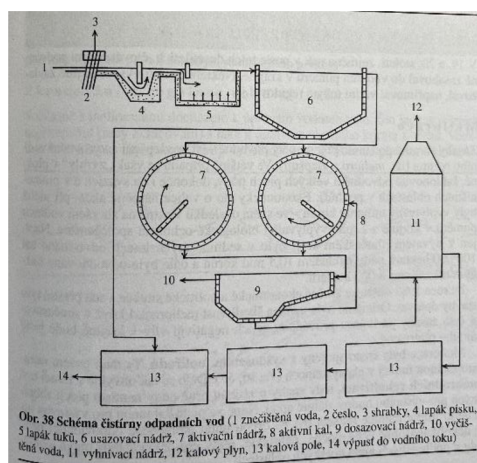
V odstavci věnovanému průmyslu jsou popisována ta odvětví, která potřebují velké objemy technologické vody. Mezi ně patří těžba a zpracování ropy, výroba kovů, strojírenství,

výroba papíru a celulózy, chemický a potravinářský průmysl. Možností řešení je využívat technologie s uzavřeným oběhem vody a odpadní vody kvalitně čistit. (21)

Odstavec Lidská sídla píše o vlivu zvyšující se populace na zhoršující se čistotu vody. Jako možnost řešení tohoto problému je navrženo vybudování dostačující sítě ČOV a omezení vypouštění nebezpečných látek do odpadů. Dále jsou podány informace o Čistírnách odpadních vod. Tímto způsobem jsou v odrážkách vysvětleny stupně čištění v klasické městské čistírně: zachycení velkých předmětů, lapák písku a lapák tuků, usazovací nádrž, biologické čištění v aktivační nádrži pomocí mikroorganismů za intenzivního provzdušňování, usazování vzniklého aktivovaného kalu, chemické odstraňování dusičnanů a fosforečnanů, vyhnívání kalu za vzniku bioplynu. V učebnici byl i vytvořen graf, ve kterém je možné vidět zvyšující se počet ČOV v letech 1990-2000 (strana 100, obr.28). Dále jsou zde ještě schéma čistírny odpadních vod (strana 101, obr.29). (21)

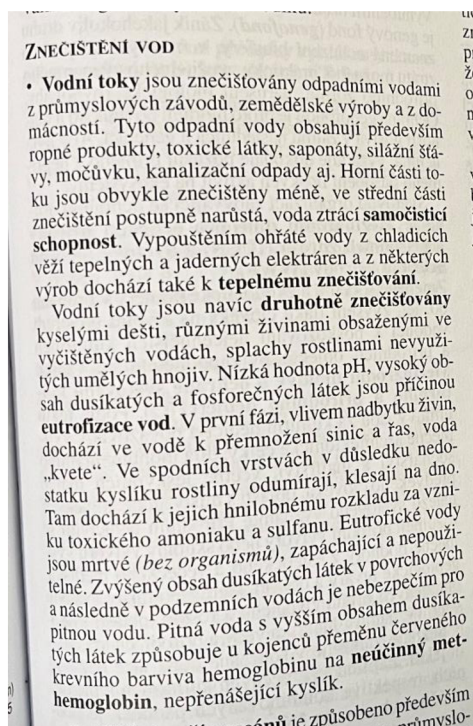


Obrázek 28: Počet čistíren odpadních vod (Ekologie pro gymnázia, J. Šlégr et al.) (21)



Obrázek 29: Schéma čistírny odpadních vod (Ekologie pro gymnázia, J. Šlégr et al.) (21)

Dále byla analyzována učebnice Biologie pro gymnázia od autorů J. Jelínka a V. Zicháčka (22), která obsahuje celkové gymnaziální učivo. V této učebnici byla vytvořena kapitola Problémy ekologické, v níž se autoři zabývají problémy znečištění ovzduší, znečištění vod, ohrožení půdy a lesů a hromadění odpadů. Na straně 363 je probírána problematika znečištění vod (obr.30), jeden odstavec je věnovaný znečištění vodních toků. Je zde napsáno, že vodní toky jsou znečišťovány odpadními vodami z průmyslových podniků a zemědělské výroby, zmiňují ztrátu samočisticí schopnosti vody. Dále jsou zde obsaženy informace o eutrofizaci vody a nebezpečí výskytu dusíkatých látek ve vodě a o onemocnění kojenecké methemoglobinemie. Oproti učebnici Ekologie pro gymnázia od autorů J. Šlégra et al. zde přímo o ČOV nejsou podány žádné informace.



Obrázek 30: Znečištění vod

(*Biologie pro gymnázia, J. Jelínek a V. Zicháček*) (22)

Dále byl analyzován Přehled biologie od autora Stanislava Rosypala a kol. (23), tato kniha postihuje celé gymnaziální učivo biologie. V rámci části VI. Živé soustavy ve vztahu k prostředí je v kapitole Vliv člověka na životní prostředí na straně 557-558 text věnovaný znečištěním půdy a vody. Jsou zde podány informace o tom, že je kvalita vody zhoršována odpadními látkami ze vzduchu, půdy atd. Dále je vysvětleno, že odpadní vody odvádějí rozpustné i nerozpustné látky (toxické látky, oleje, kaly a těžké kovy). Dále je zde psáno o znečištění půdy a následně i vodních toků používáním hnojiv bohatých na obsah dusičnanů. Díky vypouštění odpadních látek z průmyslu, zemědělství, kalů z ČOV apod. je zvyšován obsah těžkých kovů a karcinogenních látek v půdě.

Analyzována byla také dvoudílná sada učebnic Biologie v kostce I. pro střední školy a Biologie v kostce II. pro střední školy od autorek H. Hančové a M. Vlkové (24, 25). V učebnici Biologie v kostce I. pro střední školy od autorek H. Hančové a M. Vlkové (24) je v rámci Ekologie v kapitole Ochrana a tvorba životního prostředí na straně 97 vysvětlena problematika znečištění vody (obr.31). V tomto odstavci je psáno, že dochází zvyšování spotřeby pitné a užitkové vody a v přírodě ubývají vodní toky. Vyrůstá znečištění vody lokální (přímým vypouštěním odpadních vod) i plošně. Dále znečištění je rozděleno na biologické, chemické a fyzikální. Do biologického znečištění vod je řazena močůvka, silážní šťávy atd. Chemické znečištění vod je nejvíce rozepsané, jsou zde popsány znečišťující látky např. ropné produkty, fenoly, hnojiva, těžké kovy, detergenty apod. Fyzikální znečištění vod je rozděleno na radioaktivní znečištění, tepelné znečištění a mechanické znečištění. Je zde také zmíněna samočišticí schopnost vody, která funguje pouze do určitého množství odpadních látek. Pro tento problém (znečištění vod) je zde také nabízeno řešení, a to budování kvalitních ČOV, snížení spotřeby pitné a užitkové vody, zabránění úniku škodlivých látek do vodních toků. Ve druhém díle Biologie v kostce II. pro střední školy od autorek H. Hančové a M. Vlkové (25) už téma odpadní vody a jejího čištění není probráno.

Problematika znečištění vody

Stoupá spotřeba pitné a užitkové vody. V přírodě ubývají vodní zdroje – úbytek povrchové a podzemní vody v důsledku regulací vodních toků, meliorací a snížením vsakování. Vzrůstá znečištění vody lokální (přímé vypouštění odpadních vod) i plošné (splachy a průsak).

1. BIOLOGICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ: silážní šťávy, močůvka, kejda, odpady potravinářského průmyslu (škrobárny, cukrovary).
2. CHEMICKÉ ZNEČIŠTĚNÍ:
 - a) **ropa a ropné produkty** – havárie ropných tankerů, ropovodů, vrtných plošin, úniky topných a mazacích olejů.
 - b) **fenoly** – součást odpadních vod při zpracování fosilních paliv. Toxické, karcinogenní.
 - c) **polychlorované bifenoly (PCB)** – uvolňují se z nátěrových hmot, mazadel, hydraulických kapalin ... Hromadí se v tukové tkáni organismů a vážně poškozují zdraví.
 - d) **detergenty** – obsahují tenzidy a fosforečnany. Na hladině vzniká pěna ⇒ nedostatek O₂, působí toxicky, odmašťují.
 - e) **hnojiva** – nebezpečné zejména dusičnany, do vody se dostávají splachem z půdy.
 - f) **pesticidy** – splach z půdy
 - g) **těžké kovy** – ze skládek odpadů (suché články), z odpadních průmyslových vod a imisí
3. FYZIKÁLNÍ ZNEČIŠTĚNÍ:
 - a) **radioaktivní znečištění**
 - b) **tepelné znečištění** – vypouštění chladících vod
 - c) **mechanické** – kaly z průmyslu, odplavená půda

Voda má do určité míry **schopnost samočištění**. Znečišťující látky musí být rozložitelné biologickou cestou a nesmí jich být nadměrné množství (nedostatek kyslíku).

PERSPEKTIVY ŘEŠENÍ: budování čistíren odpadních vod, snížení spotřeby pitné a užitkové vody, uvážlivé provádění zásahů do vodních poměrů v krajině, zabránit průsakům nežádoucích látek do spodních vod.

97

Obrázek 31: Problematika znečištění vody (Biologie v kostce I. pro střední školy- H.Hančová, M.Vlková) (24)

PRAKTICKÁ ČÁST

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, klíčovým prvkem úspěšné exkurze je pečlivé plánování a organizace. Je nezbytné zajistit vhodný termín a místo pro exkurzi, dopravu pro žáky, bezpečnostní opatření a případné potřebné povolení. Je vhodné žáky před exkurzí připravit, zajistit kvalifikovaného průvodce, který bude mít dostatečné znalosti a schopnosti vést exkurzi a odpovídat na otázky žáků. Navíc je vhodné po exkurzi provést ověření získaných znalostí a získat zpětnou vazbu od žáků, abychom mohli zlepšit případné budoucí exkurze, a ještě lépe přizpůsobit obsah a formu výuky.

Cílem praktické části je tedy připravit ucelený podpůrný materiál pro exkurzi do ČOV, který bude sestaven ze základních informací o exkurzi, dále z pracovních listů, které mohou žáci vyplňovat během a po exkurzi, s návody k doporučeným experimentům, které by mohli pomoci při pochopení některých dějů v ČOV. Vytvořeny jsou také didaktické hry pro upevnění získaných znalostí (Příloha č.1- Cesta vody).

7. Teoretické podklady pro exkurzi

Pro úspěšné zvládnutí exkurze je nezbytná důkladná teoretická příprava. Žák by měl mít pevné základní povědomí o vodě a procesech dělení látek, které se využívají při čištění odpadních vod. To zahrnuje porozumění chemickým procesům, biologickým reakcím a technologickým metodám používaným v čistírnách odpadních vod. Důkladná teoretická příprava před exkurzí umožní žákům lépe porozumět principům čištění odpadních vod, což jim umožní lépe využít zkušenosti a informace získané během návštěvy čistírny.

V rámci praktické části byl připraven podpůrný dokument s názvem **Cesta vody** (Příloha č.1). V úvodní části připravených teoretických podkladů je poskytnut stručný úvod do problematiky čištění odpadních vod, včetně vysvětlení důležitosti tohoto procesu pro ochranu životního prostředí. Následně je popsán celkový proces čištění odpadních vod, který je rozdělen do jednotlivých kroků.

Každý krok procesu je detailně popsán a vysvětlen tak, aby žáci mohli snadno porozumět jednotlivým fázím. Pro lepší pochopení jsou tyto kroky rozděleny na zjednodušenou a podrobnější verzi, aby bylo možné postupovat od obecných základů ke specifitějším detailům postupně a v souladu s úrovní znalostí žáků. Tímto kombinovaným přístupem k poskytování teoretických podkladů je zajištěno, že žáci budou mít co nejlepší možnost porozumět procesům čištění odpadních vod a plně využít potenciál exkurze k praktickému zdokonalení svých znalostí a dovedností v dané oblasti. (Příloha č.1 – str. 4-12)

Na konci teoretické části materiálů jsou uvedeny zajímavé otázky a úkoly, které žáci mohou řešit. Tyto otázky a úkoly slouží k procvičení a prohloubení jejich porozumění tématu čištění odpadních vod a poskytují jim možnost aplikovat své znalosti do praktických situací (Příloha č.1 – str.12-13).

8. Informace o exkurzi

Pro hlubší pochopení procesu čištění odpadních vod a také získání reálné představy o průběhu možné exkurze jsem se v rámci své bakalářské práce zúčastnila dvanácti exkurzí do ČOV, konkrétně:

- 4x ČOV Šternberk, parc. č.:514/1, k.ú. Lhota u Šternberka
- 3x ČOV Olomouc Nové Sady, parc. č.:276/35, k.ú. Nové Sady u Olomouce
- 1x ČOV Štěpánov, parc.č.: 686/144, k.ú. Štěpánov u Olomouce
- 1x ČOV Litovel, parc.č.:st.2007, k.ú. Litovel
- 1x ČOV Uničov, parc.č.2144/2, k.ú. Uničov
- 1x Kořenovou čistírnu odpadních vod Hnojice, parc.č.:598/11, k.ú. Hnojice
- 1x ČOV Moravský Beroun, parc.č.:1385/12, k.ú. Moravský Beroun

Na základě těchto zkušeností, byly připraveny dokumenty s názvem Informace o exkurzi (Příloha č.1 – str.14). Tato tabulka obsahuje informace o časové náročnosti, zpoplatnění, vhodném zařazení s ohledem na RVP, cílech exkurze a kompetencích, které žák absolvováním exkurze rozvíjí. Jsou zde také uvedena doporučení pro učitele pro pořádání exkurze (obr. č.32 – Informace o exkurzi).

ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

Časová náročnost:

1 až 2 hodiny (záleží na domluvě)

Cena exkurze:

není zpoplatněna

Zařazení s ohledem na RVP G:

Anorganická chemie-Vodík a jeho sloučeniny, Obecná biologie, Biologie bakterií- Stavba a funkce bakterií, Ekologie

Kontakt ČOV Nové sady Olomouc:

- Případně kontaktujte místní ČOV.

Ing. Tomáš Fiala

Tel.: +420 585 412 031-2, Mob.: +420 725 797 677

E-mail: fiala@smv.cz

Ing. Jitka Pospíšilová

Tel.: +420 585 412 031-2, Mob.: +420 720 041 496

E-mail: jitka.pospisilova@smv.cz

Cíl exkurze:

Během exkurze do čistírny odpadních vod se žák seznámí s konkrétními technologiemi a procesy využívanými k čištění odpadních vod. Žák se seznámí s principy sedimentace, filtrace a dalšími metodami, které jsou používány k odstraňování nečistot z vody. Bude mít možnost vidět tyto procesy naživo a porovnat je s teoretickými znalostmi získanými ve škole. Žák si uvědomí důležitost ochrany životního prostředí. Seznámí se s legislativou a opatřeními, která jsou v místě provozu čistírny uplatňována k ochraně životního prostředí a zabezpečení čisté vody pro obyvatele.

Kompetence:

Kompetence k učení: Žák si osvojuje nové vědomosti, učí se novým pojmům. Kompetence sociální a personální: Žák je ve skupině spolužáků, podílí se na tvorbě příjemné třídní atmosféry, zlepšují se vztahy mezi spolužáky, učí se spolupráci. Kompetence k řešení problémů: Žák se učí porozumět danému problému- technologii Čištění odpadních vod. Učí se správně interpretovat zjištěné informace do pracovních listů. Kompetence občanské: Žák chápe důležitost ochrany přírody a respektuje požadavky na kvalitní životní prostředí.

Možnosti exkurze: Pro domluvu exkurze je vhodné ozvat se alespoň 14 dnů dopředu. Exkurze je vhodná pro žáky základních škol i pro žáky gymnázií nebo odborných středních škol. Podle návštěvníků bude uzpůsobena náročnost výkladu.

Obrázek 32: Informace o exkurzi

9. Pracovní listy a prezentace

Byly vytvořeny tři druhy pracovních listů. První pracovní list je určen pro žáky před absolvováním exkurze a slouží k přípravě na návštěvu čistírny. Druhý pracovní list je určen k vyplnění během samotné exkurze a má za cíl žáky více zapojit, aby lépe pochopili procesy čištění odpadních a jednodušeji si zapamatovali názvy jednotlivých zařízení. Třetí pracovní list je určen pro vyplnění po absolvování exkurze a má za cíl reflexi a upevnění poznatků získaných během exkurze.

Tyto pracovní listy obsahují různorodé úlohy:

Pracovní list-příprava před exkurzí (Příloha č.1 – str.15-17):

- Hledání klíčových pojmů: V osmisměrce najdete klíčové pojmy související s čištěním odpadních vod.
- Křížovka o vodě: Vyplňte křížovku obsahující slova týkající se vody a jejího využití.
- Doplnění pojmů souvisejících s technologií ČOV do vět.
- Zamyšlení nad důležitostí vody v každodenním životě: Napište v několika krátkých větách, jaký význam má voda ve vašem životě. Zamyslete se nad tím, jak voda ovlivňuje váš každodenní život.

Pracovní list -během exkurze (Příloha č.1 – str.18-20):

- Pojmenování zařízení v ČOV podle obrázků.
- Příprava dotazů pro exkurzi: Sestavte seznam otázek, které byste chtěli položit průvodci během exkurze.
- Mapování cesty vody: Správně se zorientujte a rozpoznajte zařízení na leteckém snímku ČOV.
- Výzkumný úkol: Zkuste zjistit, jestli je možné v aktivační nádrži plavat.
- Výtvarný úkol: Zjednodušeně nakreslete, jak vypadají česle a vysvětlete jejich účel.

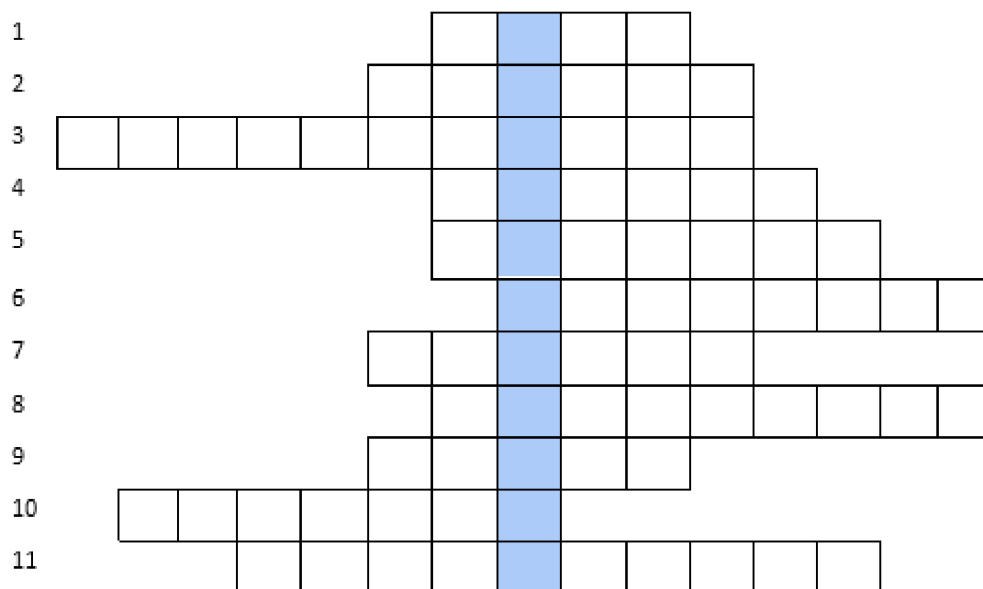
Pracovní list-upevnění znalostí po exkurzi (Příloha č.1 – str.21-23):

- Doplnění chybějících slov: Doplněte chybějící slova do textu popisujícího procesy čištění odpadních vod, které jste viděli během exkurze.
- Přiřaďte následující pojmy a zařízení k typu čištění: Vyberte, které pojmy a názvy zařízení jsou využívány v mechanickém, biologickém a terciárním čištění.

- Křížovka reflexe: Vyplňte křížovku s pojmy, které jste se naučili během exkurze, a k nim napište, co přesně představují.
- Porovnání před a po: Porovnejte své očekávání před exkurzí s tím, co jste skutečně zažili, a popište jakékoliv rozdíly.
- Cvičení paměti: Napište aspoň 3 nové informace, které jste se na exkurzi dozvěděli.
- Návrh vylepšení: Navrhněte možná vylepšení nebo inovace v procesech čištění odpadních vod na základě vašich zkušeností z exkurze.

Úkol č.4:

Křížovka o vodě:



1. Povrchový vodní tok.
2. Uměle vytvořený zdroj podzemní často pitné vody.
3. Metoda dělení směsí založená na usazování těžších, nerozpustných součástí směsí.
4. Typ tvrdosti vody způsobené MSO_4 , MCl_2 , $M(NO_3)_2$ ($M = Ca, Mg$), která nelze odstranit varem.
5. Slabá vazebná interakce mezi molekulami vody.
6. Metoda dělení heterogenních směsí na základě průchodu přes porézní přepážku.
7. Systematický název vody podle IUPAC.
8. Metoda dezinfekce využívaná při přípravě pitné vody (odstranění mikroorganismů).
9. Typ vody, který představuje 97% celkové vody na Zemi.
10. Útvar, v kterém je obsažena většina pitné vody na Zemi.
11. Skupenská přeměna, při které se plyn mění na kapalinu (opak vypařování).

Tajenka:

.....

Je proces obohacování přírodních vodních toků hlavně o sloučeniny fosforu a dusíku, které pocházejí z hnojiv používaných v hospodářství, z pracích prostředků atd. Díky ní dochází k přemnožení řas a sinic (ke vzniku tzv. vodního květu), ve vodě je tak nedostatek kyslíku a může docházet k odumírání ryb a dalších vodních organismů.

Obrázek 33: Ukázka pracovního listu

Pracovní listy obsahují také autorská řešení. Po vyřešení úkolů může být žákům poskytnuta možnost porovnat jejich odpovědi s autorskými řešeními a lépe tak porozumět správným postupům nebo konceptům. Autorská řešení jsou uvedena na konci Přílohy č.1. kap.5.2 - Řešení pracovních listů. Obsahují také hodnocení zábavnou formou (obr. č. 34- Ukázka tabulky bodového hodnocení).

Tabulka bodového ohodnocení: Celkem 38 bodů.

| Bodový rozsah | Úroveň | Komentář |
|---------------|---|---|
| 38-34 bodů | Průtrž mračen (nad 50 mm srážek za hodinu, nad 75 mm srážek za 3 hodiny) | Získáváš první místo! Stejně jako při průtrži mračen padají kapky s velkou intenzitou, i ty jsi sbíral body jako nic! Výborně se orientuješ v pojmech, chápeš souvislosti a počínal sis jako prvotřídní chemik. |
| 33-29 bodů | Liják (do 25 mm srážek za hodinu, 35 mm srážek za 3 hodiny) | Liják má taky velkou sílu, a proto tobě patří druhé místo. Udělal jsi sice pár drobných chyb, ale z nich se poučíš. Skvělý výkon! |
| 28-24 bodů | Intenzivní déšť (do 25 mm srážek za hodinu, 35 mm srážek za 3 hodiny) | Třetí místo je taky skvělé! Je vidět, že jsi v obraze. S některými úkoly ještě potřebuješ trochu pomoci. Stačí malá píle a posuneš se minimálně na druhé místo. |
| 23-19 bodů | Mírný déšť (do 15 mm srážek za hodinu, 25 mm srážek za 3 hodiny) | Ve tvých vědomostech jsou sem tam mezery. Hlavní je ale chtít poznávat nové informace a nezanevřít na chemii. Chce to trochu studia a dostaneš se na lepší pozici! |
| 18-0 bodů | Slabý déšť (1 mm srážek za hodinu, 2 mm srážek za 3 hodiny) | Chce to trochu zabrat! Nebud' smutný, možná ti nesedly typy úkolů. Příště dávej větší pozor a zvládneš to lépe! |

Obrázek 34: Ukázka bodového hodnocení

Byla připravena prezentace v PowerPointu (Příloha č.2) (obr.35), která obsahuje komplexní informace o čištění odpadních vod. Prezentace (32 slidů) strukturovaně prezentuje jednotlivé fáze procesu čištění a detailně vysvětluje důležité koncepty a technologie spojené s čištěním odpadních vod. Grafické prvky, jako jsou obrázky, schémata a ilustrace, jsou použity k vizualizaci jednotlivých procesů a zařízení používaných v čistírnách odpadních vod. Interaktivní prvky (krátká videa) jsou integrovány do prezentace, aby podnítily aktivní zapojení žáků a podpořily jejich učení. Celkový design prezentace je vizuálně atraktivní a přehledný, což zajišťuje snadné sledování a zaujetí pozornosti žáků. Prezentace je uložena na webových stránkách CHEMIE ŽIJE! (www.chemiezije.upol.cz) a v připraveném dokumentu (Příloha č.1, kapitola 2.2.4, str. 24) je uveden popis obsahu prezentace a internetový odkaz, pod kterým si ji mohou učitelé volně stáhnout.

Univerzita Palackého v Olomouci

Odstraňování dusíkatých látek

A. Nitrifikace:

- $2 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$

B. Denitrifikace:

- $5 \text{CH}_3\text{OH} + 6 \text{NO}_3^- \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{OH}^- + 3 \text{N}_2$
- $3 \text{CH}_3\text{OH} + 6 \text{NO}_2^- \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{OH}^- + 3 \text{N}_2$

Univerzita Palackého v Olomouci

Mechanické čištění

- Hrubé a jemné česle

Obrázek 35: Ukázka slidů z prezentace o ČOV

10. Experimenty a demonstrace

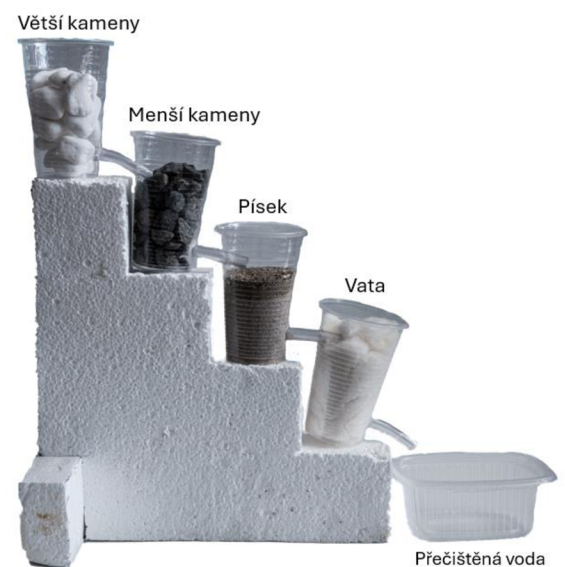
Byly navrženy dva experimenty, které mají za cíl ilustrovat procesy a techniky používané při čištění odpadních vod v čistírnách. Tyto experimenty nejenom přibližují žákům složitost a důležitost čištění odpadních vod, ale také je zapojují do praktického zkoumání a porozumění vědeckým principům, které stojí za tímto procesem.

První z experimentů simuluje činnost kořenové čistírny a zjišťuje její účinnost při čištění odpadní vody. Žáci skrze tento experiment mohou rozvinout celou řadu dovedností a poznatků, které jsou klíčové jak pro porozumění procesů čištění odpadních vod, tak i pro širší vědecké myšlení a praktické aplikace v oblasti životního prostředí. Žáci si budou muset osvojit znalosti o fungování kořenových čistíren odpadních vod a mechanismech, které jsou za nimi. Porozumí principům filtrace vody skrze kořenové systémy rostlin, a jak bakterie na povrchu kamínků pomáhají rozkládat znečišťující látky. Dále, prostřednictvím tohoto experimentu, žáci získají praktické zkušenosti s vědeckou metodou. Budou realizovat experimentální postup, sbírat data a interpretovat výsledky. Tímto způsobem budou rozvíjet své dovednosti v oblasti pozorování, měření a analýzy dat. (Obr. č. 36- Fotografie reálné aparatury modelu kořenové čistírny,

obr. č. 37- Fotografie reálné aparatury-model víceúrovňového filtru).



Obrázek 36: Fotografie reálné aparatury modelu kořenové čistírny



Obrázek 37: Fotografie reálné aparatury – model víceúrovňového filtru

Druhý experiment „Kdo přežije?“ pojednává o hypotetické situaci, kdy by se žák mohl ztratit v přírodě. Experiment podává metody, jak přecistit vodu v přírodě. Jsou zde popsány látky, které vodu znečišťují např. viditelné nečistoty, dále zárodky bakterií, virů, prvoků atp. Je vysvětleno, že není dostačující vodu v přírodě pouze přefiltrovat, protože tím se zbavuje pouze mechanických nečistot. Dále je nutné využití dalších metod čištění vod (chemické čištění, UV záření) nebo jejich kombinace tak, aby měl člověk jistotu, že mu voda neuškodí. Zábavnou formou si žáci vyzkouší vytvořit vícestupňový filtr na vodu, ve kterém je proces filtrace velice přehledný a efektivní. Dále jsou použity chlorované tablety k finálnímu přecišťení vody. Během doby působení chlorovaných tablet jsou pro žáky připraveny další úkoly. Zopakují si, jaká onemocnění mohou být způsobena bakteriemi, viry a prvoky. Další úkol je zaměřen na samostatnost žáka, který si vyhledá z vlastních zdrojů informace o běžném onemocnění salmonelóza, kterým je možné onemocnět po konzumaci nepřečištěné vody. Zakreslí si pak tvary těchto bakterií podle jednoduché tabulky. Během práce na tomto experimentu si žáci osvojí spoustu znalostí. Vidí v praxi kombinaci mechanického a chemického čištění vody. Zopakují si princip filtrace a metody, které jsou i využívány v ČOV. Dále dojde k propojení znalostí biologie bakterií, virů a prvoků.

Každý experiment je zpracován jako podklad pro učitele „Kořenová čistírna“ (Příloha č. 1 – str. 25-28), „Kdo přežije?“ (Příloha č.1-str. 32-34) a formou pracovního listu k experimentu pro žáka „Kořenová čistírna“ (Příloha č. 1 – str. 29-31), „Kdo přežije?“ (Příloha č.1-str.35-39). Podklady pro učitele obsahují téma pokusu, časovou náročnost, zařazení pokusu s ohledem na RVP G, doporučenou organizaci, výukové cíle, vstupní předpoklady, klíčové kompetence a teoretické informace k experimentu. Dále jsou zde zmíněny pomůcky, detailní pracovní postup, nákresy aparatur a různé úkoly. Podklady pro učitele představují podrobnější verzi experimentu. Učitel se dozví více teoretických informací k danému experimentu. Učitel si může vybrat s několika variant provedení experimentu v závislosti na časových a materiálních možnostech.

Podklady pro žáka obsahují na začátku experimentu krátký motivační text, který má žáka vtáhnout do děje a nalákat na experiment. Dále jsou zde popsány pomůcky potřebné pro provedení experimentu, zkrácený pracovní postup, fotografie a nákresy aparatur a různé doplňující úkoly. V závěru podkladu jsou také otázky k zamyšlení a ke kontrole pro žáky.

10.1 Kořenová čistírna

Experiment kořenová čistírna žáky seznamuje s alternativní variantou čištění odpadní vody. Kořenové čistírny představují výhodnější variantu pro menší obce a v dnešní době často vznikají i domovní kořenové čistírny. Principem kořenových čistíren je čištění odpadních vod založené na filtraci odpadní vody přes kořenový filtr (bio filtr), který je složen z jemných kamínků, vrstvy šterku nebo písku na kterých sídlí bakterie, které se podílí na čistícím procesu. Mezi jejich výhody patří nižší finanční nákladnost při pořízení, minimální nutnost údržby, relativně dlouhá životnost, nepotřeba využití elektrické energie atd. Zároveň mohou tvořit také hezkou vizuální ozdobu čistírny hlavně v teplých měsících roku, kdy na povrchu čistírny rostou nebo kvetou rostliny. Kvalitně provedená kořenová čistírna zároveň poskytuje kvalitu vypouštěné vody srovnatelnou s technologickou klasickou městskou ČOV.

Během tohoto experimentu se žáci seznámí s principem fungování kořenové čistírny, vyzkouší si vytvořit podle návodu a obrázků model kořenové čistírny. Dále si žák zkusí praktické stanovení obsahu pevných částic ve vzorku vody. Na konci experimentu je pro žáky připraven závěr s doplňováním chybějících slov, který slouží jako procvičení pojmů, které se během cvičení naučili a jako kontrola, že dávali během výkladu učitele pozor.

V tabulce je ukázka podkladu pro učitele, který obsahuje téma, do kterého je vhodný experiment zařadit, časovou náročnost, zaražení s ohledem na RVP G, doporučenou organizaci, výukové cíle, vstupní předpoklady, klíčové kompetence, které budou během experimentu rozvíjeny. Na konci podkladu pro učitele jsou teoretické informace k experimentu, které shrnují jeho princip.

| Kořenová čistírna vod | |
|---|--|
| Podklady pro učitele | |
| Téma: Odpadní voda Metody dělení směsí Kořenový systém rostlin | Časová náročnost: 90 minut, vhodné pro laboratorní cvičení nebo projektový den |
| RVP G: Člověk a příroda, Anorganická chemie, Vodík a jeho sloučeniny | Organizace: Cvičení se bude konat v chemické (biologické) laboratoři. |

Cíle:

Cílem tohoto laboratorního cvičení je, aby žáci ve dvojicích postavili svou vlastní kořenovou čistírnu vody podle předloženého návodu. Dále si stanoví obsah zachycených pevných částic pomocí vhodné metody analýzy.

Vstupní předpoklady:

Před účastí na tomto cvičení by žáci měli mít základní znalosti o bezpečnosti práce v laboratoři. Také by měli rozumět důležitosti čištění vod a technologiím využívaným při čištění vody. Důležitým aspektem je i povědomí o ochraně vod a problému nedostatku pitné vody.

Klíčové kompetence:

Toto cvičení rozvíjí klíčové kompetence žáků, včetně kompetencí k učení (schopnost systematicky získávat a zpracovávat nové informace), sociální a personální kompetence (schopnost efektivně spolupracovat v týmu), kompetence k řešení problémů (schopnost analyzovat a řešit problémy), komunikativní kompetence (schopnost sdílet informace a argumentovat) a pracovní kompetence (schopnost pracovat s laboratorními nástroji a dodržovat bezpečnostní postupy).

Teoretické informace:

Kořenová čistírna představuje inovativní a přírodní způsob čištění odpadních vod, který je vhodný pro domácnosti. Její princip fungování je inspirován přírodními mokřady, kde se voda čistí přirozeným způsobem. Centrálním prvkem kořenové čistírny je kořenový filtr, který je složen z různých materiálů, včetně kořenů rostlin, kamínků a šterku. Při průchodu vody skrze tento filtr dochází k fyzikálním, chemickým a biologickým procesům, které vedou k účinnému čištění vody od znečištění. Významnou roli v procesu čištění hrají bakterie, které obývají povrch kamínků a jsou schopny rozkládat organické látky a znečišťující látky obsažené ve vodě. Rostliny na povrchu filtru pak pomáhají doplňovat kyslík, odsávají živiny a vytvářejí stabilní mikroprostředí pro bakterie. Tímto způsobem kořenové čistírny nejenom účinně čistí odpadní vody, ale také přispívají k ochraně životního prostředí a udržitelnému hospodaření s vodními zdroji.

10.2 Kdo přežije?

Druhý experiment „Kdo přežije?“ představuje krásné propojení mezipředmětových vztahů v chemii a biologii. Experiment cílí jako první na představivost žáka, který se ocitl sám v lese a potřebuje si sehnat vodu k vlastnímu přežití. Žáci jsou seznámeni se znečišťujícími látkami, které se v přírodní vodě vyskytují a s riziky konzumace takto znečištěné vody od střevních potíží přes různá onemocnění až po smrt. Dále je vysvětlena nutnost toho vodu dvoufázově přecistit. Jako první je nutné se zbavit mechanického znečištění, které se ve vodě viditelně, toho se žáci zbaví filtrací. Voda bude filtrována přes vícestupňový filtr, jehož model si žáci sami nebo ve skupinách vytvoří. Vícestupňový filtr je vizuálně pro žáky velmi atraktivní, při nedostatku času je možné využít také jednoduchý filtr. Po filtraci bude voda už vypadat vizuálně v pořádku, je stále ale potřeba odstranit zárodky bakterií, virů, prvoků, které se ve vodě mohou vyskytovat. K tomu je potřeba vodu chemicky přecistit, žáci využijí chlorované tablety. Takto mechanicky i chemicky očištěná voda by měla být zbavena většiny nečistot.

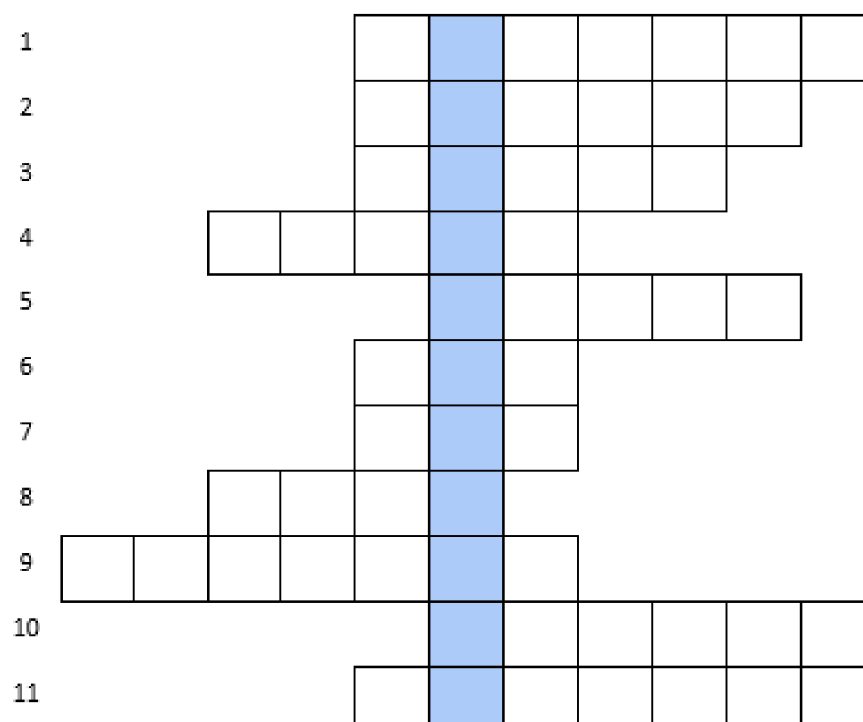
Během doby, kdy chlorované tablety působí (cca 30 minut), jsou pro žáky připravené zajímavé otázky a úkoly, které prověřují jejich znalosti. Žáci si např. vyzkouší roztřídit známá onemocnění podle jejich původce (vir, bakterie a prvok), zopakují si základní tvary bakterií a zakreslí tvar bakterie způsobující onemocnění salmonelóza, na konci materiálu je připravena křížovka.

V tabulce je ukázka podkladu pracovního listu pro žáka k experimentu, který začíná zajímavým motivačním textem, který má za úkol žáka dostat tzv. do děje. Dále následují samotné úkoly se zkráceným postupem práce a obrázkem a fotografií aparatury. (obr. č.38 – ukázka úkolů v podkladu pracovního listu pro žáka).

| Jméno | Hodnocení |
|--|-----------|
| Kdo přežije? | |
| Pracovní list žáka k experimentu | |
| <p>Představ si, že jsi zabloudil v lese. Cesty, které ještě před pár hodinami vypadaly jasně, jsou teď spleť. Nemůžeš si vzpomenout, kudy ses na mýtinku dostal. Všude to vypadá podobně.</p> <p>Stmívá se, jsi unavený, klíží se ti oči. Potřeboval by sis odpočinout. Máš sucho v krku. Kručí ti v břiše. V tuto hodinu už ses viděl v pěkně vyhřátém pokoji, natažený na posteli, v bezpečí. Musíš se rozhodnout. Na cestu zpět už nemáš dostatek sil, musíš tedy přenocovat. Nevadí, pro tyto účely s sebou nosíš spacák. Ještě před tím, než si vytvoříš provizorní nocleh, se ale potřebuješ napít a posilnit. Natáhneš se pro batoh, zalovíš v něm a podáš si lahev na vodu a nějaké jídlo.</p> <p>Lahev už je ale skoro prázdná. Zbývá v ní tak čtvrtina vody. Co teď? Probleskne ti hlavou.</p> | |

Úkol č.6

Křížovka



1. Bílkovinné pouzdro virové částice.
2. Bakteriální onemocnění, mezi jehož projevy patří silná bolest v krku.
3. Typ chřipky, která je přenášena létajícími zvířaty.
4. Tyčinkovitý tvar bakterie.
5. Pohybový orgán např. u krásnoočka.
6. Nebuněčný organismus, který je tvořen pouze bílkovinným pouzdem a dědičnou informací ve formě DNA nebo RNA.
7. Kulovitý tvar bakterie.
8. Kulhavka a slintavka jsou virová onemocnění napadající..... (typ zvířat).
9. Kruhové ústřížky DNA u bakterií.
10. Roztoč, který přenáší onemocnění lymfská borelióza.
11. Sexuálně přenosné onemocnění bakteriálního původu.

Obrázek 38: Ukázka úkolů z podkladu pracovního listu pro žáka

11. Didaktické hry

Pro lepší pochopení procesu čištění odpadních vod byly vytvořeny následující didaktické hry.

Pexeso s procesy čištění vody: v této hře mají žáci možnost spárovat obrázky s různými fázemi procesu čištění odpadních vod. Hra slouží také k lepšímu zapamatování zařízení a strojů, které jsou využívány v procesech čištění odpadních vod. Kromě toho obrázky obsahují i popisy nebo klíčová slova. Fotografie na kartičkách pexesa byly pořízeny během exkurzí na čistírnách odpadních vod fotoaparátem Nikon D3500 18-55 mm DX VR (Příloha č.1-str.40-47).



Chemické domino: Byla vytvořena chemická didaktická hra – domino, které obsahuje kartičky s otázkami a odpověďmi. Žák si tak zábavnou formou zopakuje informace o vodě, o odpadní vodě, o procesech čištění odpadních vod atp. Je vhodná pro ucelení a hlubší zafixování informací z exkurze. Vede k zapamatování klíčových pojmů a zařízení určených k čištění odpadních vod. Zároveň jsou rozvíjeny komunikační dovednosti studentů a jejich schopnost spolupráce (Příloha č.1 - str.48-57).

11.1 Chemické pexeso

Úvodní dokument k chemickému pexesu obsahuje informace o hře: téma, do kterého je hru možno zařadit, časovou náročnost, zařazení s ohledem na RVP G, doporučenou organizaci, možnost využití při výuce, výukové cíle, klíčové kompetence, cíl hry. Dále jsou zde informace o doporučeném množství hráčů, o pravidlech hry a jejím ukončení. Je zde také vložen obrázek ukázka hracích kartiček.

Chemické pexeso 60 kartiček (tedy 30dvojic). Obrázky zachycují hlavně zařízení a stroje využívané při úpravě odpadní vody v ČOV a také fotografie objektů spojených s vodou. Fotografie byly pořízeny během návštěv jednotlivých ČOV fotoaparátem Nikon D3500. Pexeso žákům umožní zopakování zařízení z exkurze a lepší uložení jejich názvů do paměti.

CHEMICKÉ PEXESO

| | |
|--|--|
| Téma: Odpadní vody | Časová náročnost: 20 minut |
| RVP G: Člověk a příroda, Anorganická chemie, Vodík a jeho sloučeniny | Organizace: ve třídě |
| Využití při výuce: Tato aktivita je vhodná po absolvování exkurze v ČOV k ucelení vědomostí o technologiích a procesech čištění odpadních vod. Hra slouží k zopakování klíčových pojmů. | |
| Požadované znalosti: Základní znalosti o vodě, technologii ČOV, které žák získá na exkurzi. | |
| Výukový cíl: Žáci se aktivně zapojí a spojují si poznatky a pojmy, které se dozvěděli na exkurzi. Zároveň dochází také k propojení učiva s obrázky. Žák se orientuje v zařízeních využívaných k čištění odpadních vod. | |
| Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální | |
| Cíl hry: Cílem hry je upevnění klíčových pojmů souvisejících s čištěním odpadních vod. | |
| Počet hráčů: skupinky po 2-6 žácích | Pomůcky: vytisknuté hrací kartičky |
| O hře: Jedná se o hru, která je známá pod názvem pexeso. Hra nutí žáky trénovat paměť a zároveň zopakovat si pojmy a zařízení z exkurze. Hra obsahuje celkem 60 kartiček, tzn. 30 dvojic. Na následujícím obrázku je uvedena ukázka hracích kartiček. | |
|  |  |
| Usazovací nádrž | Usazovací nádrž |

Pexeso – ukázka kartiček

Pravidla hry:

Kartičky se musí na začátku hry promíchat, pak se umístí na hrací plochu do čtverce rubovou stranou nahoru. Začínající hráč si vybere libovolné dvě kartičky a otočí je lícem nahoru. V případě, že najde kartičky, které k sobě patří, odebere si kartičky z hracího pole a získává bod. Následně tento hráč pokračuje ve hře otočením dalších dvou kartiček. V případě, že nebude otočena správná dvojice, pokračuje ve hře stejným způsobem další hráč

Ukončení hry:

Hra je ukončena tím, když dojde odhalení všech správných dvojic. Vítězem se stává hráč, který získá největší počet bodů (nalezne nejvíce dvojic).

11.2 Chemické domino

Úvodní dokument ke hře Chemické domino obsahuje základní informace o hře např. téma, do kterého je hra možno zařadit, její časovou náročnost, zařazení s ohledem na RVP G, doporučenou organizaci, možnost využití při výuce, výukové cíle, klíčové kompetence, cíl hry. Dále jsou zde informace o doporučeném množství hráčů, o pravidlech hry a jejím ukončení. Je zde také vložen obrázek ukázka hracích kartiček.

Chemické domino obsahuje 80 hracích kartiček. Každá kartička je složena ze dvou částí: z otázky a odpovědi. Hra je tedy složena ze 40 otázek a odpovědí týkajících se pojmů, zařízení a procesů, které jsou využívány při čištění odpadních vod. Také jsou vytvořeny otázky ohledně odpadní vody a vody z chemického hlediska.

CHEMICKÉ DOMINO

| | |
|---|--|
| Téma: Odpadní vody Biologie buněk Voda | Časová náročnost: 20 minut |
| RVP G: Člověk a příroda, Anorganická chemie, Vodík a jeho sloučeniny | Organizace: ve třídě |
| Využití při výuce: Tato aktivita je vhodná po absolvování exkurze v ČOV k ucelení vědomostí o technologiích a procesech čištění odpadních vod. Hra slouží k zopakování klíčových pojmů. | |
| Požadované znalosti: Základní znalosti o vodě, technologii ČOV, které žák získá na exkurzi. | |
| Výukový cíl: Žáci se aktivně zapojí a spojují si poznatky a pojmy, které se dozvěděli na exkurzi. Žák se orientuje v zařízeních využívaných k čištění odpadních vod. Umí je pojmenovat a vysvětlit jejich účel. | |
| Klíčové kompetence: kompetence k učení, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální | |
| Cíl hry: Cílem hry je zopakování a upevnění klíčových pojmů souvisejících s čištěním odpadních vod. | |
| Počet hráčů: skupinky po 2-6 žácích | Pomůcky: vytisknuté hrací kartičky |
| O hře: Hra obsahuje 80 kartiček. Na každé kartičce je uvedena otázka a odpověď. Na žádné kartičce se však otázka a odpověď nikdy neshoduje. Ukázka kartiček je uvedena na následujícím obrázku. | |

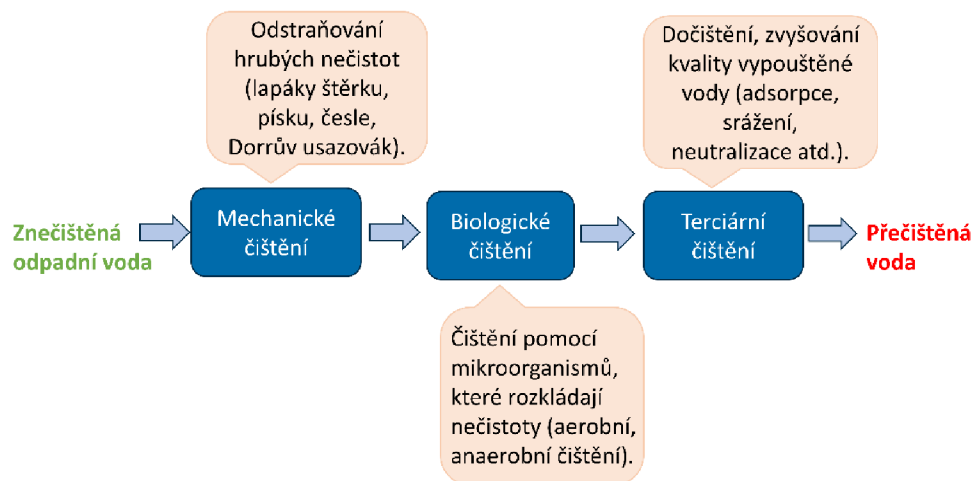
| |
|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> <div style="width: 45%;"> <p>Chemická rovnice odstranění přechodné tvrdosti vody.</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>lontomeniči (ionexy).</p> </div> </div> </div> <p style="text-align: center;">Domino-ukázka kartiček</p> |
| <p>Pravidla hry:</p> <p>Kartičky se zamíchají a každý z hráčů dostane jednu. Hru zahájí libovolný hráč, který přečte otázku na své kartičce. Ten z hráčů, který si myslí, že má správnou odpověď na otázku na své kartičce, přečte ji. Zbytek hráčů dohlíží na správnost odpovědi a mohou pomocí svého palce naznačit, jestli souhlasí – ukázáním nahoru a dolu. Společně se následně musí dohodnout na správnosti odpovědi. Ve hře pokračuje ten z hráčů, který měl na kartičce správnou odpověď přečtením své otázky. Dále hra pokračuje stejně. Žák, který již použil svoji odpověď a položil otázku stále zůstává ve hře a rozhoduje o správnosti odpovědi.</p> |
| <p>Ukončení hry:</p> <p>Hra je ukončena v okamžiku, kdy jsou ke všem otázkám přiřazeny správné odpovědi.</p> |

11.3 Vizuelní materiály

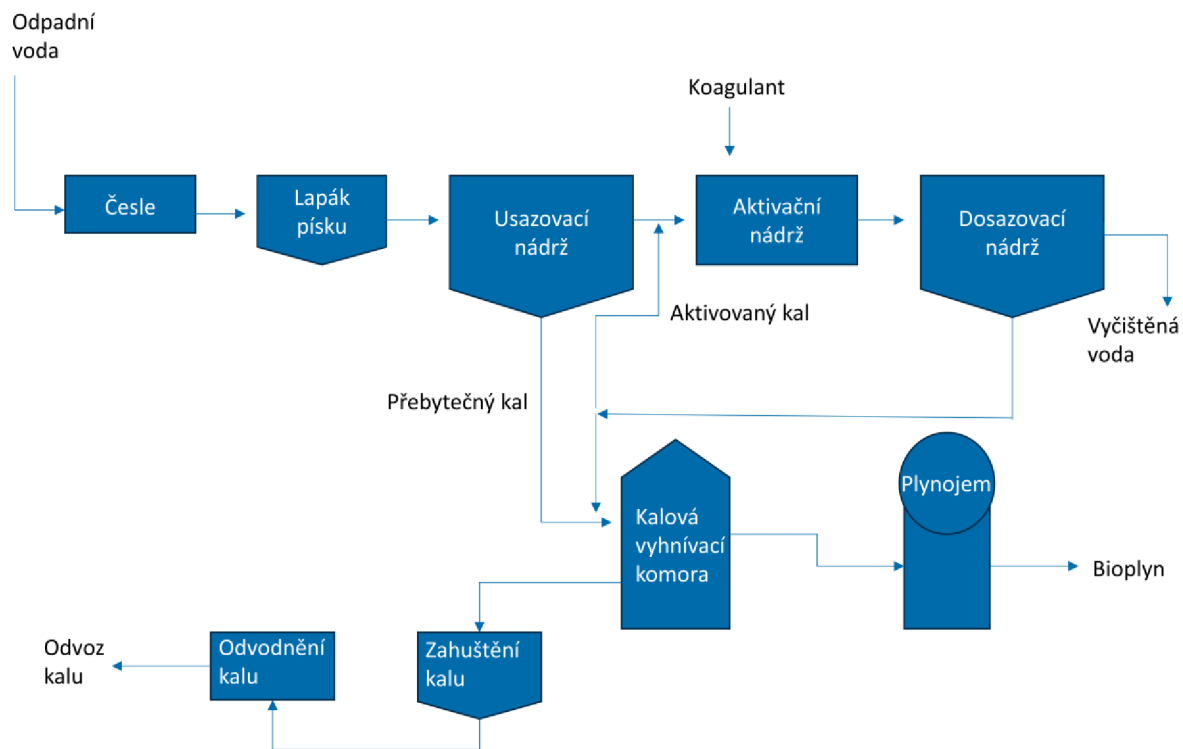
V rámci kapitoly č. 3 Vizuelní materiály (Příloha č. 1, str. 58-64) byly pořízeny ilustrační fotografie jednotlivých částí ČOV a vytvořena tři schémata popisující činnost ČOV. Kapitola č.3.1 – Fotografie jednotlivých zařízení (Příloha č.1, str. 58-62) obsahuje celkem 10 fotografií, které zachycují nejpodstatnější části procesu čištění odpadní vody a jsou klíčové pro pochopení a lepší představivost žáků při učení. Fotografie byly pořízeny během exkurzí v ČOV Olomouc Nové Sady a ČOV Šternberk fotoaparátem Nikon D3500.

Kapitola č. 3.2 – Ilustrace procesů čištění odpadních vod (Příloha č.1, str. 63-64) obsahuje tři vytvořená schémata (Obr. č. 39, 40, 41). První schéma je zjednodušené a je tvořeno bublinami s textem, zjednodušeně ukazuje žákovi, jak dochází k přečištění odpadní vody. Další dvě schémata jsou technologická (druhé je více podrobné), která ilustrují činnost ČOV, jsou vyobrazena jednotlivá zařízení a žák může pozorovat průchod odpadní vody mezi nimi. Schémata byla vytvořena v aplikaci PowerPoint.

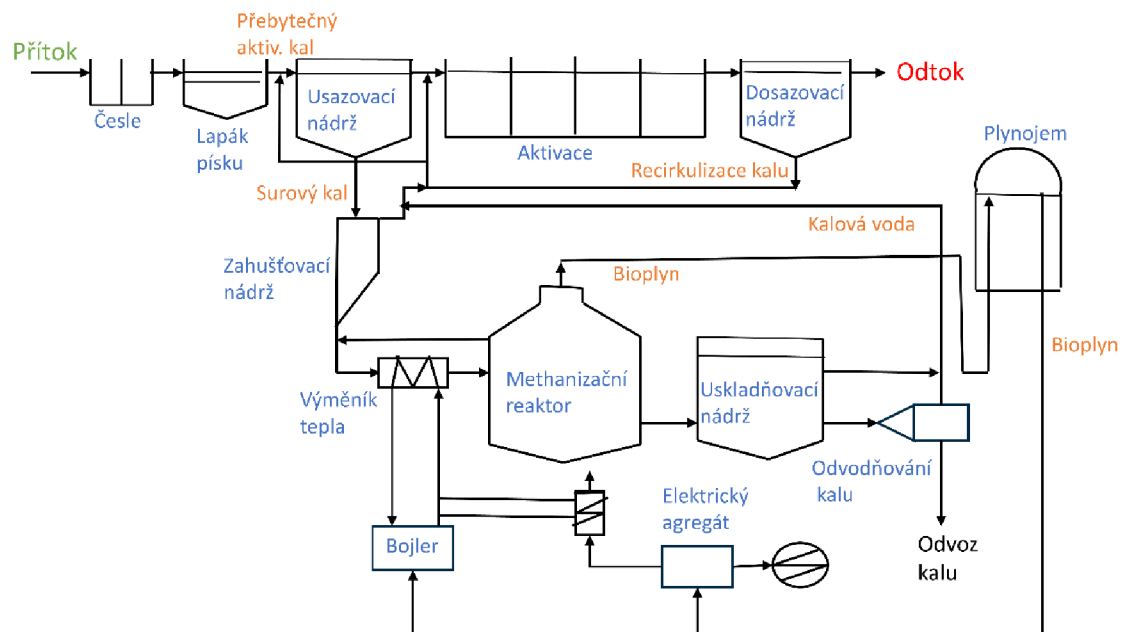
Dále byl vytvořen zip soubor fotografií pořízených v jednotlivých ČOV (Příloha č. 3), který bude také zapracován na webové stránky CHEMIE ŽIJE!. Fotografie byly pořízeny pomocí fotoaparátu Nikon D3500.



Obrázek 39: Zjednodušené schéma ČOV



Obrázek 40: Technologické schéma ČOV



Obrázek 41: Podrobnější technologické schéma ČOV

12. Zpracování na web Chemie žije

Vytvořené materiály budou zpracovány na webové stránky CHEMIE ŽIJE! (www.chemiezije.upol.cz) po obdržení oponentského posudku a zpracování případných korektur.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Čištění odpadních vod je velice důležitý proces, jehož důsledky je možné pozorovat každý den všude kolem nás. Je to proces, který přispívá ke zvyšování kvality vypouštěné vody. Napodobuje přirozenou samočisticí schopnost vody, která v dnešní době vlivem většího průmyslového znečištění vod, není dostačující. K čištění odpadních vod jsou využívány čistírny odpadních vod, které je možné najít v každém městě i ve větších vesnicích. Běžná ČOV v je mechanicko-biologická, může následovat terciární stupeň přečištění. Mechanický stupeň přečištění vede k odstranění hrubých nečistot, které by mohly narušit provoz ČOV, biologické využívá schopnost mikroorganismů rozkládat organické nečistoty. (35, 37, 38)

V rámci teoretické části práce jsem se věnovala RVP (12) a jeho modernizacím. V současnosti dochází k modernizacím RVP v rámci dokumentu Strategie 2030+ (26), mezi jehož cíle patří modernizace vzdělávacího systému České republiky, zaměřená na utváření kompetencí potřebných pro život, maximální rozvoj potenciálu žáků. Je kladen stále větší důraz na pochopení látky, její využití a propojení teoretických poznatků s praxí. Učitelé by se neměli dále soustředit hlavně na obsahovou znalost, ale spíše na hlubší porozumění a praktickou aplikaci probírané látky a spolupráci mezi spolužáky. Tato strategie cílí na nové a inovativní metody výuky školní i mimoškolní, např. na vyučování v přírodě, v parku apod. Je jasné, že propojování problematiky přírodních věd a její uplatňování pro praktické využití vede k rozvíjení kritického myšlení žáků a chápání environmentálních problémů. Takto je možné žáky více zaujmout a poukázat na důležitost studia přírodních věd. (26)

Dále byla provedena analýza současně využívaných středoškolských učebnic chemie a biologie. Bylo zjišťováno, jaké informace, a jestli vůbec nějaké jsou uváděny k problematice čištění odpadních vod. Z analýzy jasně vyplývá, že je toto důležité téma zmiňováno jen okrajově anebo vůbec. Zjistila jsem, že v českých učebnicích chemie pro střední školy je čištění odpadních vod zmiňováno minimálně (1-12). Z analýzy vyplývá, že v učebnicích chemie je možné toto téma najít v učebnicích anorganické chemie v kapitolách věnovaných vodě. Nejvíce pozornosti je věnováno popsání fyzikálních vlastností vody, tvaru molekuly vody, vodíkovým můstkům a vodě jako rozpouštědlo. Tyto informace byly podány ve všech analyzovaných knihách. Velmi často je v učebnicích také popsána trvalá a přechodná tvrdost vody, čím jsou způsobeny, a jakým způsobem je možné tvrdost odstranit. Bývá zmíněna pitná voda a její desinfekce ozonizací, chlorací, pomocí UV záření atp. V některých učebnicích je voda rozdělena např. na užitkovou, odpadní, pitnou atd. Podrobnější informace o technologii ČOV a zařízeních, která jsou využívána v učebnicích chemie pro gymnázia nelze najít. Technologická

schémata v učebním textu nejsou zařazována nikde. Výjimku tvoří učebnice Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH od autora Přemysla Hranoše (12), která je využívána na odborných středních školách s chemickým zaměřením. Tato učebnice podává detailní přehled o technologii ČOV. Celý text je vytvořen na celkem 6 stran a je doplněn o velké množství fotografií z ČOV a o nákresy nebo schémata ilustrující popisované procesy. Jako první jsou zde podány ucelené informace o odpadní vodě, její rozdělení na odpadní vody splaškové a průmyslové. Je vysvětlena chemická (CHSK) a biochemická spotřeba kyslíku (BSK). Procesy ČOV jsou rozděleny na mechanické a biologické čištění. Žák zde může najít informace o jednotlivých zařízeních. Je popsán aktivovaný kal, jeho složení a funkce. Konec textu tvoří informace pojednávající o výrobě a zpracování bioplynu.

Dále byly analyzovány zahraniční středoškolské učebnice chemie, konkrétně anglické (13-15) a francouzské (16,17). V zahraniční literatuře jsou témata více provázaná, např. nelze najít kapitolu samostatnou věnovanou vodě, ale informace o vodě je možné najít v kontextu většího množství jiných kapitol a více je tak učivo propojováno. V anglické učebnici Chemistry in Context, 6th edition od autorů Graham Hill a John Holman (13) jsou vytvořeny informace o eutrofizaci vod, která je způsobována používáním hnojiv bohatých na fosforečnany a dusičnany. Francouzská učebnice Chimie 1^{re}S od Adolphe Tomasino a kol. (16) obsahuje podkapitolu věnovanou odpadní vodě a látkách, které ji znečišťují. Zase je vysvětlena eutrofizace vod a dále se věnují čištění odpadních vod, text je doplněn i o fotografii ČOV.

Co se týče současně využívaných českých středoškolských učebnic biologie (18-25), tak informace o ČOV je možné najít v kapitolách věnovaných ekologii. Zjistila jsem, že jsou zde řešeny současné problémy životního prostředí (znečištění ovzduší, vody, atd.). Znečištění vody bylo často rozděleno na biologické, chemické a fyzikální a dále byly vyjmenovány látky, které znečištění způsobují. U chemického znečištění vody jsou v učebnicích zmíněna hnojiva s vysokým obsahem fosforu a dusíku, která jsou využívána při zemědělské činnosti. Tato hnojiva výrazně přispívají k eutrofizaci, což je umělé obohacování vodních toků, které vede k přemnožení řas a sinic. Bylo zjištěno, že z analyzovaných učebnic biologie jsou pouze v učebnici Ekologie pro gymnázia od autorů J. Šlégr, et al (21) podány i nějaké informace o samotných čistírnách odpadních vod, text je doplněný i o schéma ČOV.

Zařazování exkurzí do výuky je důležité. Pro žáky se jedná o velkou příležitost poznat, jak teoretické poznatky, které získaly ve škole, propojit s praxí. Po organizační stránce se však jedná o velmi náročnou akci, která vyžaduje řádnou přípravu. Aby byla exkurze úspěšná, je potřeba dodržet její správný průběh (fáze exkurze), časové možnosti, bezpečnost žáků. Potřebné

jsou také didaktické materiály, díky kterým budou žáci dávat větší pozor a více si zapamatují. (33,34)

V rámci praktické části byla vytvořen ucelený didaktický materiál (Příloha č.1) s názvem „*Cesta vody*“. Tento dokument obsahuje informace o procesech čištění odpadních vod doplněné o fotografie zařízení a rovnice chemických reakcí. Dále byly připraveny dokumenty s názvem Informace o exkurzi (Příloha č.1 – str.14). Tato tabulka je velkým pomocníkem pro učitele, který exkurzi pořádá. Je možné zjistit např. časovou náročnost exkurze, vhodné zařízení s ohledem na RVP G, doporučení pro učitele při pořádání exkurze, klíčové kompetence, které budou rozvíjeny atp. Byly vytvořeny tři druhy pracovních listů. První pracovní list je určen pro žáky před absolvováním exkurze a slouží k přípravě na návštěvu čistírny. Druhý pracovní list je určen k vyplnění během samotné exkurze a má za cíl žáky více zapojit, aby lépe pochopili procesy čištění odpadních vod a jednodušeji si zapamatovali názvy jednotlivých zařízení. Třetí pracovní list je určen pro vyplnění po absolvování exkurze a má za cíl reflexi a upevnění poznatků získaných během exkurze. Pracovní listy obsahují různorodé úkoly např. hledání klíčových pojmů (osmisměrka), křížovky obsahující slova týkající se vody a jejího využití, výzkumné úkoly. Pracovní listy obsahují také autorská řešení, a to včetně doporučené tabulky bodování žáků zábavnou formou.

Pro různorodost úloh byly navrženy dva experimenty, které přibližují žákům proces čištění odpadních vod. U těchto experimentů žáci prakticky rozvíjejí vědecké metody a teoretické znalosti. Dále je rozvíjena spolupráce mezi žáky a jejich komunikační dovednosti. První experiment má za cíl vytvoření zjednodušeného modelu kořenové čistírny. Žáci si podle návodu a obrázku sami nebo ve skupinách vytvoří vlastní model kořenové čistírny. Jedná se o alternativní metodu přečištění odpadní vody. V dnešní době je velký trend např. domovních kořenových čistíren. Běžná kořenová čistírna je složena z části mechanického přečištění (česle, lapák písku, usazovací nádrž), kde jsou odstraňovány hrubé nečistoty. V malých kořenových čistírnách (např. v těch domovních) je k mechanickému přečištění využíván vícekomorový septik nebo anaerobní separátor. Z usazovací nádrže je odpadní voda vedena na kořenové filtry, které představují mělké nádrže s izolačním materiálem od podloží (např. gumové materiály). Na gumovou folii je nasypána vrstva šterku, kamení, písku. Na povrch filtru jsou poté vysázeny rostliny mokřadního typu. Rostliny odebírají živiny z odpadní vody, zajišťují mírnou dotaci kyslíku, lepší podmínky pro mikroorganismy, které rozkládají znečištění a také vyšší odpar vody do atmosféry. Odpadní voda je dále vedena do horizontálního nebo vertikálního filtru (v závislosti na konstrukci čistírny). Po protečení vody filtračním materiálem (praným pískem) jsou odstraněny všechny viditelné nečistoty. Kvalita vody je pak kontrolována a bývá vedena

do stabilizační nádrže. Já jsem navštívila kořenovou čistírnu odpadních vod v Hnojicích s biofiltrem. Byly mi vysvětleny velké přínosy takové čistírny, a to hlavně nižší finanční nákladnost a údržba, nepotřeba využití elektrické energie a relativně dlouhá životnost. Přesto ale jsou ve správně vytvořených kořenových čistírnách splněny výstupní kvality vody srovnatelné s typickou ČOV.

Ve druhém experimentu „Kdo přežije?“ jsou žáci zavedeni do fiktivní situace ztroskotání v lese. Žáci jsou zábavnou formou seznámeni s riziky konzumace přírodní vody, jsou popsány látky, které ji znečišťují a představují pro člověka riziko (zárodky bakterií, virů, prvoků, těžké kovy atd.). Je vysvětlena nutnost dvoustupňového přečištění vody: filtrace k odstranění hrubých nečistot, chemické přečištění (chlorace, UV záření atd.) k odstranění choroboplodných zárodků. Žáci si vyzkouší kombinaci mechanického a chemického přečištění vzorku vody. Během experimentu je sestaven vizuálně velmi atraktivní vícestupňový filtr na vodu a přefiltrovaná voda je dále ošetřena chlorovanými tabletami. Dále tento experiment cílí také na propojení mezipředmětových vztahů mezi biologií a chemií. Žáci si zopakují informace o bakteriích, jejich základní tvary a původce běžných onemocnění (bakterie, viry, prvoky).

Dále byly vytvořeny dvě didaktické hry: chemické pexeso a chemické domino. Ty mohou být použity po absolvování exkurze k zopakování a hlubšímu uložení klíčových pojmů a názvů zařízení ČOV. Chemické pexeso je složeno z 60 kartiček (30 dvojic) obrázků a názvů zařízení a klíčových pojmů vztahující se k tématu voda. Hra byla vytvořena za účelem procvičení paměti žáků a na zlepšení spolupráce mezi nimi. Fotografie byly pořízeny během exkurzí v ČOV fotoaparátem Nikon D3500. Chemické domino je složeno z osmdesáti kartiček. Na každé kartičce je uvedena otázka a odpověď. Na žádné kartičce se však otázka a odpověď nikdy neshoduje. Hra má za cíl zopakování klíčových pojmů z ČOV a ucelení vědomostí o technologiích a procesech čištění odpadních vod.

V neposlední řadě byly vytvořeny vizuální materiály, které slouží např. pro žáky, kteří na exkurzi nemohli být, ale také mohou být využity jako příprava před exkurzí nebo zopakování po exkurzi. V Příloze č.1 – Cesta vody byly v kapitole č.6 s názvem Vizuální materiály na str. 58-62 vloženy fotografie nejpodstatnějších zařízení v ČOV, které ilustrují klíčové body při průchodu vody čistírnou odpadních vod.

Také byly v aplikaci PowerPoint vytvořeny tři barevná schémata ilustrující činnost a procesy probíhající v ČOV. Jedno schéma je zjednodušené a je zde pomocí bublin s textem popsáno, jak dochází k přečištění odpadní vody. Další dvě schémata jsou technologická (technologické a podrobnější technologické), která ilustrují činnost ČOV, jsou na nich vyobrazena jednotlivá zařízení a žák může pozorovat průchod odpadní vody mezi nimi.

Schémata pro žáky mohou být velkým pomocníkem při orientaci a poskytují jim ucelený pohled na celý proces čištění odpadních vod.

Ještě byl vytvořen vizuální soubor ve formátu zip (Příloha č.3), který obsahuje ucelený soubor fotografií z jednotlivých ČOV, které byly během přípravy mé bakalářské práce navštíveny. Fotografie, které byly pořízeny fotoaparátem Nikon D3500, ukazují, jakým způsobem se jednotlivé ČOV vždy mírně liší, ačkoliv je princip jejich práce podobný.

Během přípravy materiálů pro realizaci exkurze do ČOV jsem celkem 12x navštívila ČOV. Tyto návštěvy mi pomohly lépe pochopit celý proces a technologii ČOV. Velmi mi pomohlo vidět různé typy využívaných zařízení a přístrojů. Velký posun pro mě také znamenaly rozhovory s technologi ČOV, kteří mi některé procesy ještě dále dovysvětlili.

Celkem 4x jsem navštívila ČOV Šternberk, která patří pod společnost VHS Sitka, s.r.o. Tato ČOV patří do skupiny středních až menších zařízení s kapacitou 18 000 EO (ekvivalentních obyvatel). ČOV Šternberk prošla v roce 2010 velkou rekonstrukcí a spadá pod ni cca 10 menších okolních obcí. Jedná se o typickou mechanicko-biologickou městskou ČOV.

Pro účely bakalářské práce byla dále 3x navštívena ČOV Olomouc Nové Sady, která prošla v období po roce 2007 intenzifikací a je dimenzována na maximální zatížení 259 500 EO. Tato čistírna patří pod společnost MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ a.s. Čistírna je mechanicko-biologická, s biologickým stupněm s odstraňováním nutrientů s možností dávkování externího substrátu (metanolu). Kalové hospodářství je řešeno s anaerobní mezofilní stabilizací ve vyhnívacích nádržích a s následným strojním odvodňováním kalů. Tato ČOV je největší z těch, které jsem navštívila. Mechanický stupeň přečištění je zde tvořen lapákem šterku, za kterým jsou umístěny strojně stírané hrubé česle. Všechny přiváděné odpadní vody jsou dále vedeny přes jemné česle, podélný provzdušovaný lapák písku do dvou usazovacích nádrží. Biologický stupeň je řešen jako aktivační proces ve formě dvou samostatných biologických linek, přičemž každá linka je tvořena 27 sekcemi. Z toho jsou 4 sekce využívány jako regenerace kalu, jedna jako selektorová denitrifikace, dále pak je část denitrifikační (3÷5 sekcí), nitrifikační (12÷15 sekcí), postdenitrifikační (2÷4 sekce) a postaerační (1÷2 sekce). Dle potřeby je možné linky zaměňovat. Pro zvýšené odstraňování fosforu je využívána stanice chemického srážení. Pro snižování obsahu celkového dusíku je možné využít dávkování externího substrátu (metanolu) tak, aby byla splněna výstupní kvalita vypouštěné odpadní vody. Z aktivačních nádrží je aktivační směs vedena do 4 kruhových dosazovacích nádrží. Přebytný kal je zpracováván ve vyhnívacích nádržích jako anaerobní mezofilní vyhnívání kalu. Vyhnílý kal je dále zahušťován v zahušťovacích nádržích vyhnílého kalu a po homogenizaci je přímo odvodňován na odstředivce. Bioplyn vznikající při anaerobním vyhnívání kalu je veden přes

plynovou kompresorovnu a je jímán ve dvou plynojemech. Z výroby bioplynu je hrazena část spotřeby elektrické energie ČOV, teplo je využito k ohřevu obsahu vyhnívacích nádrží a vytápění objektů ČOV. V kotelně jsou kotle pro spalování bioplynu a zemního plynu. Teplo vzniklé při spalování bioplynu je využito k ohřívání obsahu vyhnívacích nádrží a k vytápění objektů ČOV.

Navštívena byla také ČOV Litovel, na tuto čistírnu jsou kromě obyvatel napojeny i velké průmyslové podniky (např. Pivovar Litovel a.s., Europasta, ORRERO a.s., Bramborárna Dunaj, Obchodní sladovny a.s., VESETA ad.), které představují více než 80% podíl na zatížení této čistírny. Celkově je tato čistírna koncipována na 40 000 EO. Čistírna je ve vlastnictví města Litovel a je provozována společností ČERLINKA s.r.o. Tato čistírna prošla v roce 2011 intenzifikací a je zde v plánu výstavba haly na solární sušení surového kalu. Tato čistírna byla zajímavá tím, že je v ní vytvořena oběhová aktivace. Jsou zde rozděleny nádrže nitrifikační, denitrifikační a regenerace. Fosfor zde není odbouráván srážením koagulantem síranem železitým. Mají zde vybudovaný tzv. anoxický selektor, ve kterém je fosfor odbouráván pomocí mikroorganismů.

Dále byla navštívena ČOV Uničov, která je spolu s ČOV Olomouc Nové Sady provozována společností MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ a.s. Její maximální kapacitu tvoří 20 000 EO. V letech 2000-2003 byla čistírna celkově rekonstruována a v současné době je mechanicko-biologická s terciárním stupněm čištění. Terciární stupeň přečištění je tvořen dvěma mikrosítovými bubnovými filtry, kterými voda protéká před odtokem do řeky Oskavy. V bubnových filtrech tak dojde k odstranění zbytků nečistot tak, aby OV splňovala výstupní podmínky pro vypouštění do přírodních vodních toků.

Mimo jiné byla také navštívena ČOV Moravský Beroun, která je ve vlastnictví města Moravský Beroun. Tato čistírna je koncipována na cca 5 000 EO, jsou zde ještě zpracovávány OV průmyslové společnosti Kofola a.s. – Ondrášovka, která sídlí v nedalekém Ondrášově. Jelikož je zde řešena kvalita vody a pitné vody, mají zde vytvořený terciární stupeň přečištění. Terciární přečištění v této čistírně je cíleno na odbourání některých léčiv z OV (např. Ibuprofen). Toto odbourávání je zde řešeno společností Fortex-AGS, a.s., zatím v této čistírně probíhá asi rok a výstupní kvality OV ukázaly, že obsah léčiv byl snížen o 80%.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracovat literární rešerši týkající se problematiky čištění odpadních vod a přírodovědných exkurzí. Dále analýza vybraných učebnic chemie a biologie pro gymnázia týkající se problematiky čištění odpadních vod. V praktické části poté vytvoření vhodných podpůrných výukových materiálů pro SŠ pro lepší pochopení technologie čištění odpadních vod.

V teoretické části byla provedena literární rešerše této problematiky. Byly popsány základní procesy ČOV, rozděleno čištění na mechanické, biologické, chemické a terciární. Text je doplněn o ilustrující fotografie a rovnice chemických reakcí. Dále byly analyzovány současně používané středoškolské učebnice chemie a biologie a zahraniční učebnice chemie, RVP G a jeho modernizace a ŠVP vybraných gymnázií.

Praktické část bakalářské práce je zaměřená na tvorbu didaktických materiálů pro přípravu exkurze v ČOV. Sama jsem v rámci přípravy navštívila celkem 12 x různé ČOV. V rámci praktické části byl připraven podpůrný dokument s názvem **Cesta vody** (Příloha č.1). V úvodní části připravených teoretických podkladů je poskytnut stručný úvod do problematiky čištění odpadních vod se zábavnými otázkami a úkoly pro žáky. Byly vytvořeny podklady pro exkurzi s názvem Informace o exkurzi, které obsahují informace o časové náročnosti, zpoplatnění, vhodném zařazení s ohledem na RVP G, cílech exkurze a kompetencích, které žák absolvováním exkurze rozvíjí.

Dále byly vytvořeny 3 druhy pracovních listů. První pracovní list je určen pro žáky před absolvováním exkurze a byl vytvořen jako příprava na návštěvu čistírny. Druhý pracovní list je určen k vyplnění během samotné exkurze a má za cíl žáky více zapojit, aby lépe pochopili procesy čištění odpadních a jednodušeji si zapamatovali názvy jednotlivých zařízení. Třetí pracovní list je určen pro vyplnění po absolvování exkurze a má za cíl reflexi a upevnění poznatků získaných během exkurze. Pracovní listy obsahují různorodé úlohy (např. doplňování chybějících slov, křížovka, osmisměrka atd.). Byly také vytvořeny autorská řešení a tabulka bodového hodnocení žáků zábavnou formou. Následně byla vytvořena didaktická prezentace v PowerPointu (Příloha č. 2), která obsahuje komplexní informace o čištění odpadních vod. Je doplněna o velké množství vizuálních materiálů (fotografií, videí, schémat), které mají za cíl podnítit pozornost žáka.

Také byly navrženy 2 experimenty („Kořenová čistírna“ a „Kdo přežije?“), které cílí na samostatnost žáků a jejich praktickou činnost. Během experimentu je podle návodu vytvořen model kořenové čistírny. Žáci jsou dále více informováni o této alternativní metodě ČOV.

V experimentu „Kdo přežije?“ jsou propojeny mezipředmětové vztahy v biologii a chemii. Žáci si vyzkouší dvoufázově přefiltrovat vodu (mechanicky a chemicky). Dále jsou informováni o rizicích konzumace přírodní vody. Mimo jiné jsou zopakovány poznatky o bakteriích, virech a prvocích a o nemocech, které mohou způsobovat.

Dále byly vytvořeny dvě didaktické hry (Chemické pexeso a chemické domino), které mají za cíl zopakování a hlubší uložení klíčových pojmů a názvů zařízení z exkurze v ČOV. Chemické pexeso bylo vytvořeno z fotografií zařízení a přístrojů využívaných v ČOV během svých návštěv v čistírnách fotoaparátem Nikon D3500. Ve hře Chemické domino jsou zábavnou formou propojeny znalosti z exkurze s teorií dělení směsí, fyzikálními a chemickými vlastnostmi vody. Zároveň jsou rozvíjeny komunikační dovednosti a spolupráce mezi žáky.

Následně byly vypracovány vizuální materiály, které jsou tvořeny fotografiemi klíčových technologických zařízení ČOV a třemi druhy schémat (zjednodušené, technologické a podrobnější technologické), která byla vytvořena v aplikaci Power Point. Ve schématech je ilustrován průchod vody čistírnou a dále slouží pro propojení vědomostí. Dále byl vytvořen vizuální soubor obsahující fotografie z navštívených ČOV ve formátu zip (Příloha č. 3).

13. POUŽITÁ LITERATURA

1. MAREČEK, A., HONZA, J. Chemie pro čtyřletá gymnázia: 1. díl. 3. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2005. 240 p. ISBN 80-7182-055-5.
2. MAREČEK, A., HONZA, J. Chemie pro čtyřletá gymnázia: 2. díl. 2. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998. 231 p. ISBN 80-7182-056-3.
3. MAREČEK, A., HONZA, J. Chemie pro čtyřletá gymnázia: 3. díl. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2005. 250 p. ISBN 80-7182-057-1.
4. VACÍK, Jiří. Přehled středoškolské chemie. 3., dopl. vyd., V SPN - pedagogickém nakladatelství 1. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1995. ISBN 80-85937-08-5.
5. VACÍK, Jiří. Obecná chemie. 2. vydání. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2017. ISBN 978-80-7444-050-2.
6. ŠRÁMEK, Vratislav. Obecná a anorganická chemie. 2. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-099-7.
7. FLEMR, Vratislav a DUŠEK, Bohuslav. Chemie I: (obecná a anorganická) pro gymnázia. Praha: SPN-pedagogické nakladatelství, 2001. ISBN 80-7235-147-8.
8. KOLÁŘ, Karel; KODÍČEK, Milan a POSPÍŠIL, Jiří. Chemie II pro gymnázia: organická a biochemie. Praha: SPN, 1997. ISBN 80-85937-49-2.
9. HALÍK, Tomáš. Chemie pro spolužáky, učebnice. Hradec Králové: ProSpolužáky.cz, 2019. ISBN 978-80-88255-42-0.
10. HALÍK, Tomáš. Chemie pro spolužáky, pracovní sešit. Hradec Králové: ProSpolužáky.cz, 2019. ISBN 978-80-88255-43-7.
11. KOVALČÍKOVÁ, Tatiana. Obecná a anorganická chemie: studijní text pro SPŠCH. 3., upr. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2004. ISBN 80-86369-10-2.
12. HRANOŠ, Přemysl. Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH. 3., přeprac. vyd., v nakl. Pavel Klouda 1. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2000. ISBN 80-86369-01-3.
13. HILL, Graham a John HOLMAN. Chemistry in Context. Sixth edition. Nelson Thornes Limited, 2011. ISBN 978 1 4085 1496 2.
14. HILL, Graham a John HOLMAN. Chemistry in Context. Third edition. Thomas Nelson and Sons Limited, 1989. ISBN 0 17 448163 2.
15. HILL, Graham a John HOLMAN. Chemistry in Context, Laboratory Manual and Study Guide. Second edition. Thomas Nelson and Sons Limited, 1989. ISBN 0-17-448164-0.
16. TOMASINO, Adolphe. Chimie. 1reS. Paris: Nathan/VUEEF, 2001. ISBN 209-172 126-3.
17. TOMASINO, Adolphe. Chimie. 1reS. Paris: Editions Nathan, 1994. ISBN 209 172240-5.
18. KUBIŠTA, Václav. Obecná biologie: úvodní učební text biologie pro 1. ročník gymnázií. 3., upr. vyd. Praha: Fortuna, 2000. ISBN 80-7168-714-6.
19. KINCL, Lubomír; KINCL, Miloslav a JAKRLOVÁ, Jana. Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií. 4., přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-947-5.
20. ZÁVODSKÁ, Radka. Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia, 2006. ISBN 80-86960-15-3.

21. ŠLÉGR, Jiří; KISLINGER, František a LANÍKOVÁ, Jana. Ekologie a ochrana životního prostředí: pro gymnázia. Praha: Fortuna, 2002. ISBN 80-7168-828-2.
22. JELÍNEK, Jan a ZICHÁČEK, Vladimír. Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část). 12. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2021. ISBN 978-80-7182-319-3.
23. ROSYPAL, Stanislav. Přehled biologie. 3. vyd., v nakl. Scientia 2. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-110-7.
24. HANČOVÁ, Hana a VLKOVÁ, Marie. Biologie I. v kostce: [obecná biologie, mikrobiologie, botanika, mykologie, ekologie, genetika]: pro střední školy. 3. vyd. V kostce. Praha: Fragment, 2004. ISBN 80-7200-971-0.
25. HANČOVÁ, Hana a VLKOVÁ, Marie. Biologie II. v kostce: [zoologie, biologie člověka] : pro střední školy. 3. vyd. V kostce. Havlíčkův Brod: Fragment, 2004. ISBN 80-7200-972-9.
26. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY (MŠMT). Strategie vzdělávací politiky ČR do roku 2030+: msmt.cz. [online]. 2020 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.msmt.cz/uploads/Brozura_S2030_online_CZ.pdf.
27. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY (MŠMT). Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP G: Edu.cz [online]. 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001_RVP_GYM_-vyznacene_zmeny.pdf.
28. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY (MŠMT). Aktualizace rámcových vzdělávacích programů pro gymnázia: msmt.cz. [online]. 2020 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/vzdelavani/stredni-vzdelavani/aktualizace-ramcovych-vzdelavacich-programu-pro-gymnazia>.
29. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY (MŠMT). RVP-Rámcové vzdělávací programy: edu.cz. [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>.
30. GYMNÁZIUM ŠTERNBERK. Platný ŠVP Ecce Homo II- od 1.9.2021: gymst.edupage.org. [online]. 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://cloud-3.edupage.org/cloud/?z%3AU6lnSXpO3kp4iI6H5BClp%2FkGRtK7EFjz0UEq8ZD3aZKP3YVqbCIRvKrA7ffzm0r6>.
31. SLOVANSKÉ GYMNÁZIUM OLOMOUC. Školní vzdělávací program -vyšší gymnázium: sgo.cz. [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.sgo.cz/uploads/page/20/doc/SVP_vyssi.pdf.
32. PETTY, Geoffrey. Moderní vyučování. 6., rozš. a přeprac. vyd. Přeložil Jiří FOLTÝN. Praha: Portál, 2013. ISBN 978-80-262-0367-4.
33. PAPÍRNÍKOVÁ, Lucie. Chemická exkurze ve středoškolském vzdělávání. Bakalářská práce, vedoucí Teplý, Pavel. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky chemie, 2013.
34. ŠULCOVÁ, Renata, Jitka KLOUČKOVÁ a Barbora ZÁKOSTELNÁ. Exkurze jako alternativní prostředek pro přírodovědné vzdělávání: is.muni.cz. [online]. 2010 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1441/podzim2014/CH2MP_1W1E/um/Sulcova_klouckova_Exkurze.pdf.
35. BÁBÍČEK, Richard; BERNARD, Jindřich; HARCINÍK, Filip; HOŠEK, Václav; KRÁL, Pavel et al. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. 3. aktualizované vydání. Líbeznice: Medim, spol. s r.o. pro Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, 2018. ISBN 978-80-87140-55-0.

36. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (MŽP). *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)* [online]. 2001 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/20F9C15060CAD3AEC1256AE30038D05C/%24file/Z%20254_2001.pdf.
37. DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *Čištění odpadních vod*. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.
38. LHOTKA, Miloslav. *Úvod do anorganické technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012. ISBN 978-80-7080-841-2.
39. BINDZAR, Jan. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-729-3.
40. PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Líbeznice u Prahy: Medim, 2004. ISBN 80-239-2528-8.
41. WICHTERLE, Kamil. *Chemická technologie*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2579-3.
42. FOLLER, Jan. *Třetí stupeň čištění: vodnihospodarstvi.cz* [online]. 2017 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://vodnihospodarstvi.cz/treti-stupen-cistení/>
43. VHS SITKA, S.R.O. *Kanalizační řád: vhs-sitka.cz* [online]. 2020 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://vhs-sitka.cz/wp-content/uploads/2021/03/KR-Sternberk-2020.pdf>.
44. PRŮCHA, Jan; WALTEROVÁ, Eliška a MAREŠ, Jiří. *Pedagogický slovník*. 4., aktualiz. vyd. [i.e. Vyd. 5.]. Praha: Portál, 2008. ISBN 978-80-7367-416-8.
45. MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY (MŠMT). *Rámcové vzdělávací programy*: Edu.cz [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>.
46. GYMNÁZIUM ŠTERNBERK. *Výroční zpráva za školní rok 2021/22*: gymst.edupage.org. [online]. 2022 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://cloud-c.edupage.org/cloud/?z%3APEBuHkMdtkUrTOus%2FLBEWem8V6G3g7LIXL7WMR4Q1GODurMJowNyw9bD5CJ4ikX%2F>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Hrubé česle ČOV Olomouc Nové Sady | 10 |
| Obrázek 2:Jemné česle ČOV Olomouc Nové Sady | 10 |
| Obrázek 3:Lapák šterku ČOV Šternberk..... | 11 |
| Obrázek 4:Lapák písku ČOV Šternberk..... | 11 |
| Obrázek 5:Usazovací nádrž ČOV Šternberk | 11 |
| Obrázek 6:Aktivační nádrž ČOV Šternberk | 12 |
| Obrázek 7:Bioplynová stanice ČOV Olomouc Nové Sady | 14 |
| Obrázek 8: Vyhňivací nádrže ČOV Olomouc Nové Sady | 14 |
| Obrázek 9: Dávkovač síranu ČOV Olomouc Nové Sady..... | 16 |
| Obrázek 10: Zásobník síranu ČOV Šternberk | 16 |
| Obrázek 11: Kalové pole..... | 16 |
| Obrázek 12: Kalolis ČOV Šternberk..... | 17 |
| Obrázek 13: Odstředivka ČOV Olomouc Nové Sady..... | 17 |
| Obrázek 14: Dosazovací nádrž ČOV Olomouc Nové Sady | 18 |
| Obrázek 15:Návrat vody do vodního toku ČOV Šternberk..... | 18 |
| Obrázek 16: Ukázka ŠVP Gymnázia Šternberk (30) | 24 |
| Obrázek 17: Ukázka ŠVP Slovanského gymnázia Olomouc (31) | 25 |
| Obrázek 18: Síran hlinitý a čištění vody (Chemie pro čtyřletá gymnázia-1. díl, J. Mareček, A. Honza) (1) | 27 |
| Obrázek 19: Čistota vody a její význam (Přehled středoškolské chemie, J. Vacík et al.) (4) | 27 |
| Obrázek 20: Čištění odpadních vod (Chemie obecná a anorganická, V. Šrámek) (6) | 27 |
| Obrázek 21: Odpadní voda (Chemie pro gymnázia I. Obecná a anorganická, V. Flemr, B. Dušek)(7) | 28 |
| Obrázek 22: Vodohospodářství (Chemie pro spolužáky Anorganická chemie, učebnice, Tomáš Halík a kol.) (9) | 29 |
| Obrázek 23: Schéma ČOV | 31 |
| Obrázek 24: Biologické čištění..... | 31 |
| Obrázek 25: Water purification | 32 |
| Obrázek 26: Eutrophication..... | 32 |
| Obrázek 27: Eutrofizace vod a ČOV | 33 |
| Obrázek 28: Počet čistíren odpadních vod (Ekologie pro gymnázia, J. Šlégr et al.) (21) | 35 |
| Obrázek 29: Schéma čistírny odpadních vod (Ekologie pro gymnázia, J. Šlégr et al.) (21) | 35 |
| Obrázek 30: Znečištění vod..... | 36 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 31: Problematika znečištění vody (Biologie v kostce I. pro střední školy- H.Hančová, M.Vlková) (24)..... | 37 |
| Obrázek 32: Informace o exkurzi | 40 |
| Obrázek 33: Ukázka pracovního listu | 43 |
| Obrázek 34: Ukázka bodového hodnocení..... | 44 |
| Obrázek 35: Ukázka slidů z prezentace o ČOV..... | 45 |
| Obrázek 36: Fotografie reálné aparatury modelu kořenové čistírny | 46 |
| Obrázek 37: Fotografie reálné aparatury – model vícestupňového filtru | 46 |
| Obrázek 38: Ukázka úkolů z podkladu pracovního listu pro žáka..... | 52 |
| Obrázek 39: Zjednodušené schéma ČOV..... | 58 |
| Obrázek 40: Technologické schéma ČOV | 59 |
| Obrázek 41: Podrobnější technologické schéma ČOV | 60 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|------------------|---|
| CHSK | Chemická spotřeba kyslíku |
| BSK | Biochemická spotřeba kyslíku |
| C _{org} | Stanovení organického uhlíku |
| ČOV | Čistírna odpadních vod |
| RVP | Rámcový vzdělávací program |
| RVP G | Rámcový vzdělávací program pro gymnázia |
| ŠVP | Školní vzdělávací program |
| EO | Ekvivalentních obyvatel |
| OV | Odpadní voda |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Cesta vody (dokument PDF 82 stran)

Příloha č. 2 Prezentace v PowerPoint – čistírna odpadních vod (dokument pptx 33 slidů)

Příloha č. 3 Soubor fotografií z ČOV (dokument zip)